

PARC EOLIEN DE CANTON DE BONNEVAL (28)

Suivi environnemental 2022



Rapport final – V3

Dossier 22020058

27/02/2024

réalisé par



Auddicé Environnement
Parc d'activité Le Long
Buisson
380 rue Clément Ader
27930 Le Vieil Evreux

Parc éolien DE CANTON DE BONNEVAL (28)

Suivi environnemental 2022



Rapport final – V3

a

EDF Renouvelables

Version	Date	Description
Rapport final – V3	27/02/2024	Suivis environnementaux 2022 du Parc éolien de Canton de Bonneval (28)

Nom	Fonction	Thématique
Jérémy BOSSAERT	Chef de projet	Validation du dossier
Kilien de CHATEAUVIEUX	Chargé d'études	Chiroptères (Suivis à hauteur de nacelle)
Adrien DELARUE	Chargé d'études Faune	Suivi de la mortalité de la faune volante (avifaune et chiroptères)
Maxian MARADENNE	Chargé d'études Faune	Rédaction des parties sur la mortalité
Jean-Marie PLESSIS	Cartographe	Élaboration des cartes du dossier



Agir pour l'avenir
de vos projets

auddice.com





TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 1. PRÉSENTATION DU PARC EOLIEN	3
1.1 Contexte général	4
1.1.1 Contexte politique international, européen et national	4
1.1.2 Contexte régional, départemental et local	4
1.2 Présentation du parc éolien	5
1.2.1 Situation géographique	5
1.2.2 Les aérogénérateurs.....	5
CHAPITRE 2. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	7
2.1 Impact des éoliennes sur l'avifaune	8
2.1.1 Impact direct des éoliennes par collisions	8
2.1.2 Impacts indirects des éoliennes	9
2.1.3 Facteurs influençant la sensibilité des oiseaux aux éoliennes	11
2.2 Impact des éoliennes sur les chiroptères	14
2.2.1 Impacts directs : collisions et barotraumatisme	14
2.2.2 Impacts indirects	15
2.2.3 Facteurs influençant la sensibilité des chauves-souris aux éoliennes	15
CHAPITRE 3. MÉTHODOLOGIE	17
3.1 Justification du protocole de suivi environnemental.....	18
3.2 Protocole utilisé pour les chiroptères	18
3.2.1 Dispositif d'écoutes en hauteur	18
3.2.2 Évaluation des niveaux d'activité	19
3.2.3 Limites de l'étude acoustique des chiroptères	19
3.3 Suivi de mortalité	21
3.3.1 Protocole de terrain	21
3.3.2 Estimation de la mortalité.....	21
CHAPITRE 4. ÉTUDE CHIROPTÉROLOGIQUE	24
4.1 Résultat de l'étude en hauteur.....	25
4.2 Activité en fonction des paramètres physiques	27
4.2.1 Vitesse du vent	27
4.2.2 Température.....	27
4.2.3 Activité nocturne.....	28
4.3 Conclusion de l'étude chiroptérologique	29
CHAPITRE 5. ÉTUDE DE LA MORTALITÉ	30
5.1 Première période – du 29 mars au 15 août 2022.....	31
5.1.1 Résultats bruts.....	31
5.1.2 Discussion	33
5.2 Deuxième période – du 16 août au 03 novembre 2022.....	34
5.2.1 Résultats bruts.....	34
5.3 Estimation de la mortalité sur les deux périodes suivies	37
5.4 Conclusion de l'étude de la mortalité	38
CHAPITRE 6. ANALYSE DES RESULTATS	39
6.1 Répartition de la mortalité en fonction de chaque éolienne et des habitats présents	40
6.2 Mortalité avérée en relation avec l'activité des chiroptères détectée en nacelle.....	41

CONCLUSION	42
ANNEXES	44
Annexe 1 - Référentiel d'activité ODENA	45
Annexe 2 - Fiches utilisées lors de la réalisation du suivi de mortalité.....	46
Annexe 3 - Récapitulatif de la mortalité constatée du Parc éolien du Canton de Bonneval en 2022	48
BIBLIOGRAPHIE UTILISÉE DANS LE RAPPORT	56

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Caractéristiques des éoliennes.....	5
Tableau 2. Sources de mortalité d'origine anthropique des oiseaux aux États-Unis	8
Tableau 3. Classe d'activité ODENA à hauteur de nacelle	19
Tableau 4. Intervenant par date de prospection	23
Tableau 5. Répartition des contacts de chiroptères en fonction de la période.....	25
Tableau 6. Statut des espèces de chauves-souris contactées	26
Tableau 7. Dates et conditions météorologiques des suivis de mortalité	31
Tableau 8. Résultats du test d'efficacité du 14/06/2022.....	31
Tableau 9. Résultats du test de prédation du 13/06/2022.....	31
Tableau 10. Coefficients correcteurs de surface pour la première période.....	32
Tableau 11. Récapitulatif des cadavres découverts lors de la première période – Fin mars à mi-août 2022.....	32
Tableau 12. Répartition des cadavres par éolienne.....	33
Tableau 13. Patrimonialité et sensibilité à l'éolien des espèces retrouvées lors du suivi mortalité.....	33
Tableau 14. Dates des suivis de mortalité au cours de la deuxième période.....	34
Tableau 15. Résultats du test d'efficacité du 06/10/2022.....	34
Tableau 16. Résultats du test de prédation du 26/09/22.....	34
Tableau 17. Coefficients correcteurs de surface pour la deuxième période.....	35
Tableau 18. Récapitulatif des cadavres découverts lors de la deuxième période.....	35
Tableau 19. Patrimonialité et sensibilité à l'éolien des espèces retrouvées lors du suivi mortalité.....	35

LISTE DES CARTES

Carte 1. Localisation du parc éolien.....	6
Carte 2. Localisation des inventaires sur les chiroptères.....	20

INTRODUCTION

Le présent document porte sur l'activité des chauves-souris à hauteur de nacelle et sur la mortalité après implantation du parc éolien de Canton de Bonneval dans le département de l'Eure-et-Loir (28) mis en service le 07 juillet 2009.

Cette étude, menée par Auddicé environnement, est réalisée sur la demande de la SAS Canton de Bonneval dans le cadre du suivi réglementaire décennal¹. Elle vise l'estimation de l'impact du parc éolien sur les populations d'oiseaux et des chiroptères.

Les éoliennes peuvent entraîner localement des effets négatifs sur la biodiversité mais ces effets varient grandement selon les espèces, la période de l'année, les habitats et les sites d'implantation. De plus, les biais de publications scientifiques ont tendance à favoriser la dissémination de résultats négatifs (Tosh *et al.*, 2014).

Pour les migrateurs et les grands rapaces, la mortalité due aux collisions est très variée selon les espèces. De plus, il y a encore assez peu d'analyses de l'impact à long terme des parcs éoliens sur l'avifaune, de la modification de l'espace aérien et des pertes énergétiques pour le franchissement des lignes d'éoliennes.

Concernant les chauves-souris, les impacts que peuvent provoquer les éoliennes est de plus en plus documenté. Ce groupe faunistique, intégralement protégé en France et faisant réellement l'objet d'inventaires approfondis depuis les années 2005-2006 est de mieux en mieux connu et les facteurs influençant le risque de mortalité également. L'impact engendré par les éoliennes sur les chauves-souris est bien souvent direct par collision avec les pales ou par surpression par le passage des pales devant le mât.

Ainsi, cette étude réglementaire a été réalisée sur l'année 2022. Des difficultés de coordination entre les différents intervenants ont causé un début tardif des écoutes à hauteur de nacelle (installation en mai 2022). Afin d'avoir des données comparables à la mortalité observée sous le parc, l'étude des chiroptères à hauteur de nacelle a été prolongée entre février 2023 et mai 2023. Elle suit le protocole national de suivi des parcs éoliens terrestres (2015 et sa révision de 2018). Elle doit permettre de définir concrètement les incidences que les éoliennes du parc éolien de Canton de Bonneval ont sur l'avifaune et les chauves-souris.

¹ cf. Article 12 de l'[Arrêté ministériel du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent](#)

CHAPITRE 1. PRÉSENTATION DU PARC EOLIEN

1.1 Contexte général

Dans la région Centre Val de Loire, 1 430 MW étaient en production au 30 Juin 2022. Le schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) a fixé l'objectif d'atteindre 2 600 MW d'ici à 2025.

1.1.1 Contexte politique international, européen et national

Les accords de KYOTO (1997) ont imposé des objectifs contraignants en vue de réduire les émissions de gaz à effet de serre. L'Union européenne s'est engagée à réduire ses émissions de 8 % par rapport à 1990. La directive européenne 2001/77/CE du 27 septembre 2001, relative à la promotion de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelable, imposait à la France un objectif de part d'électricité produite à partir d'énergies renouvelables de 21% pour 2010 (20,2 % atteints en 2019).

En novembre 2008, dans un communiqué de presse, Jean-Louis BORLOO, alors Ministre d'État de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire, a présenté, à l'occasion de la semaine des Énergies Renouvelables, le plan national de développement des énergies renouvelables de la France.

Par la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte du 17 août 2015, la France a réaffirmé son engagement dans le développement des énergies renouvelables en portant son objectif à 32 % en 2030.

La France s'est ainsi fixée pour nouvel objectif d'installer 24 000 MW de puissance éolienne terrestre et 2 400 MW de puissance éolienne en mer d'ici fin 2023.

Le développement de l'éolien contribue à l'indépendance énergétique du pays. Aujourd'hui, en France la puissance éolienne totale raccordée est de 20 038 MW (chiffres du 30/06/2022).

Grâce à sa géographie et son climat, la France présente le second gisement éolien en Europe après le Royaume-Uni. La France, dont les émissions de CO₂ par habitant sont parmi les plus faibles de tous les pays industrialisés grâce à l'utilisation de l'énergie nucléaire et qui respecte déjà le protocole de Kyoto, est un des tout premiers producteurs européens d'énergies renouvelables.

1.1.2 Contexte régional, départemental et local

Le dispositif d'obligation d'achat pour les parcs éoliens métropolitains a été modifié par la loi de Programme fixant les Orientations de la Politique Énergétique (loi « POPE » du 13 juillet 2005). Il sera réservé aux installations implantées dans le périmètre des Zones de Développement de l'Éolien (ZDE) définies par Messieurs les Préfets sur proposition des communes à partir du 13 juillet 2007.

Le gisement éolien se base sur le Schéma Régional Éolien. Les participants ont mis en avant que l'atteinte de l'objectif à l'horizon 2050 pourra se faire par :

- L'utilisation de machines de plus forte puissance plutôt que par la multiplication du nombre de machines ;
- Une évolution des contraintes réglementaires imposées dans le cadre des Zones de Développement Éolien et notamment des contraintes paysagères ;
- Un développement suffisant des réseaux de transport d'électricité.

1.2 Présentation du parc éolien

1.2.1 Situation géographique

Le parc éolien de Canton de Bonneval est constitué de huit aérogénérateurs dont l'implantation est située sur les communes de Bonneval et de Neuvy-en-Dunois, dans le département de l'Eure-et-Loir (28).

La cartographie du parc est visible page suivante.

Les habitats concernés par les éoliennes sont presque exclusivement constitués de grandes cultures, auxquelles s'ajoutent des surfaces artificialisées (plateformes et chemins d'accès) et des surfaces en friche au pied des éoliennes.

Carte 1 : Localisation du parc éolien p.6

1.2.2 Les aérogénérateurs

1.2.2.1 Descriptif général

Une éolienne est un capteur de vent dont la force actionne les pales d'un rotor. Les pales mettent en mouvement un alternateur permettant de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique. L'énergie produite est ensuite acheminée dans le réseau électrique local afin d'être redistribuée.

Une éolienne est composée de différentes parties :

- Un mat,
- Un rotor et des pales,
- Une nacelle renfermant la génératrice électrique.

■ Le mat

Il est constitué de tubes d'acier d'une hauteur variant de 80 à 120 m et d'environ 4,5 m de diamètre à sa base pour environ trois mètres au sommet. Il est relié au sol par l'intermédiaire d'une fondation constituée d'un fût (seule partie éventuellement visible) d'environ 5,5 m de diamètre sur un socle d'environ 15 m de diamètre.

■ Le rotor et les pales

Le rotor se compose de trois pales, en matière plastique renforcée de fibre de verre. Il est entraîné par le vent et transfère le mouvement rotatif à l'arbre de rotor présent sur la nacelle.

Les pales peuvent être orientées individuellement et s'adapter de manière optimale à la vitesse du vent.

■ La nacelle

La nacelle est l'arbre sur lequel repose le palier principal. Ce palier supporte le poids ainsi que la pression de poussée du rotor. Ce mouvement rotatif est transféré par le biais de l'arbre, dans le multiplicateur.

Le multiplicateur convertit la faible vitesse de rotation des pales à une vitesse plus élevée permettant à la génératrice de produire de l'électricité.

La nacelle est posée sur un roulement au sommet du mat, afin qu'elle puisse toujours s'orienter dans la direction du vent.

1.2.2.2 Descriptif technique

Les aérogénérateurs implantés pour le projet ont une puissance de 3,3 MW.

Les éoliennes Vestas V90 présentent plusieurs avantages autant d'un point de vue de l'insertion paysagère qu'environnementale. Ce sont des éoliennes tripales à mat tubulaire sans plate-forme ni échelle d'accès extérieure et équipées de nacelles empêchant le perchage des oiseaux et offrant la possibilité de placer les postes transformateurs à l'intérieur des mats.

Au niveau du parc éolien de Canton de Bonneval, les huit éoliennes sont toutes identiques, dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau ci-après.

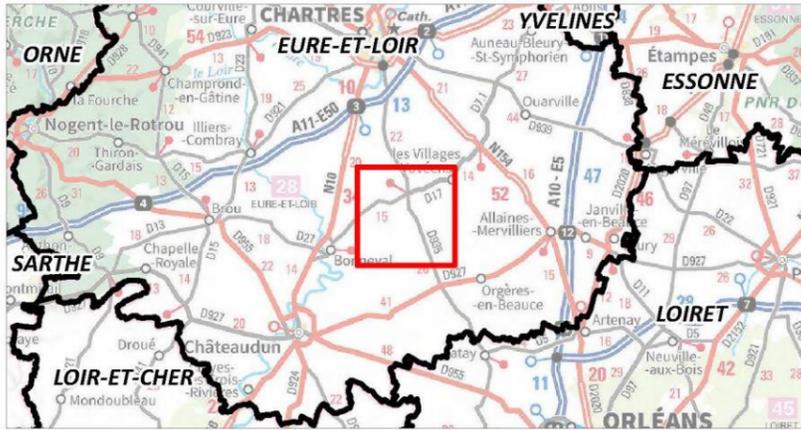
Rotor	Diamètre	90 m
	Hauteur du moyeu	80 m
Données opérationnelles	Vitesse de démarrage	3 m/s
	Vitesse de vent nominale	12,5 m/s
	Vitesse de coupure	25 m/s

Tableau 1. Caractéristiques des éoliennes

Parc éolien du Canton de Bonneval (28)

Suivi environnemental de mortalité de l'avifaune et des chiroptères

Localisation du parc éolien



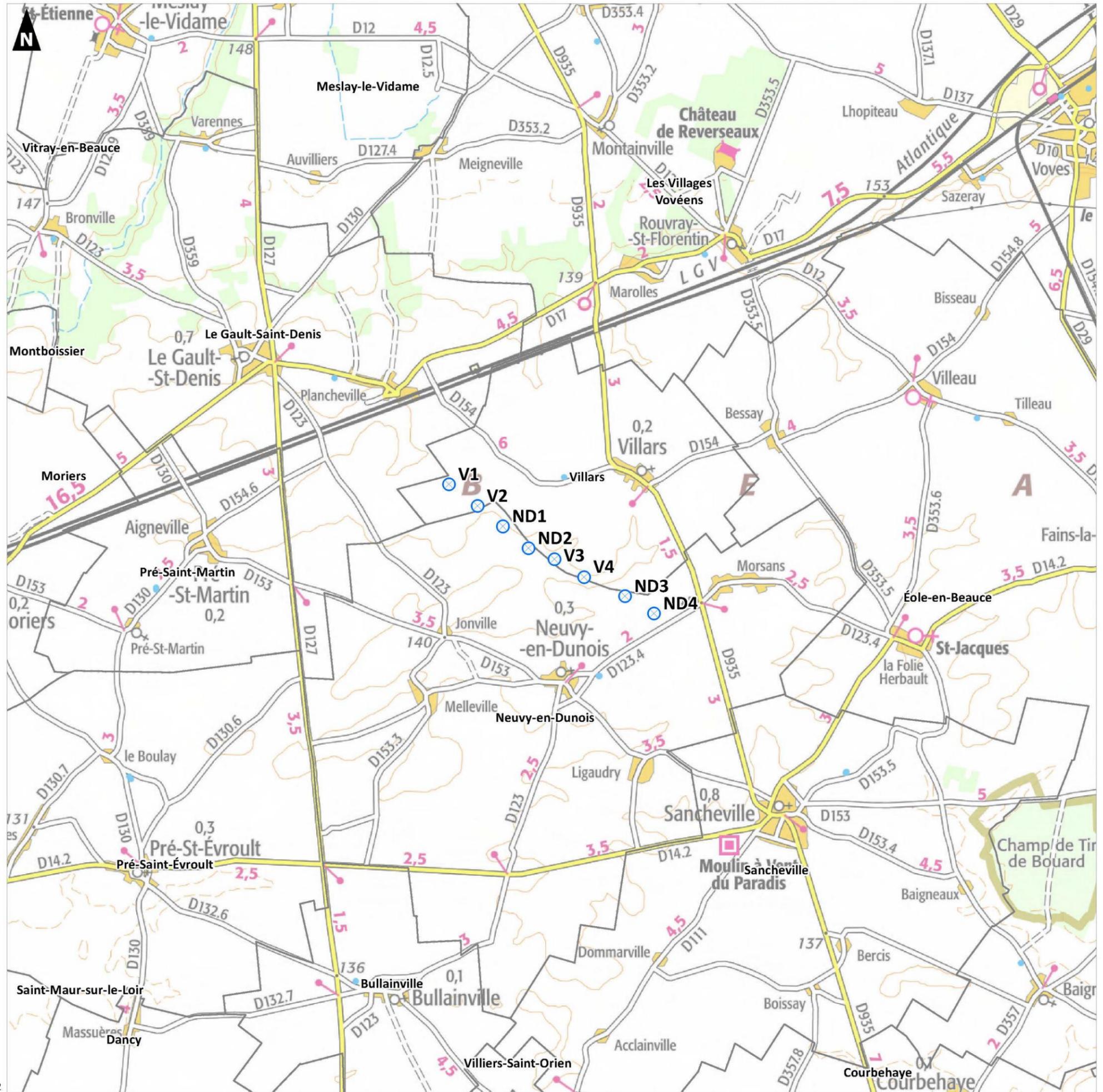
Parc éolien

 Eolienne

Limites administratives

 Limite communale

 Limite départementale



CHAPITRE 2. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

2.1 Impact des éoliennes sur l'avifaune

On distingue généralement trois catégories d'impact des éoliennes sur l'avifaune (Drewitt & Langston, 2006) :

- La mortalité directe par collision ;
- La modification et la perte d'habitats au niveau des sites d'implantation ;
- Les déplacements et effets « barrière » induits par le dérangement que provoquent la construction puis le fonctionnement des éoliennes.

La majorité des études portent sur les cas de mortalité alors que de nombreux travaux sont encore à mener concernant les effets indirects des parcs éoliens sur l'avifaune.

2.1.1 Impact direct des éoliennes par collisions

La présence des éoliennes peut avoir un impact négatif sur les populations d'oiseaux avec de grandes disparités en fonction de la période de l'année, de la localisation des éoliennes et des espèces présentes. Plusieurs études ont cherché à quantifier cet impact avec des tendances similaires.

Erickson *et al.* (2005) ont comptabilisé les causes de mortalité aviaires liées aux infrastructures humaines aux États-Unis. De nombreuses sources de mortalité ont été identifiées dont, entre autres, les éoliennes qui provoqueraient, en 2005, la mort de 28 500 oiseaux pour près d'un milliard toutes origines confondues soit 0,003 %.

Caluert *et al.* (2013) ont analysé les causes de mortalités de l'avifaune liées aux activités humaines au Canada. Cette mortalité est causée à 95 % par les Chats domestiques et harets, les collisions routières, avec les bâtiments et les lignes électriques. Les 5 % restant concernent les collisions avec les éoliennes, les accidents de pêche, les pollutions, ...

Les travaux de Loss *et al.* (2015) évaluent l'état de santé des populations d'oiseaux aux États-Unis et chiffrent les principales causes de mortalité des oiseaux d'origine anthropique. Le rapport évalue que 234 000 oiseaux sont tués chaque année par des éoliennes aux États-Unis ce qui correspond à environ 0,007 % de la mortalité total.

Sources de mortalité	Mortalité annuelle estimée aux USA
Chats domestiques et harets	2,4 milliards d'oiseaux
Surfaces vitrées des bâtiments	599 millions d'oiseaux
Automobiles	200 millions d'oiseaux
Lignes électriques	30,6 millions d'oiseaux
Tours de communication	6,6 millions d'oiseaux
Éoliennes	234 000 oiseaux
TOTAL	3,24 milliards d'oiseaux

Tableau 2. Sources de mortalité d'origine anthropique des oiseaux aux États-Unis

Rydell *et al.* (2012) estiment quant à eux que les éoliennes provoquent en moyenne, en Europe et en Amérique du Nord, la mort de 2,3 oiseaux par machine et par an. Zimmerling *et al.* (2013), en comparant les résultats de mortalité aux USA arrivent à une moyenne de 8,2 oiseaux par an et par éolienne (intervalle de confiance de 1,4 pour 95 % des cas) avec de grandes différences entre les parcs (variation de 0 à 26,9 oiseaux par an et par éolienne).

Même si les taux de collision par éolienne semblent bas, quelques rares sites étrangers révèlent une importante mortalité aviaire. C'est le cas par exemple du parc éolien d'Altamont Pass construit en 1982 en Californie en l'absence de toute étude d'impact. Ce parc très dense de 7 000 turbines est à l'origine de la mort de nombreux rapaces chaque année (Orloff & Flannery, 1992 ; Hunt *et al.* 1997).

Il s'agit toutefois de cas spécifiques qui ne peuvent en aucun cas être présentés comme des exemples de référence : parcs renfermant des centaines ou des milliers d'éoliennes, mats de type « treillis », situation au cœur de grands axes migratoires, études d'impacts insuffisantes, ...

Si l'on s'intéresse à la situation française, le guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens, édité en 2010 par le Ministère de l'Environnement, affirme que les éoliennes représentent, en France, un danger relativement faible pour les oiseaux avec un chiffre estimé d'un peu plus de 6 000 oiseaux tués chaque année. Depuis 2010, le parc éolien français a été multiplié par trois. Avec 8 905 éoliennes en fonctionnement en 2021 (source : FEE, Observatoire de l'éolien 2021), les estimations de Rydell *et al.*, (2012) signifierai la mort, chaque année de 20 481 oiseaux et 24 934 chiroptères.

Néanmoins, les effets cumulés entre mortalité directe par les infrastructures et activités humaines, l'appauvrissement des habitats, le changement climatique, les pollutions chroniques ... doivent être pris en considération dans tout projet dans l'objectif de limiter au maximum les impacts négatifs provoqués sur l'avifaune et sur la faune et la flore en générale.

La figure ci-après récapitule, par grands groupes d'oiseaux, le nombre de cas connus de collisions avec des éoliennes en France, d'après la dernière base de données du Ministère du Développement Rural, de l'Environnement et de l'Agriculture de l'État fédéral de Brandenburg (Allemagne) qui tient à jour **une base de données participative et non exhaustive des cas de mortalité éoliens** (Dürr, août 2023).

D'après cette base de données, 19 697 cadavres d'oiseaux, victimes de collisions avec des éoliennes, ont déjà été signalés en Europe dont 4 631 en France sur la période 2003-2023.

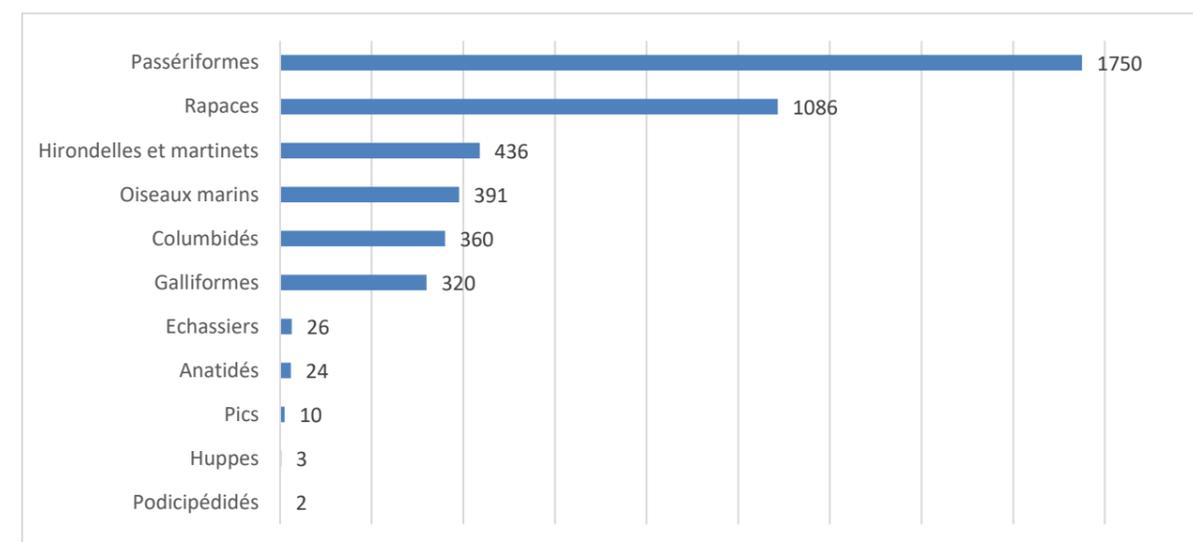


Figure 1. Cas connus de collisions d'oiseaux avec des éoliennes en France

Les oiseaux les plus touchés sont les **passereaux** (et notamment les espèces de petite taille comme les roitelets ainsi que les alouettes et les martinets), les **rapaces nocturnes et diurnes** (en particulier la Buse variable *Buteo buteo* et le Faucon crécerelle *Falco tinnunculus*) suivis des **columbidés** (Pigeons bisets féraux *Columba livia domestica* notamment) et des **laridés** (en particulier la Mouette rieuse *Chroicocephalus ridibundus*).

Ces résultats illustrent bien la grande **variabilité interspécifique** concernant la sensibilité à l'éolien. Il faut toutefois noter que les oiseaux présentant les taux de collision les plus élevés, tels que certaines espèces de passereaux, ont généralement des effectifs importants sur le territoire national. La mortalité de ces espèces associée aux éoliennes a donc un faible impact sur leur état de conservation (Zimmerling *et al.*, 2013).

Parmi les espèces les plus sensibles, on peut également citer les espèces nocturnes ou celles au vol rapide comme les canards qui présentent un comportement d'évitement plus faible et un taux de mortalité par conséquent plus élevé. Sont également plus vulnérables les espèces présentant des comportements à risque telles que les Alouettes des champs *Alauda arvensis* qui paradent à la hauteur des pales d'éoliennes sans prêter attention aux machines (Morinha *et al.*, 2014).

Enfin, de nombreuses études montrent que les rapaces sont particulièrement vulnérables aux collisions avec les éoliennes (Baisner *et al.*, 2010 ; de Lucas *et al.*, 2012a ; Martínez-Abraín *et al.*, 2012 ; Dahl *et al.*, 2012 & 2013). D'autres études menées en Europe ont constaté quant à elles des cas de mortalité relativement peu nombreux (Dürr, 2003 ; Percival, 2003 ; Hötcker *et al.*, 2006). Néanmoins, ce taxon est considéré comme très sensible car il est majoritairement composé d'espèces de grande taille, dont la durée de vie est longue, la productivité annuelle faible et/ou dont la maturité sexuelle est tardive (Langston et Pullan, 2003). Ces caractéristiques les rendent en effet peu aptes à compenser toute mortalité additionnelle.

Par conséquent, d'infimes augmentations des taux de mortalité peuvent avoir une influence significative sur les populations de rapaces (Ledec *et al.*, 2011 ; Dahl *et al.*, 2012).

Le Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres de 2015, a cherché à attribuer un indice de sensibilité à l'éolien à chaque espèce d'oiseau présente sur le territoire national. Cet indice est basé sur la compilation partielle des cas de collision éoliens en Europe par T. DURR (données antérieures à 2012) et les effectifs des populations d'après BirdLife 2004. Un indice de sensibilité entre 0 et 4 est attribué à chaque espèce, 0 correspondant une espèce très peu sensible et 4 à une espèce très sensible. Cet indice est à relativiser en raison de l'âge et de la source des données ayant été utilisées pour le définir.

Outre les cas de collisions, d'autres impacts des éoliennes, indirects cette fois, existent sur les populations d'oiseaux. Bien qu'étant nettement moins documentés, leurs effets peuvent avoir des conséquences non négligeables sur la nidification, les déplacements locaux ou encore les phénomènes migratoires des oiseaux.

2.1.2 Impacts indirects des éoliennes

2.1.2.1 En phase chantier

■ Dérangements liés à la construction

Durant la phase chantier, le dérangement est occasionné principalement par la présence de personnes et la circulation d'engins de chantiers et de transport.

En effet, un chantier éolien nécessite la présence quotidienne de nombreuses personnes et un nombre significatif de véhicules. Les nuisances sonores associées peuvent donc entraîner une diminution de la fréquentation du site par l'avifaune voire une désertion pouvant aboutir à l'échec de couvées.

■ Perte, dégradation et modification d'habitats

Pendant la période de construction du parc éolien, la modification et/ou la perte d'habitats liées à la mise en place des aérogénérateurs et des voies d'accès peut avoir un impact sur les populations locales d'oiseaux (Larsen & Madsen, 2008) même si celui-ci reste bien souvent négligeable au regard de ceux provoqués par d'autres types de projets d'aménagement (Zimmerling *et al.*, 2013).

Il a ainsi été montré que certains rapaces, bien que fréquentant les parcs pendant leur exploitation, évitent les sites lors de la phase chantier. Par exemple, le suivi durant cinq années du parc éolien de Bouin en Vendée a mis en évidence une désertion par le Busard cendré *Circus pygargus* de ses sites de nidifications historiques. Néanmoins, il a été constaté une habituation de l'espèce à la présence d'éoliennes qui s'est ainsi rapidement réapproprié ses sites de nidification (Dulac, 2008). Cet évitement des parcs éoliens en construction suivi d'une recolonisation des sites de nidification après mise en service des éoliennes a également été montré pour une dizaine d'espèces de passereaux communes en Italie (Garcia *et al.*, 2015).

Des réactions d'évitement des chantiers de construction de parcs éoliens ont aussi été constatées pour le Pipit farlouse *Anthus pratensis* (Steinborn *et al.*, 2011), le Lagopède d'Écosse *Lagopus Lagopus scotica* la Bécassine des marais *Gallinago gallinago* ou encore le Courlis cendré *Numenius arquata* (Pearce-Higgins *et al.*, 2012).

Néanmoins, des résultats divergents ont parfois été trouvés à l'instar des travaux menés en Grande-Bretagne par Pearce-Higgins *et al.* (2012) qui ont montré une augmentation de la densité de population à proximité du chantier pour le Tarier des prés *Saxicola rubetra*, l'Alouette des champs *Alauda arvensis* et le Pipit farlouse *Anthus pratensis* durant la phase de construction des éoliennes. Celle-ci s'expliquerait par une perturbation des sols et de la végétation en place à l'origine d'une augmentation temporaire de la qualité de l'habitat pour ces trois espèces.

2.1.2.2 En phase d'exploitation

Durant la phase d'exploitation, il existe principalement trois types d'impacts indirects d'un projet éolien envers l'avifaune : la modification de l'utilisation des habitats, l'évitement du parc en vol (pour les espèces migratrices) et la perturbation des déplacements locaux (espèces nicheuses, sédentaires ou hivernantes).

■ Modification de l'utilisation des habitats

Les comportements d'évitement déjà observés en phase chantier peuvent perdurer voire s'aggraver lors de la phase d'exploitation et provoquer ainsi la perturbation des domaines vitaux des espèces aviennes locales et notamment leur transfert vers des habitats moins favorables mais exempt d'éoliennes (Rees, 2012).

Ces réactions d'évitement varient là encore grandement selon les espèces considérées. Des résultats divergents apparaissent aussi parfois entre études pour une même espèce ce qui suggère l'importance du contexte écologique et géographique ainsi que des caractéristiques techniques des parcs éoliens.

Globalement, les réactions d'évitement semblent plus fortes pour les oiseaux hivernants ou en halte migratoire que pour les oiseaux nicheurs (Winkelbrandt *et al.*, 2000 ; Hötcker *et al.*, 2005 ; Reichenbach & Steinborn, 2006 ; Steinborn *et al.*, 2011). Cependant, à la différence des oiseaux nicheurs, ceux-ci peuvent utiliser des sites alternatifs, à condition qu'ils soient présents dans les environs des parcs éoliens concernés (Schuster *et al.*, 2015) et que la densité des parcs éoliens le permette.

Des réactions d'évitement ont ainsi été constatées pour des Cygnes de Bewick *Cygnus colombianus bewickii* hivernant à proximité de parcs éoliens aux Pays-Bas (Fijn *et al.*, 2012), pour le Faisan de Colchide *Phasianus colchicus* en Grande-Bretagne (Devereux *et al.*, 2008), pour le Courlis cendré *Numenius arquata* en Allemagne (Steinborn *et al.*, 2011) ou encore pour certains passereaux de milieux ouverts en Amérique du Nord (Stevens *et al.*, 2013).

Plusieurs synthèses bibliographiques sur les espèces d'oiseaux sensibles à l'éolien (Hötcker *et al.*, 2006 ; Langgemach & Dürr, 2012 ; Rydell *et al.*, 2012) mettent également en évidence une perte de zones de repos en particulier chez les oiseaux d'eau (anatidés, limicoles et laridés) avec parfois une désertion totale du parc éolien. Par exemple, les limicoles tels que le Pluvier doré *Pluvialis apricaria* ou encore le Vanneau huppé *Vanellus vanellus* sont des espèces très sensibles vis-à-vis de l'effarouchement. Il a d'ailleurs été montré que la méfiance des oiseaux était souvent plus grande lorsqu'ils étaient en groupe (Winkelbrandt *et al.*, 2000).

Néanmoins, certaines études nuancent les comportements d'évitement. C'est le cas de Devereux *et al.* (2008) qui a étudié le comportement de 36 espèces (peuplement similaire à celui identifié sur le parc éolien d'Allainville) en période hivernale sur deux parcs de huit éoliennes de 100 m en bout de pales en Angleterre. L'auteur conclut que les espèces étudiées sont peu dérangées par les éoliennes avec des observations régulières à moins de 150 m de distance sans pour autant généraliser à l'ensemble des parcs éoliens.

Plusieurs études ont également cherché à estimer l'impact des éoliennes sur les oiseaux nicheurs. Les résultats de chaque étude diffèrent avec des diminutions des densités avérés dans certains cas et des effets négatifs significatifs sur les populations dans d'autres. Ces différences sont liées à l'hétérogénéité des milieux et des parcs étudiés ainsi qu'à une sensibilité différente en fonction de chaque espèce.

Dulac *et al.* (2008) ont étudié les effectifs d'oiseau dans le polder de Bouin (85) suite à l'installation de huit éoliennes de 102 m de hauteur totale. Après cinq ans de suivi, aucune tendance à la baisse n'a été démontrée sur les espèces étudiées (Laridés, limicoles, passereaux). De même Douglas *et al.*, 2011 a comparé deux populations de Pluvier doré *Pluvialis apricaria* et de Lagopède d'Écosse *Lagopus lagopus scotica*, sur et en dehors d'un parc éolien, sans mettre en évidence de différence de densité.

Garcia *et al.*, 2015 ont étudiés les populations de passereaux communs en Espagne avant et après la construction d'un parc de six éoliennes de 0,8 mW sans démontrer d'évolution des effectifs, excepté lors de la phase de chantier.

Au contraire Reichenbach & Steinborn, 2006 mettent en évidence une diminution prononcée des effectifs de Vanneau huppé *Vanellus vanellus* mais aucune chez la Barge à queue noire *Limosa limosa* et le Courlis cendré *Numenius arquata* bien qu'une forme d'évitement soit visible chez ses deux espèces. Pearce-Higgins *et al.*, 2009 ont étudié dix parcs éoliens en Grande-Bretagne en milieux ouverts avec des diminutions significatives des activités des oiseaux autour des éoliennes pour sept sur douze espèces étudiées

. De même Shaffer & Buhl, 2015 ont montré un impact significatif sur la majorité des espèces des plaines du Dakota (USA) deux à cinq ans après l'installation des éoliennes mais un effet négatif moindre un an après le chantier.

Pearce-Higgins *et al.* (2009) ont notamment montré que cette réduction de la densité d'oiseaux nicheurs allait de 15 à 53 % dans un rayon de 500 m autour des machines, les espèces les plus impactées étant la Buse variable *Buteo buteo*, le Busard Saint-Martin *Circus cyaneus*, le Pluvier doré *Pluvialis apricaria*, la Bécassine des marais *Gallinago gallinago* et le Traquet motteux *Oenanthe oenanthe*.

Des tendances similaires avaient déjà été dégagées en 1999 aux États-Unis par Leddy *et al.*, 2009 avec une densité de passereaux nicheurs dans les prairies significativement plus élevée à plus de 180 m des éoliennes.

Certaines espèces, dont les rapaces, utilisent de vastes zones d'alimentation et/ou de reproduction. L'installation d'éoliennes au sein de ces zones peut conduire à leur désaffectation, entraînant ainsi une réduction de l'aire vitale et une fragilisation des effectifs locaux. Une étude menée dans le Wisconsin, aux États-Unis, a montré une diminution d'abondance des rapaces de l'ordre de 47 % après construction d'un parc éolien, la majorité des individus étant observés à plus de 100 m des machines (Garvin *et al.*, 2011).

Cette perturbation des domaines vitaux liée à l'évitement des parcs éoliens semble cependant varier selon les espèces, l'âge des individus (Dahl *et al.*, 2013) et la période d'installation du parc. En effet, les résultats de plusieurs études montrent un impact modéré lors des parcs éoliens chez plusieurs espèces de rapace (Busard Saint-Martin *Circus cyaneus*, Pygargue à queue blanche *Haliaeetus albicilla*) avec des modifications comportementales faibles mais néanmoins présentes (Madders & Whitfield, 2006 ; Hernández-Pliego *et al.*, 2015). Drewitt et Langston 2006, conteste cette affirmation en précisant que les espèces longévives restent fidèles à leur site de nidification, et que la modification spatiale des habitats se fait sur plusieurs années avec le remplacement des générations précédentes. Quoi qu'il en soit, les espèces peu dérangées par les éoliennes sont de fait plus sensibles aux collisions.

■ Perturbation des trajectoires des migrateurs et des axes de déplacements locaux

L'un des impacts indirects majeurs que provoque la mise en place de parcs éoliens est un **effet barrière** qui impacte d'une part les déplacements locaux et d'autre part les phénomènes migratoires. Ce second niveau d'effet peut être à l'origine d'une modification des voies de migration préférentielles des oiseaux, et par conséquent d'une augmentation de leurs dépenses énergétiques (Schuster *et al.*, 2015), ou d'un risque accru de collision.

Plusieurs études scientifiques ont en effet démontré que la plupart des oiseaux identifiaient et évitaient les pales des éoliennes en rotation.

Par exemple, sur le site d'essai de Tjaereborg au Danemark, des détections radars ont permis de connaître la réaction des oiseaux à la rencontre d'une éolienne de deux Mégawatts avec un diamètre de rotor de 90 mètres (Pedersen & Poulson, 1991). Cette étude a révélé que les passereaux et petits rapaces tendent à changer leur route de vol quelques 100 à 200 m avant d'arriver sur une éolienne, de façon à la survoler ou à la contourner.

Un suivi ornithologique du parc éolien de Port-la-Nouvelle (Albouy *et al.*, 1997 & 2001), situé sur un axe migratoire important, a permis de mettre en évidence les stratégies de franchissement des éoliennes par les oiseaux migrateurs. Ainsi, cinq réactions sont possibles :

- Un **évitement** par la droite ou la gauche,
- Un passage au niveau d'une **trouée** entre deux alignements d'éoliennes,
- Une **traversée** simple entre deux éoliennes,
- Un **survol**,
- Un **plongeon**.

Cependant, les modifications de trajectoire les plus courantes des oiseaux migrateurs sont la bifurcation (73 %) ou le survol (20 %). En règle générale, très peu de passages s'effectuent au travers des éoliennes quand elles sont toutes en mouvement. En revanche, les oiseaux perçoivent le non-fonctionnement d'une éolienne et peuvent alors s'aventurer à travers les installations. Ce comportement est de nature à accentuer le risque de collision avec les pales immobiles et les pales voisines mobiles.

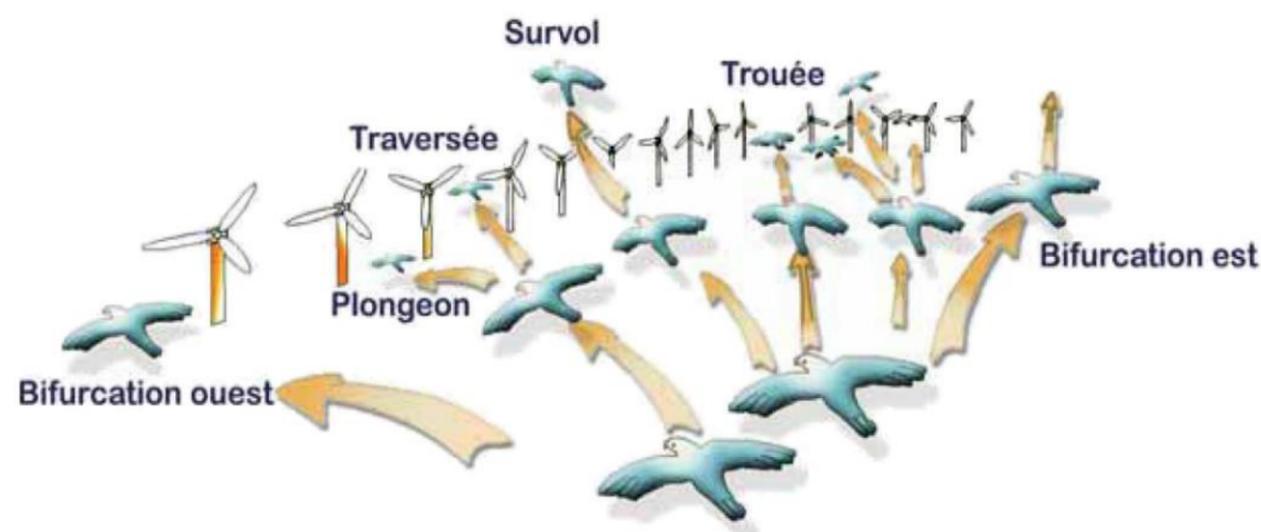


Figure 2. Réactions des oiseaux en vol confrontés à un champ d'éoliennes sur leur trajectoire

Des comportements d'évitement et de perturbation des axes de vol ont été observés pour de nombreuses espèces et groupes d'espèces et notamment pour les espèces migratrices, les oiseaux à grand gabarit comme les oiseaux d'eau (Laridés, Anatidés, Ardéidés, limicoles), les rapaces et les Colombidés (Albouy *et al.*, 2001 ; Drewitt & Langston, 2006 ; Hötker, *et al.*, 2006 ; Tellería, 2009 ; LPO Champagne-Ardenne, 2010 ; Steinborn *et al.*, 2011 ; Fijn *et al.*, 2012 ; Everaert, 2014 ; Schuster *et al.*, 2015).

Les espèces effectuant des migrations journalières au-dessus des parcs éoliens sont elles aussi particulièrement affectées.

C'est notamment le cas des Grues cendrées *Grus grus* et de plusieurs espèces d'oies et de limicoles (Hötker *et al.*, 2005) mais aussi de la Cigogne noire *Ciconia nigra* qui peut parcourir 30 km chaque jour entre son nid et ses zones d'alimentation et pour laquelle la construction de parcs éoliens peut altérer les routes de vol (Langgemach & Dürr, 2012).

Plus généralement, cette sensibilité accrue s'étend à la majorité des espèces dont le territoire s'étend sur plusieurs habitats. C'est notamment le cas de certains rapaces qui utilisent les milieux ouverts comme territoire de chasse et nichent au sein des zones boisées.

Une étude menée par la LPO Champagne-Ardenne en 2010 sur cinq parcs éoliens champenois a montré que 57 % des migrateurs contactés ont réagi à l'approche des éoliennes en contournant le parc, en modifiant leur altitude de vol voire en faisant demi-tour.

Cette étude confirme les travaux scientifiques mentionnés ci-dessus car les espèces présentant les réactions d'effarouchement les plus vives en vol étaient majoritairement des espèces migratrices volant en groupes tels que les Grands Cormorans *Phalacrocorax carbo*, les Grues cendrés *Grus grus*, les Pigeons ramiers *Columba palumbus* ou encore les Vanneaux huppés *Vanellus vanellus*.

En revanche, les rapaces se sont montrés peu farouches vis-à-vis des éoliennes au cours de ce suivi, modifiant peu leurs trajectoires à l'approche des machines.

Si ce comportement d'évitement est un point positif dans la mesure où il permet éventuellement à un oiseau d'éviter une collision, certaines répercussions en découlent néanmoins :

- Une modification de trajectoire qui pourra conduire les oiseaux vers d'autres obstacles (autres éoliennes, lignes haute tension notamment) ;
- L'allongement de trajectoire lors des migrations, en particulier lors d'une déviation verticale et brutale ou amorcée à courte distance, nécessite une dépense énergétique plus importante et peut être un facteur d'épuisement des oiseaux. En effet, les réserves calorifiques sont particulièrement précieuses en périodes de migration.

Néanmoins, une analyse de plusieurs études effectuée par Drewitt & Langston (2006) suggère que les effets barrière identifiés (avant 2006) n'ont pas d'impact significatif sur les populations à condition que les parcs éoliens ne bloquent pas de routes de vol régulières entre zones d'alimentation et de nidification et que plusieurs parcs n'interagissent pas de façon cumulée, créant une barrière si longue qu'elle provoquerait des bifurcations de plusieurs dizaines de kilomètres et donc des coûts énergétiques supplémentaires non négligeables.

Se pose ainsi la question des impacts cumulatifs, liés au développement de l'éolien dans certaines régions et certains pays, sur les populations d'oiseaux. Par exemple, Pearce-Higgins *et al.* (2008) envisagent dans le futur des impacts significatifs sur les populations de Pluvier doré *Pluvialis apricaria* à cause de la multiplication des parcs.

2.1.3 Facteurs influençant la sensibilité des oiseaux aux éoliennes

2.1.3.1 Caractéristiques du parc éolien

Plusieurs caractéristiques inhérentes au parc éolien telles que la taille des machines (mât et pales), le nombre d'éoliennes ou encore la configuration spatiale du parc, ont un impact non négligeable sur les taux de collision et les perturbations de l'avifaune locale et migratrice.

Concernant la taille des machines, plusieurs auteurs ont suggéré un impact négatif plus important pour les éoliennes présentant des mats de grande taille : augmentation des risques de collision (Loss *et al.*, 2013), processus d'habituation moins faciles (Madsen & Boertmann, 2008) ou encore augmentation de la distance d'évitement notamment pour les oiseaux hivernants ou en halte migratoire (Hötker *et al.*, 2006).

Dürr (2011) a quant à lui observé une mortalité moins importante pour les éoliennes dont les mats présentaient un gradient de couleur (vertes à la base, gris/blanc au sommet) qu'il explique par une meilleure visibilité des machines pour les oiseaux évoluant à basse altitude.

Plusieurs chercheurs ont proposé l'utilisation de pales peintes avec des motifs colorés ou une peinture reflétant les ultraviolets, l'efficacité de cette dernière solution restant cependant encore débattue (Marques *et al.*, 2014).

L'impact de l'éclairage des turbines montre des résultats contrastés (Schuster *et al.*, 2015). Si pour certains auteurs, il augmente les risques de collision pour les oiseaux migrateurs nocturnes et migrateurs diurnes lors de mauvais temps, pour d'autres il peut augmenter la visibilité des machines et permettre à certains oiseaux tels que les rapaces de les éviter. La situation est donc à envisager au cas par cas, en se basant sur une bonne connaissance du contexte écologique local.

Néanmoins, c'est certainement le choix de la configuration spatiale du parc qui revêt le plus d'importance. Larsen & Madsen (2000) ont montré des impacts plus faibles sur l'avifaune (en termes de mortalité) lorsque les éoliennes sont placées en lignes ou agrégées en petits blocs compacts, en particulier lorsqu'elles sont disposées le long d'infrastructures existantes. L'orientation des lignes d'éoliennes est également très importante. D'après un rapport publié par la LPO Champagne-Ardenne en 2010, il faut éviter les parcs implantés perpendiculairement aux couloirs de migration, qui créent un effet barrière, ainsi que le croisement de deux lignes d'éoliennes à l'origine d'effets « entonnoir ». Ce type d'agencement des éoliennes augmente en effet les risques de collision.

2.1.3.2 Caractéristiques du site

Le facteur ayant la plus grande influence sur l'intensité des impacts négatifs des éoliennes sur les oiseaux est certainement le choix du site d'implantation. Différents critères sont à prendre en compte afin de réduire les risques de collision et de perturbation de l'avifaune.

■ La topographie

Ce critère est particulièrement important pour les rapaces dont les couloirs de vol sont dictés par le relief et les vents dominants. Les espèces de ce taxon utilisent en effet bien souvent les courants d'air ascendants existant au niveau des zones de relief pour s'élever dans les airs.

Les rapaces ont donc tendance à voler plus bas au niveau des sommets, des crêtes et des falaises et ainsi à être plus vulnérables si des éoliennes venaient à être implantées à proximité de ces éléments topographiques (Katzner *et al.*, 2012).

■ Le contexte écologique et paysager du site

De façon générale, il a été montré que plus un site était naturel (bordé d'habitats relativement préservés de toute activité anthropique), plus les espèces y vivant étaient sensibles au risque éolien (Pearce-Higgins *et al.*, 2009).

Un regard doit donc être porté sur les **habitats naturels** présents dans et autour du parc et sur leurs **potentialités d'accueil** en tant que **zones de halte migratoire**, **sites de nidification** ou encore **zones de gagnage**.

Un autre aspect important à prendre en considération est la présence de **couloirs de migration** importants à proximité. Ces couloirs suivent bien souvent des éléments paysagers facilitant l'orientation des oiseaux tels que les vallées, les boisements et les zones de relief.

Enfin, **l'abondance et la sensibilité des espèces locales** est à considérer étant donné la grande spécificité des impacts des éoliennes sur les différents groupes d'oiseaux.

En résumé, les parcs éoliens situés le long de couloirs migratoires ou de routes de vol, sur les pentes de collines ou les crêtes de montagne ou encore ceux implantés au sein d'habitats de qualité pour la reproduction ou le nourrissage des oiseaux, sont ceux qui présentent les taux de mortalité les plus élevés (Drewitt & Langston, 2006 ; de Lucas *et al.*, 2008 ; Smallwood *et al.*, 2007 ; Smallwood *et al.*, 2009 ; Telleria, 2009). Par conséquent, une mauvaise planification spatiale peut résulter en une concentration disproportionnée de la mortalité aviaire sur quelques parcs (Tarfia & Navarra en Espagne, Buffalo Ridge & APWRA aux États-Unis) alors que d'autres parcs implantés dans des zones de faible activité avifaunistique (en Irlande et Grande-Bretagne notamment) présentent au contraire des taux de mortalité bien plus faibles que ceux enregistrés en Europe et aux États-Unis (Tosh *et al.*, 2014).

2.1.3.3 Caractéristiques des espèces

Plusieurs études ont identifié les Anseriformes (canards, oies et cygnes), les Charadriiformes (limicoles), les Falconiformes (rapaces), les Strigiformes (rapaces nocturnes) et les Passereaux comme étant les taxons les plus impactés par les risques de collision (Johnson *et al.*, 2002 ; Stewart *et al.*, 2007 ; Kuvlesky *et al.*, 2007 ; Drewitt & Langston, 2008 ; Ferrer *et al.*, 2012 ; Bull *et al.*, 2013 ; Hull *et al.*, 2013).

La vulnérabilité des espèces d'oiseaux face au risque de collision varie en fonction d'une combinaison de facteurs incluant leur morphologie, leur écologie, leur phénologie, leur comportement ou encore leurs facultés de perception sensorielle (Smallwood *et al.*, 2009 ; Carette *et al.*, 2012 ; Marques *et al.*, 2014). La plupart de ces caractéristiques ont déjà été abordées dans les paragraphes précédents.

L'exemple des rapaces en est une bonne illustration. En effet, plusieurs caractéristiques de ce taxon sont à l'origine de leur importante vulnérabilité vis-à-vis des éoliennes (Barrios & Rodriguez, 2004 ; Dürr, 2009 ; Camiña, 2011 ; Katzner *et al.*, 2012 ; Bellebaum *et al.*, 2013 ; Schuster *et al.*, 2015).

Il s'agit du type de vol pratiqué (faible manœuvrabilité liée à la pratique majoritaire du vol plané, bien souvent à hauteur de pales), du comportement de chasse particulièrement risqué (attention moins grande lorsqu'ils se focalisent sur leur proie), des interactions intraspécifiques (et notamment les parades en vol), de leur habitat (les parcs éoliens sont bien souvent situés en plaine agricole qui constitue une zone de chasse préférentielle pour plusieurs espèces relativement communes) ...

2.1.3.4 Facteurs saisonniers et météorologiques

L'activité de vol des oiseaux et potentiellement leur risque de collisions, varient selon les saisons. Ainsi, des pics de mortalité ont été enregistrés pour les passereaux et les rapaces aux États-Unis et en Europe durant les périodes de migration, notamment à l'automne, ainsi que lors du nourrissage des jeunes et des parades nuptiales (Barrios & Rodriguez, 2004 ; Dürr, 2009 ; Camiña, 2011 ; de Lucas *et al.*, 2012b).

La plus grande vulnérabilité des espèces en migration s'explique probablement par la présence de grands rassemblements d'oiseaux sur un territoire limité et par la méconnaissance de ces espèces du risque lié aux éoliennes (Drewitt & Langston, 2008).

Les rapaces sont également particulièrement vulnérables durant les périodes automnales et nidification lorsque les températures sont faibles et les ascendances thermiques limitées, les contraignant à voler à plus basse altitude à la recherche de courants d'air ascendants créés par les zones de relief (Barrios & Rodriguez, 2004 ; Camiña, 2011 ; Katzner *et al.*, 2012).

Les conditions météorologiques sont elles aussi connues pour influencer le risque de collision des oiseaux avec les éoliennes. Davantage de collisions sont enregistrées lors de mauvais temps (vents forts, pluie, brouillard, nuages bas) que de beau temps (Winkleman 1992 ; Drewitt & Langston, 2006). Ceci s'expliquerait par une tendance des oiseaux à voler plus bas lors de conditions météorologiques défavorables (Drewitt & Langston, 2008).

Les risques de collision des oiseaux ainsi que le dérangement lié à la mise en place d'éoliennes résultent donc d'interactions complexes entre ces différents facteurs (Marques *et al.*, 2014). La conception des parcs éoliens doit donc combiner plusieurs mesures, adaptées aux spécificités de chaque site, pour atténuer ces impacts négatifs.

2.2 Impact des éoliennes sur les chiroptères

Même si les impacts des éoliennes ont été étudiés bien plus tardivement chez les chauves-souris que chez les oiseaux, il est maintenant admis qu'elles sont elles aussi affectées, de manière directe ou indirecte, par la présence d'aérogénérateurs (Tosh *et al.*, 2014).

2.2.1 Impacts directs : collisions et barotraumatisme

On sait aujourd'hui que les taux de mortalité des chauves-souris peuvent dépasser ceux des oiseaux dans la plupart des parcs éoliens (Schuster *et al.*, 2015). Selon Rydell *et al.* (2012), le nombre moyen de chauves-souris tuées par les éoliennes en Europe et en Amérique du Nord est ainsi de 2,9 individus par machine et par an contre 2,3 pour les oiseaux. Sur 26 études réalisées en Europe entre 1997 et 2007, 20 espèces de chauves-souris au total ont été victimes de collision directe avec les pales ou de barotraumatisme et 21 sont considérées comme potentiellement concernées (Rodrigues *et al.*, 2008).

En Europe, 12 597 cadavres de chauves-souris victimes des éoliennes (dont 4 594 en France) ont été répertoriés depuis 2003. Les espèces les plus impactées sont la Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus*, la Pipistrelle de Nathusius *Pipistrellus nathusii*, la Noctule commune *Nyctalus noctula* et la Noctule de Leisler *Nyctalus leisleri*.

En France, les espèces les plus impactées sont la Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus* (1 931 cas de mortalité observés), la Pipistrelle de Nathusius *Pipistrellus nathusii* (415 cas), la Pipistrelle de Kuhl *Pipistrellus kuhlii* (411 cas), la Noctule commune *Nyctalus noctula* (269 cas), la Noctule de Leisler *Nyctalus leisleri* (243 cas) et la Pipistrelle pygmée *Pipistrellus pygmaeus* (199 cas).

Les figures ci-après récapitulent, espèce par espèce, le nombre de cas connus de collisions de chauves-souris avec des éoliennes en Europe et en France d'après la dernière base de données du Ministère du Développement Rural, de l'Environnement et de l'Agriculture de l'État fédéral de Brandenburg (Allemagne) qui répertorie l'ensemble des cas connus de collisions en Europe (Dürr, 9 août 2023).

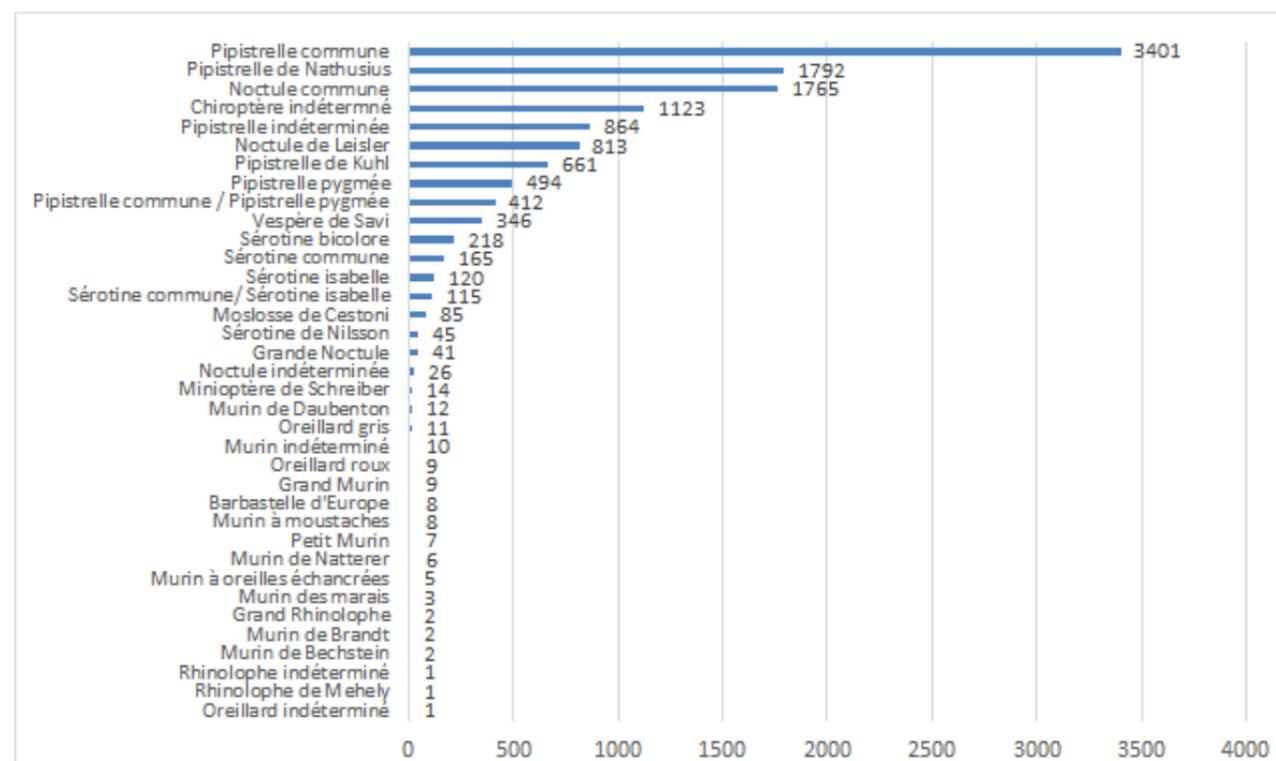


Figure 1. Cas connus de collisions éoliennes de chauves-souris en Europe

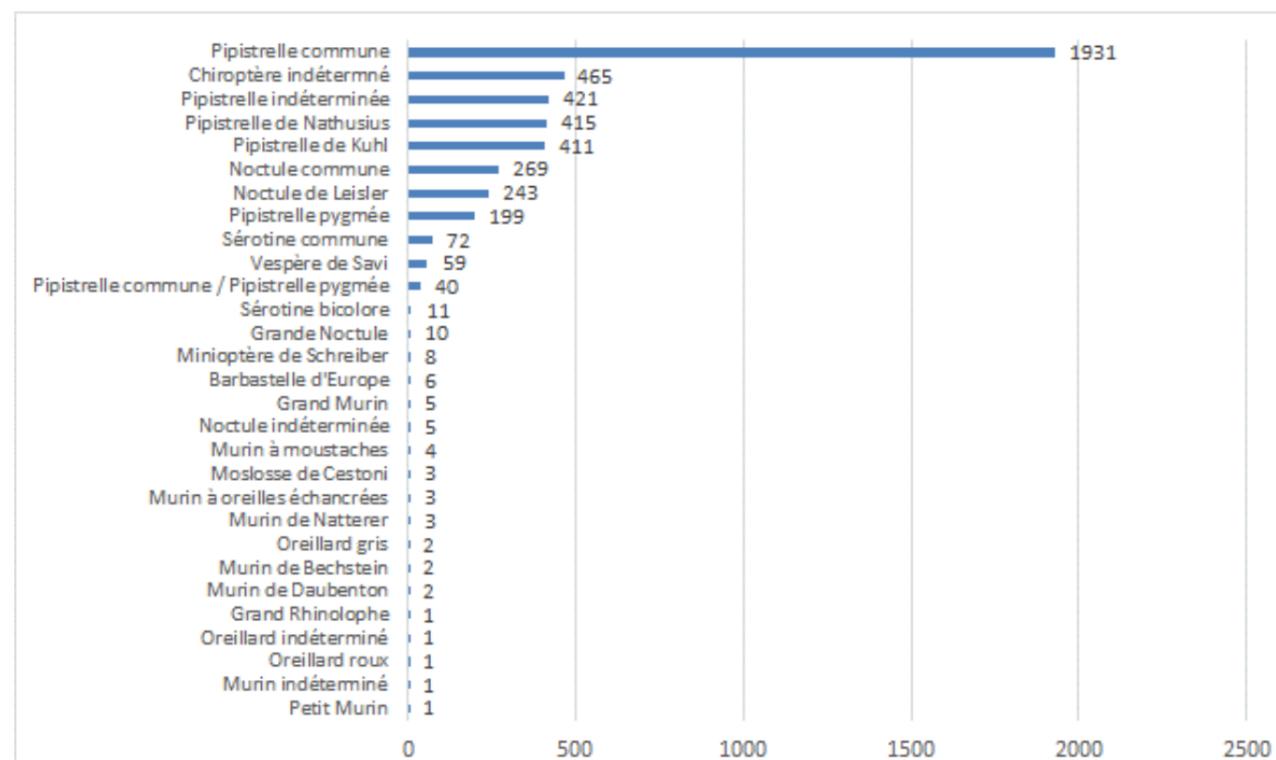


Figure 2. Cas connus de collisions éoliennes de chauves-souris en France

Les causes de mortalité sont de deux types : la **collision** directe avec les pales et le **barotraumatisme**.

Concernant la collision, il a été montré que les chauves-souris étaient tuées par les pales en mouvement mais pas par les pales stationnaires, les nacelles ou les tours (Horn *et al.*, 2008). Par conséquent, plus la longueur des pales est grande, plus l'aire qu'elles couvrent est grande et plus l'impact sur les chauves-souris est important.

Il est à noter que des blessures sublétales provoquées suite à des collisions directes avec les pales peuvent entraîner la mort des individus à une distance relativement élevée des éoliennes, induisant ainsi une sous-estimation des taux de mortalité réels (Horn *et al.*, 2008 ; Grodsky *et al.*, 2011).

Le barotraumatisme, causé par une dépression soudaine de la pression de l'air, est quant à lui à l'origine de lésions et d'hémorragies internes. Cette théorie est cependant vivement débattue dans la sphère scientifique, certains auteurs estimant que le barotraumatisme pourrait causer jusqu'à 90 % des cas de mortalité (Baerwald *et al.*, 2008) tandis que d'autres minimisent son impact (Lawson *et al.*, 2020, Rollins *et al.*, 2012).

Outre la non-perception du danger (nombre de cris d'écholocation des espèces migratrices trop faible ou trop grande vitesse de rotation des pales), l'attraction des éoliennes vis-à-vis des chauves-souris pourrait expliquer en partie ces cas de collisions (Nyári *et al.*, 2015). Plusieurs hypothèses ont ainsi été énoncées pour tenter d'expliquer ce phénomène.

Tout d'abord, la modification des paysages inhérente à l'installation des machines ainsi que leur éclairage créent des conditions favorables pour les insectes volants, attirant ainsi les chauves-souris qui s'en nourrissent (Ahlén, 2003).

Horn *et al.* (2008) ont ainsi observé une corrélation significative entre l'activité des chauves-souris et celle des insectes au cours de la nuit, avec un pic d'activité durant les deux premières heures suivant le coucher du soleil. Des images issues de caméras thermiques infrarouge ont effectivement montré que les chauves-souris se nourrissaient autour des pales et effectuaient également des vols de reconnaissance répétés au niveau des nacelles (Horn *et al.*, 2008).

Selon d'autres auteurs, la principale raison poussant les chauves-souris à fréquenter les abords des éoliennes concerne les comportements reproducteurs (Hull & Cawthen, 2013). L'hypothèse d'une incapacité cognitive des chauves-souris à différencier les éoliennes (ou d'autres structures verticales du même type) des arbres semble séduisante. Les chauves-souris confondraient ainsi les courants d'air provoqués par les éoliennes et ceux existant au sommet des grands arbres, courants d'air qu'elles vont suivre pensant y trouver certaines ressources telles que de la nourriture mais aussi des opportunités sociales (Cryan *et al.*, 2014).

2.2.2 Impacts indirects

Les éoliennes n'affectent pas seulement les chauves-souris via des impacts directs (mortalité) mais également par une perte d'habitats et/ou une perturbation de leurs mouvements et comportements habituels.

Lors de la phase de chantier et en particulier lors de la création des chemins d'accès et des lieux de stockage de matériel, la mise en place d'un projet éolien provoque généralement un impact de type destruction d'habitats : abattage d'arbres, dégradation de milieux utilisés par les chiroptères pour leurs activités de chasse ou de reproduction ... (Nyári *et al.*, 2015).

Le déplacement de la terre excavée sur le site peut également être impactant. En effet, une flore spontanée peut s'y développer et favoriser les populations d'insectes et d'invertébrés qui par conséquent attirent les chauves-souris en quête de nourriture. Les chemins doivent donc rester les moins attractifs possibles pour ne pas drainer les individus du secteur vers les éoliennes.

L'effet barrière provoqué par les parcs éoliens, bien connu chez les oiseaux, peut également affecter les chauves-souris en interférant avec leurs routes migratoires ou leurs voies d'accès aux colonies de reproduction (Bach & Rahmel, 2004 ; Hötter *et al.*, 2006).

Un dérangement de l'estivage ou de l'hibernation lié aux bruits et vibrations causés par les engins de chantier et de transport peut également advenir sur des gîtes présents à proximité du projet.

Des perturbations liées à la présence des éoliennes en elles-mêmes ont également été évoquées. L'émission d'ultrasons par les éoliennes (jusqu'à des fréquences de 32 kHz) pourrait ainsi perturber les chauves-souris (Bach & Rahmel, 2004 ; Brinkmann *et al.*, 2011). Cet impact est cependant variable selon les espèces puisqu'une étude menée par Bach & Rahmel (2004) a montré que si l'activité de chasse des sérotines semblait décroître à proximité des éoliennes, ce n'était pas le cas pour les pipistrelles qui montraient quant à elles une activité plus forte près des machines que dans une zone témoin proche.

Ces impacts indirects des éoliennes sur les chauves-souris, bien que nettement moins documentés à l'heure actuelle que les cas de collisions, peuvent menacer la survie à long terme de certaines espèces. Les chauves-souris sont en effet des organismes présentant une espérance de vie longue et de faibles taux de reproduction ce qui rend leurs populations particulièrement vulnérables aux phénomènes d'extinctions locales.

Certains auteurs ont ainsi suggéré que les populations de chauves-souris pourraient ne pas être en mesure de supporter les impacts négatifs liés à l'éolien qui viennent s'ajouter aux nombreuses menaces pesant déjà sur ce taxon (Kunz *et al.*, 2007 ; Arnett *et al.* 2008).

2.2.3 Facteurs influençant la sensibilité des chauves-souris aux éoliennes

2.2.3.1 Facteurs météorologiques

L'activité et la mortalité des chauves-souris sont fortement influencées par des variables météorologiques comme la vitesse du vent, la température, les précipitations, la pression atmosphérique et même l'illumination de la lune.

La vitesse du vent notamment est un paramètre majeur dans la prédiction des périodes les plus à risques en termes de collision (Baerwald & Barclay, 2011 ; Behr *et al.*, 2011). Des études ont ainsi montré que l'activité des chauves-souris était maximale pour des vitesses de vent comprises entre 0 et 2 m.s⁻¹ (Rydell *et al.*, 2010a) et déclinait ensuite jusqu'à presque s'arrêter pour des valeurs supérieures à 6,5 (Behr *et al.*, 2007) voire 8 m.s⁻¹ (Rydell *et al.*, 2010a). La majorité des chauves-souris sont donc tuées lors de nuits où les pales des éoliennes bougent lentement et où l'électricité produite est donc faible (Schuster *et al.*, 2015).

L'activité des chauves-souris augmente également avec la température.

Arnett *et al.* (2006) ont ainsi montré une augmentation de l'activité comprise entre 7 et 13 % à 1,5 m d'altitude puis 0 et 7 % à 22 m pour chaque degré Celsius supplémentaire, jusqu'au seuil de 21°C au-delà duquel l'activité des chauves-souris avait tendance à diminuer. Concernant la température minimale, il a été estimé que les périodes les plus à risques se situaient au-delà de 10°C (Brinkmann *et al.*, 2011).

L'humidité (et notamment la présence de brouillard) fait également décroître fortement l'activité chiroptérologique (Behr *et al.*, 2011).

2.2.3.2 Facteurs saisonniers

L'activité des chauves-souris et par conséquent leur mortalité liée à l'éolien, montrent également des variations saisonnières. Des études réalisées dans le monde entier ont ainsi montré une activité et une mortalité maximales en fin d'été et à l'automne (Schuster *et al.*, 2015). Rydell *et al.* (2010a) déclarent ainsi que 90 % de la mortalité annuelle liée aux collisions avec les éoliennes se produit entre août et début octobre contre seulement 10 % début juin. Cette saisonnalité est liée au comportement migrateur de certaines espèces qui les rend particulièrement vulnérables lors de leurs déplacements entre zones de reproduction et zones d'hibernation (transit automnal) et dans une moindre mesure, lors du transit printanier au cours duquel les chauves-souris quittent leurs zones d'hibernation pour gagner leurs sites d'estivage.

Outre ces phénomènes migratoires, un autre phénomène est à l'origine de fortes concentrations en chiroptères à l'automne et donc d'une mortalité potentiellement accrue au niveau des parcs éoliens. Il s'agit du phénomène de « swarming » - ou essaimage - qui se traduit par le rassemblement en certains sites d'un grand nombre de chauves-souris appartenant à une ou plusieurs espèces. Ces rassemblements permettent l'accouplement des chauves-souris avant l'hibernation, la gestation s'interrompant l'hiver et reprenant ensuite au printemps.

2.2.3.3 Facteurs paysagers

De nombreuses publications ont montré que les chauves-souris utilisaient des éléments paysagers linéaires comme les vallées fluviales, les traits de côte ou encore les lisières forestières en tant que corridors pour leurs migrations (Nyári *et al.*, 2015 ; Schuster *et al.*, 2015).

Rydell *et al.*, (2010a) ont passé en revue un ensemble d'études menées en Europe occidentale et comparant la mortalité des chauves-souris liée à l'éolien en fonction d'un gradient paysager. Ils ont ainsi pu constater qu'un nombre relativement faible de chauves-souris (entre zéro et trois individus par éolienne et par an) était tué en milieu ouvert (plaines agricoles cultivées). Cependant, plus l'hétérogénéité du paysage agricole est grande, plus ce taux s'accroît (entre deux et cinq individus par éolienne et par an pour des paysages agricoles plus complexes). Enfin, les taux de mortalité sont maximaux pour les zones forestières ou côtières, en particulier sur des zones de relief (collines et crêtes), avec cinq à vingt chauves-souris tuées par éolienne et par an.

2.2.3.4 Caractéristiques biologiques et écologiques des espèces

La sensibilité vis-à-vis des éoliennes varie également grandement selon les espèces. En Europe, les espèces présentant les risques de collision les plus élevés, qui appartiennent aux genres *Nyctalus* (les Noctules), *Pipistrellus* (les Pipistrelles), *Eptesicus* et *Vespertilio* (les Sérotines), présentent des similarités écologiques et morphologiques (Rydell *et al.*, 2010b ; Hull & Cawthen, 2013).

Il s'agit en effet d'espèces chassant en milieu dégagé, présentant des ailes longues et étroites et utilisant, pour détecter les insectes volants, des signaux d'écholocation à bande étroite et forte intensité.

Ainsi, d'après Rydell *et al.* (2010a), 98 % des chauves-souris tuées sont des espèces de haut vol chassant en milieu dégagé alors que 60 % des espèces de chauves-souris ont peu, voire pas de risques de collisions étant donné qu'elles volent à des altitudes bien inférieures à la hauteur des pales. Les Murins *Myotis sp.* et les Oreillardes *Plecotus sp.*, plus forestiers et moins enclins à fréquenter les zones ouvertes, sont ainsi très peu affectés par les collisions avec les pales d'éoliennes (Jones *et al.*, 2009).



CHAPITRE 3. MÉTHODOLOGIE

3.1 Justification du protocole de suivi environnemental

L'étude concerne un suivi environnemental d'une durée d'environ un an pour la mortalité et d'un cycle écologique pour les chiroptères, du parc éolien de Canton de Bonneval, dans le département de l'Eure-et-Loir (28). Le suivi permet ainsi de connaître l'activité des chiroptères à hauteur de nacelle et permet ainsi d'avoir une estimation de l'impact des éoliennes sur les populations aviaires et des chiroptères.

Les parcs éoliens sont soumis au régime de l'autorisation au titre de la réglementation « ICPE », et doivent respecter l'arrêté ministériel du 26 août 2011, notamment l'article 12 qui stipule que les exploitants de parcs éoliens soumis à autorisation doivent réaliser un « [...] suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs. Lorsqu'un protocole de suivi environnemental est reconnu par le ministre chargé des installations classées, le suivi mis en place par l'exploitant est conforme à ce protocole [...] ».

Le protocole a été validé le 23 novembre 2015 par le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. Il prévoit la réalisation de suivis sur les chiroptères, les oiseaux (hivernant, migrateurs et nicheurs), les habitats et la mortalité, selon certains critères issus de l'étude d'impact et des sensibilités spécifiques des espèces à l'éolien et en termes de conservation. **Afin d'améliorer la lisibilité du présent document, le terme « espèce sensible à l'éolien » sera utilisé dans la suite de ce rapport pour mentionner les espèces d'oiseaux dont l'indice établi par le protocole précédemment mentionné est supérieur ou égal à deux.**

Une seconde édition a été publiée en 2018. Cette dernière spécifie notamment le protocole lié aux recherches des cas de mortalité lors du suivi post implantation.

Procédure mise en place pour l'installation du Parc éolien de Canton de Bonneval (huit éoliennes pour le parc d'une puissance de 3 MW chacune) :

- Étude d'impact réalisée en 2013 ;
- Mise en service en juillet 2009, soit depuis plus de 10 ans. L'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011 indique qu'un « suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères » doit être mis en place « tous les dix ans »

En fonction des deux critères présentés précédemment, il convient de respecter le schéma suivant établi par l'article 12 de l'arrêté du 26/08/2011 : « Les modalités de suivi prévues initialement et validées par l'administration seront conservées et tiendront lieu de suivi environnemental au sens de l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011. ».

Selon l'annexe 3 du protocole national, des conclusions de l'étude d'impact et des informations transmises par **EDF RENOUEVABLES** et concernant les suivis précédents réalisés sur le parc, il est proposé de renforcer le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, révisé en 2018.

3.2 Protocole utilisé pour les chiroptères

3.2.1 Dispositif d'écoutes en hauteur

Le suivi des chiroptères en nacelle est assuré par un BATmodeS+. Cet appareil est développé par la société Bioacoustictechnology GmbH. Le choix du dispositif a été défini par la possibilité de prise en main à distance, de la récupération des données non intrusive (3G/4G et WIFI), de l'envoi de journaux quotidiens du fonctionnement de l'appareil par SMS ou mél. Par ailleurs, le BATmodeS+ dispose d'un disque dur interne de 250 Go permettant d'emmagasiner les données même en l'absence de connexion à distance.

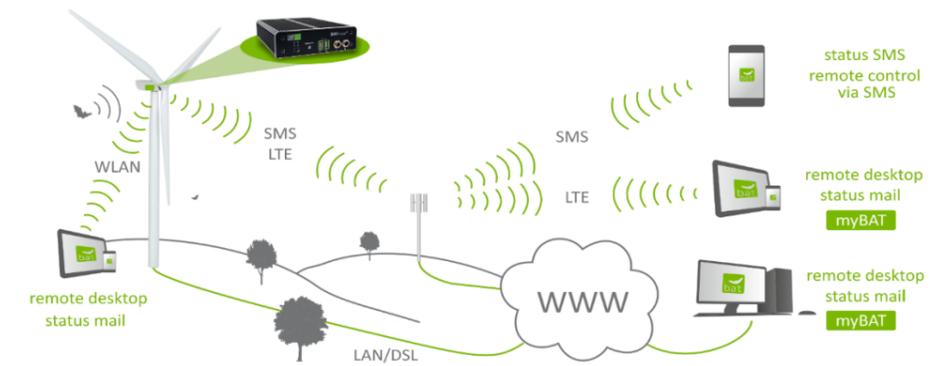


Figure 3. Processus de fonctionnement d'un BATmodeS+

Un BatmodeS+ a été installé entre le 11 mai 2022 et le 11 mai 2023, à hauteur de nacelle sur l'éolienne ND2 (éolienne plus ou moins au centre du parc éolien) pour permettre le suivi des chiroptères en hauteur au cours de trois périodes importantes du cycle biologique des chauve-souris :

- **La période de transit printanier (de mars à mai) :** cette période caractérise la sortie de l'hibernation des chauves-souris et la reprise de l'activité nocturne. Elle correspond aux déplacements entre les gîtes d'hiver et les gîtes d'été ;
- **La période de parturition (de mai à août) :** cette période correspond à la mise-bas et à l'élevage des jeunes. Durant cette période, les femelles ont tendance à moins se déplacer et les individus contactés donnent des informations sur les populations reproductrices potentielles, tandis que les mâles s'activent pour chasser autour des gîtes estivaux ;
- **La période de transit automnal (août à octobre) :** cette période correspond aux phases d'accouplements (swarming) et au début de la migration automnale. Les déplacements deviennent plus fréquents à cette période et permettent la mise en évidence de couloirs de déplacement (dispersion des jeunes, migration) et de sites de reproduction.

Période	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Transit printanier												
Parturition												
Transit automnal												
Hibernation												

Périodes d'activité des chiroptères d'après le SFPEM (2016)

Figure 4. Périodes d'activité des chiroptères d'après la SFPEM

3.2.2 Évaluation des niveaux d'activité

L'indice d'activité obtenu suite à l'analyse est comparé à un référentiel d'activité. Pour cette étude, le référentiel d'activité ODENA est utilisé.

TAXON	FAIBLE	P20	FAIBLE A MODEREE	P40	MODEREE	P60	MODERE E A FORT	P80	FORT	NBR DE NUITS
Toutes espèces confondues	<	0,1466	><	0,3346	><	0,7175	><	1,5596	>	845
GROUPE										
Sérotules	<	0,1021	><	0,1815	><	0,3346	><	0,5835	>	384
Murins	<	0,0906	><	0,1014	><	0,1606	><	0,274	>	<u>66</u>
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	<	0,1003	><	0,1669	><	0,2779	><	0,6486	>	272
Pipistrelle pygmée/commune et Minioptère de Schreiber	<	0,109	><	0,2185	><	0,3661	><	0,8862	>	513
Pipistrelles	<	0,1122	><	0,2236	><	0,4525	><	1,0577	>	567
Oreillards	<	0,0848	><	0,1289	><	0,1838	><	0,2569	>	<u>72</u>
Rhinolophes	<	0,2283	><	0,4275	><	0,6793	><	0,8976	>	<u>88</u>

Tableau 3. Classe d'activité ODENA à hauteur de nacelle

Carte 2 : Localisation des inventaires sur les chiroptères p. 20

Annexe 1 - Référentiel d'activité ODENA p. 45

3.2.3 Limites de l'étude acoustique des chiroptères

L'étude acoustique des chiroptères utilise des micros disposés sur la nacelle et permettant l'enregistrement des ultrason émis par les chauves-souris. Cette détection des ultrasons peut être limitée par diverses nuisances sonores et bruits parasites, notamment ceux émis par le fonctionnement de l'éolienne.

Par ailleurs, le positionnement des micros ne permet pas d'échantillonner l'ensemble des zones autour d'une éolienne. Bien que les micros utilisés soient peu directionnels, la détection des chiroptères dépend des espèces (certaines espèces émettant des ultrasons plus forts et donc détectables à plus grande distance) et de la position des individus par rapport au champ de détection des micros.

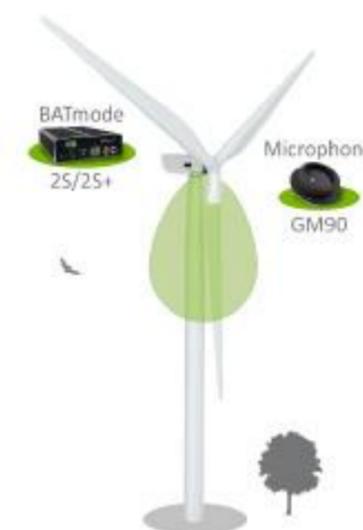


Figure 5. Schéma du champ de détection des micros utilisés

Parc éolien du Canton de Bonneval (28)

Suivi environnemental de mortalité de l'avifaune et des chiroptères

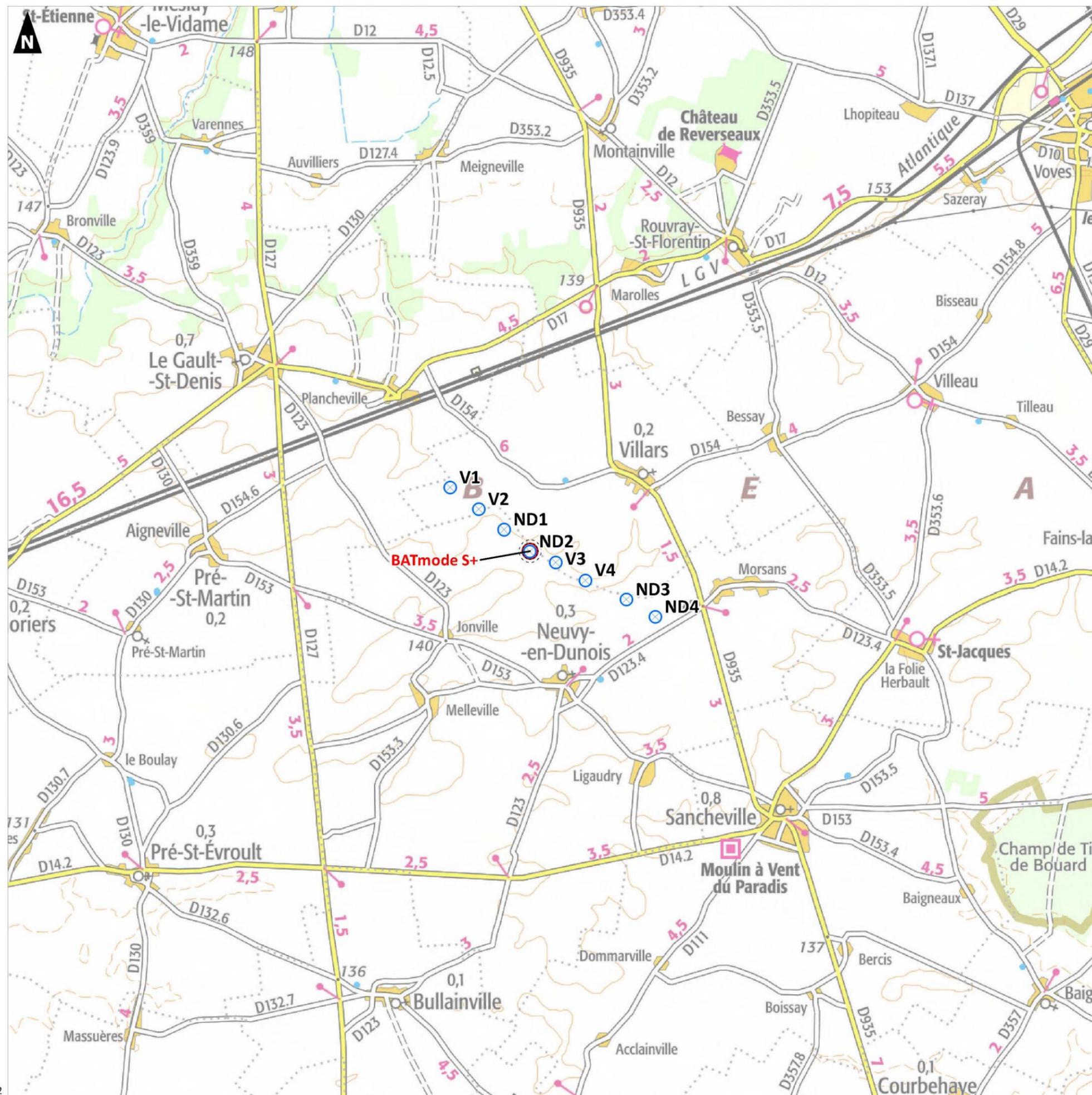
Localisation du point d'enregistrement en altitude pour les chiroptères (BATmode S+)

Parc éolien

 Eolienne

Méthode d'inventaire

 Enregistreur automatique (BATmode S+)



3.3 Suivi de mortalité

3.3.1 Protocole de terrain

En complément du suivi chiroptérologique, un suivi de mortalité (avifaune et chiroptères) a été réalisée à proximité immédiate des éoliennes. Les prospections sont effectuées à pied, dans un carré de 100 mètres de côté, sous et autour de chaque éolienne.

L'étude consiste à rechercher, dénombrer et identifier les cadavres d'oiseaux et de chauves-souris liés aux collisions avec l'éolienne.

La surface prospectée est une surface carrée de 100 m de côté autour de chaque éolienne, soit un hectare par éolienne. La prospection se fait en suivant des transects, espacés de 10 m (largeur pouvant varier en fonction de la hauteur de la végétation) et d'une longueur de 100 mètres chacun. En maintenant une vitesse de 2 km/h, ce qui permet une recherche relativement précise, la prospection s'effectue en 30/40 minutes lorsque toute la surface est prospectable.

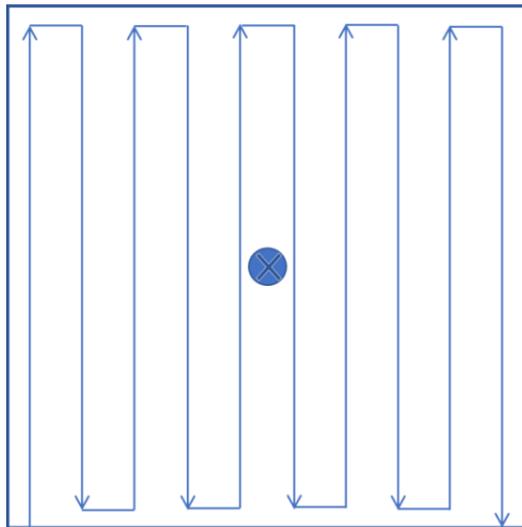


Figure 6. Parcours réalisé lors des prospections

Cette recherche, et donc le fait de trouver des cadavres, possède plusieurs limites. En effet, celle-ci ne peut être exhaustive puisque :

- Les cadavres peuvent, selon les conditions, être victime de prédation et disparaître rapidement ;
- La surface à prospecter est considérable ;
- La recherche et la découverte des cadavres est très difficile dans les parcelles dont la végétation a dépassé une certaine hauteur et évolue en fonction des pratiques culturales (semis, moissons, ...).

Une attention particulière est apportée à la couverture végétale, notamment agricole. Ainsi, si les prospections sont impossibles sur une partie de la surface en raison d'une végétation trop haute ou trop dense (céréale en épiaison, colza, maïs, ...), une extrapolation basée sur les surfaces accessibles des éoliennes pourra être proposée.

Tout cadavre retrouvé sera identifié dans la mesure du possible et fera l'objet d'une cartographie précise notamment par la prise des coordonnées GPS. Une fiche de renseignement spécifique sera alors complétée.

Les fiches spécifiques aux cadavres contiennent plusieurs paramètres dont :

- La localisation de l'animal : distance et position par rapport au mat ;
- La catégorie de l'animal : oiseaux ou chauves-souris ;
- L'espèce déterminée ou le genre ;
- L'état apparent : animal entier, blessures visibles, remarques, ... ;
- Les numéros des photographies (deux ou trois par cadavre) ;
- La cause éventuelle de la mort.

Annexe 2 - Fiches utilisées lors de la réalisation du suivi de mortalité p.46

Le suivi a été réalisé selon le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres révisé en 2018 en doublant le nombre de sorties sur la période automnale afin d'augmenter la robustesse statistique. Ainsi, pour chacune des éoliennes, un passage par semaine a été réalisé entre fin mars et mi-août (semaine 13 à 32) soit 20 sorties et deux passages par semaine entre mi-août et début novembre (semaine 33 à 44) soit 24 sorties. Au total, 44 sorties ont donc été réalisées pour ce suivi.

3.3.2 Estimation de la mortalité

Dans la littérature on trouve de nombreux indices de mortalité, certains même très récents. Pourtant, la grande majorité, pour ne pas dire la totalité des études, se base sur le plus connu, à savoir l'indice de Winkelman (1992). Cet indice étant dépassé, il est intéressant d'effectuer des calculs de tous les indices afin de pouvoir les comparer et d'avoir une fourchette de mortalité pertinente. Ainsi, plusieurs indices seront calculés.

■ Indice d'Erickson (2000)

Cet indice, en comparaison avec celui de Winkelman, intègre dans le calcul la durée de persistance moyenne des cadavres en remplacement du taux de persistance (ou prédation). De plus, cette formule possède l'avantage de fonctionner même lorsque le taux de persistance vaut zéro. La formule est la suivante :

$$N \text{ estimé} = (Na - Nb) \times I / (tm \times d)$$

I est la durée d'intervalle entre deux visites et équivaut à la fréquence de passage (en jours) ;

tm est la durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours).

■ Indice de Jones (2009)

L'indice de Jones admet plusieurs postulats pour le calcul. Il considère que le taux de mortalité est constant sur l'intervalle de temps considéré, que la durée de persistance d'un cadavre suit une loi exponentielle négative et que la probabilité de disparition moyenne est identique au cours du temps. La variable P devient alors :

$$P = \exp(-0.5 \times I / \hat{t})$$

Il y a également le rajout de l'intervalle effectif puisque, plus l'intervalle est long, plus le taux de persistance est faible. Cet intervalle, noté \hat{t} , correspond à la durée au-delà de laquelle le taux de persistance P est inférieur à 1 %.

Avec : $\hat{t} = -\log(0.01) \times$

$$\text{Soit : } N \text{ estimé} = (Na - Nb) / (a \cdot d \cdot e \cdot P)$$

a est le coefficient de correction surfacique ;

e est le coefficient correcteur de l'intervalle équivalent à $(\text{Min } I : \hat{t}) / I$.

On notera que dans l'équation, I prendra la valeur minimale entre I et \hat{t} .

Indice de Huso (2010)

Tout en gardant l'hypothèse de Jones que la mortalité est constante au cours du temps, il considère que la probabilité de disparition à la moitié de l'intervalle n'est pas égale à la probabilité moyenne de persistance d'un cadavre p.

Ce qui donne :

$$p = \frac{tm \cdot (1 - e^{-l/tm})}{l}$$

$$N \text{ estimé} = \frac{(Na - Nb)}{(a \cdot d \cdot p \cdot \hat{e})}$$

Comme pour Jones, l prendra la valeur minimale entre l et \hat{l} .

■ Test d'efficacité

Dans le cadre de ce projet, deux tests d'efficacité ont été mis en place, le premier en fin de printemps et le second en début d'automne.

Pour ce faire, il a été disposé à l'insu des observateurs un nombre connu de carcasses tests autour de chaque éolienne. Le nombre de carcasses détectées est ensuite comparé au nombre de carcasses placées sur les lieux.

Vingt carcasses-tests ont été utilisées pour chaque test.

Les carcasses-tests sont placées au hasard dans l'aire de recherche et leur emplacement est géoréférencé afin de pouvoir les localiser ultérieurement si elles ne sont pas trouvées pendant le test. La saison est prise en considération dans la planification des tests d'efficacité des observateurs afin de tenir compte des différences possibles dans les taux de prédation, les espèces et les taux de décomposition.

Des demi-balles de tennis recouvertes de terre ont été utilisées comme carcasses-tests.

■ Test de prédation

Deux tests de persistance des carcasses ont été réalisés afin de déterminer les taux de prédation. Ces tests ont pour but d'estimer le nombre de jours où un cadavre reste sur le lieu de sa chute avant sa consommation par les animaux nécrophages. Les estimations des taux de persistance des carcasses servent au rajustement du nombre de cadavres trouvés au cours des suivis afin de corriger le biais de prédation.

Les tests de persistance des carcasses sont effectués selon le même intervalle que pour les tests d'efficacité soit une fois en fin de printemps et la seconde en début d'automne.

Au total, quarante-quatre carcasses-tests (poussins achetés congelés en animalerie) ont été utilisées. Celles-ci sont disposées dans les zones susceptibles de recevoir les cadavres d'oiseaux victimes de collision avec les pales (autour des éoliennes) et dans l'ensemble des habitats prospectables présents. Elles sont ensuite suivies jusqu'à leur disparition afin de déterminer le taux de prédation en fonction du temps écoulé.

Les carcasses sont suivies à intervalle régulier jusqu'à ce qu'elles soient toutes consommées ou jusqu'à la fin de la période des tests de persistance des carcasses :

- j0 : dépôt des cadavres ;
- j+1 : première recherche ;
- j+4 : deuxième recherche ;
- j+7 : troisième recherche ;
- j+10 et j+15 : quatrième et cinquième recherche.

■ Coefficient correcteur « a »

La probabilité de détection est considérablement liée à la surface observable de manière efficace depuis la ligne de transect. Ainsi, elle peut varier de manière importante suivant la hauteur et la densité du couvert végétal. Ce biais est corrigé grâce au test d'efficacité du prospecteur (comme vu précédemment).

Cependant, lorsque les conditions ne permettent pas une prospection complète lors de la recherche de cadavres (zone qualifiée de non prospectable : pente forte, végétation haute et dense ...), il est important de prendre en considération la proportion de cette zone non prospectée.

La prise en compte de ce biais est rendue possible grâce au coefficient correcteur de surface « a ».

Ainsi, le coefficient correcteur de surface pour une éolienne équivaut à :

$$a = \frac{100}{\left(S_k \times \frac{\text{surface } k}{\text{surface totale}} \right) + \left(S_{k+1} \times \frac{\text{surface } k+1}{\text{surface totale}} \right) + \dots}$$

Avec S_k correspondant au pourcentage de surface prospecté sur le carré concentrique k.

La surface à prospecter est une placette de 100 m x 100 m, en référence au protocole LPO (André, 2009), le calcul de cette formule se fait donc sur la base de carrés centrés sur l'éolienne.

■ Limites des méthodes utilisées en suivi de mortalité

Bien qu'utile au calcul, la détermination des coefficients d'erreur P et Z est cependant délicate. En effet, ils varient considérablement en fonction de nombreux paramètres extérieurs (nombre de charognards sur le site, accoutumance des prédateurs, couverture végétale, fréquentation touristique, période de chasse, météo, taille des cadavres, ...). L'utilisation de carcasses congelées peut également influencer sur les résultats.

La détermination de ces coefficients, bien qu'elle soit très importante, possède une marge d'erreur relativement importante. Un investissement considérable en temps est nécessaire à l'établissement de fourchettes d'erreurs fiables (échantillonnage suffisant).

⊗ : Éolienne

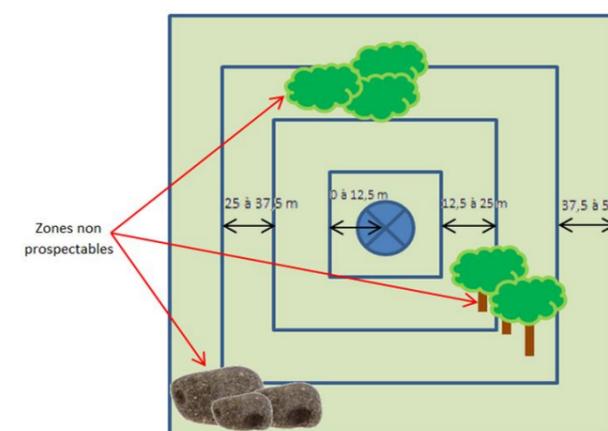


Figure 7. Carré concentrique

Schéma représentatif des carrés concentriques dont la surface réellement prospectée est à renseigner pour le calcul du coefficient correcteur « a » La surface prise en compte pour chaque carré correspond à une distance de 12,5 mètres, ce qui permet d’obtenir quatre carrés pour une distance finale de 50 mètres de part et d’autre de l’éolienne (soit un carré total de 100mx100m, d’après André, 2009). Les cadavres trouvés au-delà du carré de 100 mètres de côté seront intégrés dans le carré de 37,5 à 50 m. Les surfaces des carrés ne se superposent pas afin de ne pas comptabiliser plusieurs fois une même surface.



Figure 8. Surfaces prospectables



Figure 9. Surfaces peu prospectables



Figure 10. Surfaces non prospectables

Le suivi a été réalisé en grande majorité du temps par le même opérateur. D’autres intervenants ont été missionnés pour neuf dates.

Date	Intervenant
23/09/2022	Adrien DELARUE
05/04/2022	Adrien DELARUE
12/04/2022	Adrien DELARUE
20/04/2022	Adrien DELARUE
26/04/2022	Adrien DELARUE
03/05/2022	Adrien DELARUE
10/05/2022	Adrien DELARUE
16/05/2022	Adrien DELARUE
24/05/2022	Adrien DELARUE
01/06/2022	Adrien DELARUE
07/06/2022	Adrien DELARUE
13/06/2022	Adrien DELARUE
20/06/2022	Adrien DELARUE
27/06/2022	Adrien DELARUE
06/07/2022	Adrien DELARUE
12/07/2022	Adrien DELARUE
19/07/2022	Adrien DELARUE
26/07/2022	Adrien DELARUE

Date	Intervenant
03/08/2022	Adrien DELARUE
09/08/2022	Adrien DELARUE
16/08/2022	Kilien DE CHATEAUVIEUX
18/08/2022	François DELSIGNE
22/08/2022	Kilien DE CHATEAUVIEUX
25/08/2022	Kilien DE CHATEAUVIEUX
29/08/2022	Kilien DE CHATEAUVIEUX
01/09/2022	Kilien DE CHATEAUVIEUX
06/09/2022	Adrien DELARUE
09/09/2022	Adrien DELARUE
13/09/2022	Adrien DELARUE
15/09/2022	Adrien DELARUE
20/09/2022	Adrien DELARUE
22/09/2022	Adrien DELARUE
26/09/2022	Adrien DELARUE
29/09/2022	Marion DAUDRE
03/10/2022	Adrien DELARUE
06/10/2022	Adrien DELARUE
10/10/2022	Adrien DELARUE
13/10/2022	Adrien DELARUE
17/10/2022	Adrien DELARUE
20/10/2022	Adrien DELARUE
24/10/2022	François DELSIGNE
27/10/2022	François DELSIGNE
31/10/2022	Adrien DELARUE
03/11/2022	Adrien DELARUE

Tableau 4. Intervenant par date de prospection



CHAPITRE 4. ÉTUDE CHIROPTÉROLOGIQUE

4.1 Résultat de l'étude en hauteur

Cette partie traite de l'analyse des données collectées à hauteur de nacelle de l'éolienne ND2 en période d'activité des chauves-souris, de la période de transit printanier jusqu'en période de transit automnal qui termine fin octobre. Pour des raisons logistiques, les enregistrements se sont étalés sur 2022 et 2023. Ils ont débuté le 11 mai 2022 (date d'installation du matériel) et ont enregistré toute la saison, soit jusqu'au 30 novembre 2022. Le matériel a été réinstallé le 23 février 2023 jusqu'au 11 mai 2023 afin de couvrir la période de transit printanier qui n'avait pas pu être échantillonnée en 2022.

Le schéma ci-dessous met en évidence les différentes périodes théoriques de la vie d'une chauve-souris en fonction des mois de l'année :

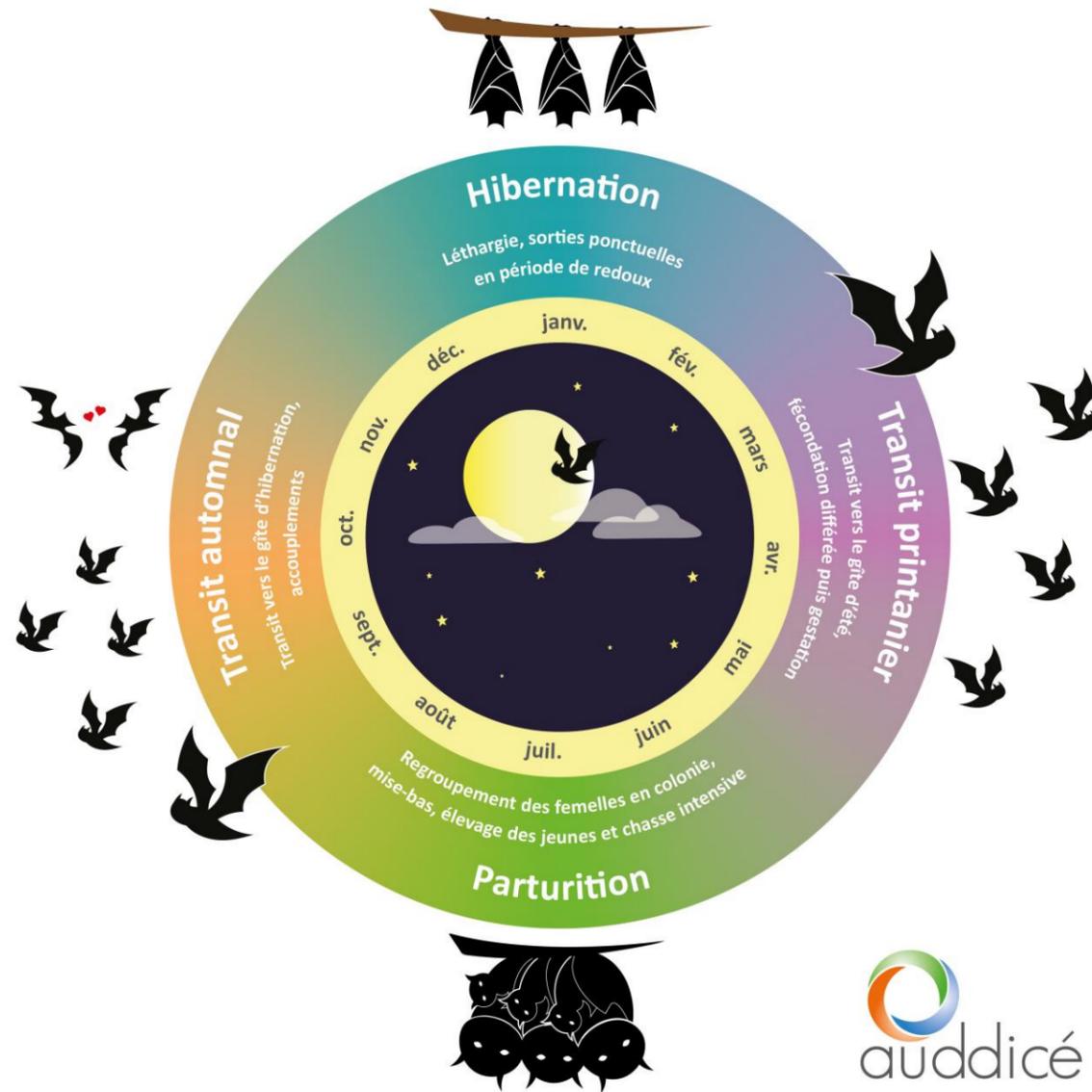


Figure 11. Cycle de vie annuel des chiroptères

Le parc éolien de Canton de Bonneval étant situé en plaines agricoles cultivées, l'activité chiroptérologique sur les périodes étudiées est très faible. En effet, les chiroptères ont tendance à privilégier comme zones de chasse, des milieux favorables à la prolifération des invertébrés constituant leur alimentation.

Si l'on compare l'activité obtenue au cycle biologique théorique des chiroptères.

Période	Nombre de contacts	Nombre de nuits d'enregistrement avec contact	Nombre de nuits d'enregistrement total	Proportion de nuits avec au moins un contact
Parturition (11/05/2022 – 31/07/2022)	46	1	72	~1,4%
Transit automnal (01/08/2022 – 30/11/2022)	32	4	92	~4%
Transit printanier (23/02/2023 – 11/05/2023)	5	2	76	~3%

Tableau 5. Répartition des contacts de chiroptères en fonction de la période

NB : Les dates théoriques du transit printanier s'étalent du 01/03 au 15/05, celles de la période de parturition du 16/05 au 31/07 et celles du transit automnal du 01/08 au 31/10. Les dates utilisées dans ce présent rapport tiennent compte des dates d'installation du matériel et des données recueillies.

Nous considérons le nombre de contacts trop faible pour exploiter les données par période ou par espèce/groupe d'espèces. Ainsi, l'analyse de l'activité en fonction du référentiel ODENA (chap. 3.2 ; Annexe 1 -) est établit sur l'ensemble de la période d'enregistrement et ne différencie pas les taxons.

Sur les 280 nuits d'enregistrements, au total, 83 contacts de chiroptères ont été enregistrés au niveau de l'éolienne ND2, répartis sur 7 nuits.

Le graphique ci-dessous montre l'évolution des contacts en fonction des périodes d'étudiées (du 11/05/2022 au 30/11/2022 et du 23/02/2023 au 11/05/2023) :

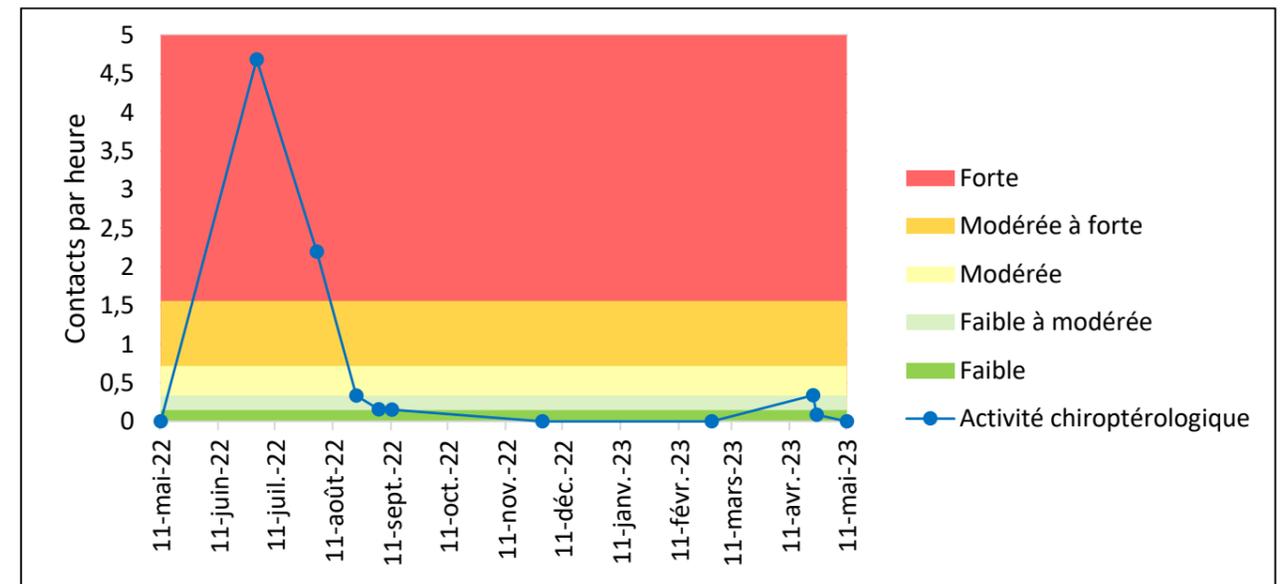


Figure 12. Répartition de l'activité chiroptérologique à hauteur de nacelle (ND2)

Les deux nuits ayant permis d’enregistrer une activité chiroptérologique forte sont les nuits du 01^{er} juillet 2022 et du 02 août 2022. A ces périodes, l’activité globale des chiroptères est plus accrue car l’activité des invertébrés est encore importante ce qui permet aux chiroptères (adultes et jeunes) de chasser. Concernant le mois d’août, l’activité provient principalement de Noctule commune (*Nyctalus noctula*). Les contacts étant assez proches temporellement, il est possible qu’il s’agisse d’un individu curieux qui s’est rapproché de l’éolienne.

La faible quantité de contacts apporte l’information que l’environnement proche du parc éolien est peu fréquenté par les chiroptères et que cet espace est rarement utilisé ou exploité pour leurs usages habituels.

Les appareils utilisés (BatMode S+) sont équipés d’un dispositif permettant de vérifier quotidiennement la qualité du micro, les périodes d’enregistrement et les éventuels problèmes ou dysfonctionnements relevés. Ainsi et malgré la faible quantité de données recueillies, aucun dysfonctionnement n’a été relevé durant les périodes d’enregistrements.

Bioévaluation patrimoniale et légale

Durant les périodes d’enregistrement, du 11 mai au 30 novembre 2022 et du 23 février au 11 mai 2023, trois espèces et deux groupes d’espèces ont été identifiés : la Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus* représentant 61% des contacts totaux, la Noctule de Leisler *Nyctalus leisleri* (~1% des contacts), la Noctule commune *Nyctalus noctula* (~22% des contacts), le groupe des Sérotules comprenant les Noctules et les Sérotines non identifiables sur sonogramme (~14% des contacts) et le groupe des Oreillards (~1%).

Rappelons qu’en vertu de la loi n°76-629 du 10 juillet 1976 relative à la Protection de la Nature et de son décret d’application en date du 25 novembre 1977, toutes les chauves-souris françaises sont intégralement protégées sur l’ensemble du territoire national depuis l’Arrêté Ministériel du 23 avril 2007 : il vise à interdire totalement leur « destruction, mutilation, capture ou enlèvement », leur taxidermie et, qu’elles soient vivantes ou mortes, leur « transport, colportage, utilisation, mise en vente, vente ou achat ».

De plus, l’arrêté du 23 avril 2007 intègre aussi la protection de leurs habitats : « Sont interdits sur le territoire national et en tout temps la destruction, l’altération ou la dégradation du milieu particulier de ces mammifères non domestiques susnommée [...] »

Le tableau ci-dessous reprend les différents statuts des espèces contactées, ainsi que leur sensibilité à l’éolien :

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Nombre de contacts totaux enregistrés	Proportions des contacts totaux	Liste rouge régionale (UICN, 2012)	Liste rouge nationale (SFPEM, 2017)	Directive « Habitats, Faune, Flore »	Nombre de cas de mortalité sous les éoliennes du parc éolien de Canton de Bonneval	Nombre de cas de mortalité liés aux éoliennes en France T.DÜRR-maj du 09 août 2023	Nombre de cas de mortalité liés aux éoliennes en Europe T.DÜRR-maj du 09 août 2023	Nombre de cas de mortalité retrouvés par Auddicé (données non publiées, novembre 2023)	Note de risque à l’éolien (2015)	Sensibilité à l’éolien (France)	Sensibilité à l’éolien (Eurobats)
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	51	61%	LC	NT	Annexe IV	0	1931	3401	176	3	Fort	Elevée
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	1	1%	NT	NT	Annexe IV	0	243	813	27	3	Fort	Elevée
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	18	22%	NT	VU	Annexe IV	2 (éoliennes : ND4 et V2)	269	1765	38	3,5	Fort	Elevée
Sérotule indéterminé	<i>Nyctaloïd</i>	12	14%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oreillard indéterminé	<i>Plecotus sp.</i>	1	1%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 6. Statut des espèces de chauves-souris contactées

Sur les 25 espèces de chiroptères connues dans la région Centre Val de Loire, 3 ont été identifiées spécifiquement sur les enregistrements. A celles-ci s’ajoutent deux complexes d’espèces difficilement identifiables par l’acoustique sans critère discriminant : les « Sérotules » (Sérotines et/ou Noctules) et le groupe des Oreillards.

En considérant que le contact d’Oreillard indéterminé correspond à une espèce distincte, le nombre d’espèce minimum dans l’échantillonnage s’élève à 4.

Que ce soit l’Oreillard roux ou l’Oreillard gris, aucune de ces deux espèces ne dispose d’un statut de patrimonialité en France ou en région.

Les trois espèces identifiées sont quasi-menacées (NT) à l’échelle nationale et/ou régionale. La Noctule commune *Nyctalus noctula* est vulnérable (VU) à l’échelle nationale et elle est la seule espèce de chiroptère retrouvée impactée par les éoliennes du parc éolien de Canton de Bonneval.

4.2 Activité en fonction des paramètres physiques

Les données météorologiques utilisées ci-après proviennent des capteurs placés dans la nacelle ND2, où a été placé les enregistreurs passifs à chiroptères. Elles ont été fournies par la société EDF Renouvelables.

Bien que la quantité de contacts de chiroptères enregistrés sur l'éolienne ND2 est très faible, des graphiques ont tout de même été réalisés. Dans la lecture de ceux-ci, il est rappelé de prendre en considération que les contacts de chiroptères obtenus ne suivent pas une répartition temporelle homogène : bien souvent, plusieurs contacts ont été enregistrés en quelques secondes/minutes entraînant ainsi de forts biais dans les graphiques présentés ci-après en fonction des paramètres météorologiques (pas ou peu de modification entre chaque contact).

4.2.1 Vitesse du vent

D'après les données obtenues, la vitesse de vent maximale à laquelle un chiroptère a été contacté est 10,6m/s. A cette vitesse, deux contacts de Pipistrelles communes ont été enregistrés.

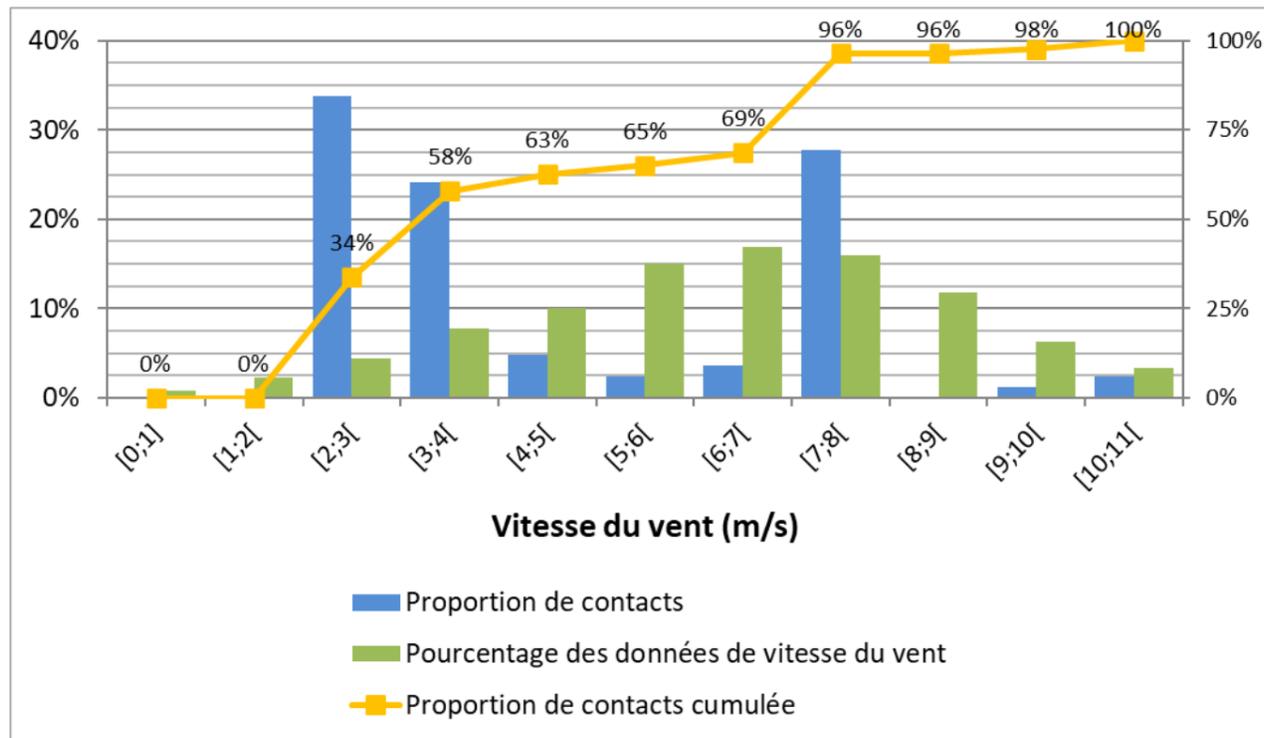


Figure 13. Activité chiroptérologique en fonction de la vitesse du vent

Le graphique ci-dessus permet de noter que l'activité des chiroptères est enregistrée pour des vitesses de vent faibles. Environ 96% des contacts ont été obtenus pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 7,1m/s et plus de la moitié des contacts proviennent de vitesses de vent inférieures ou égales à 3,1m/s.

4.2.2 Température

D'après les données de température obtenue, tous les enregistrements de chiroptères ont été enregistrés lorsque les températures étaient supérieures ou égales à 12°C.

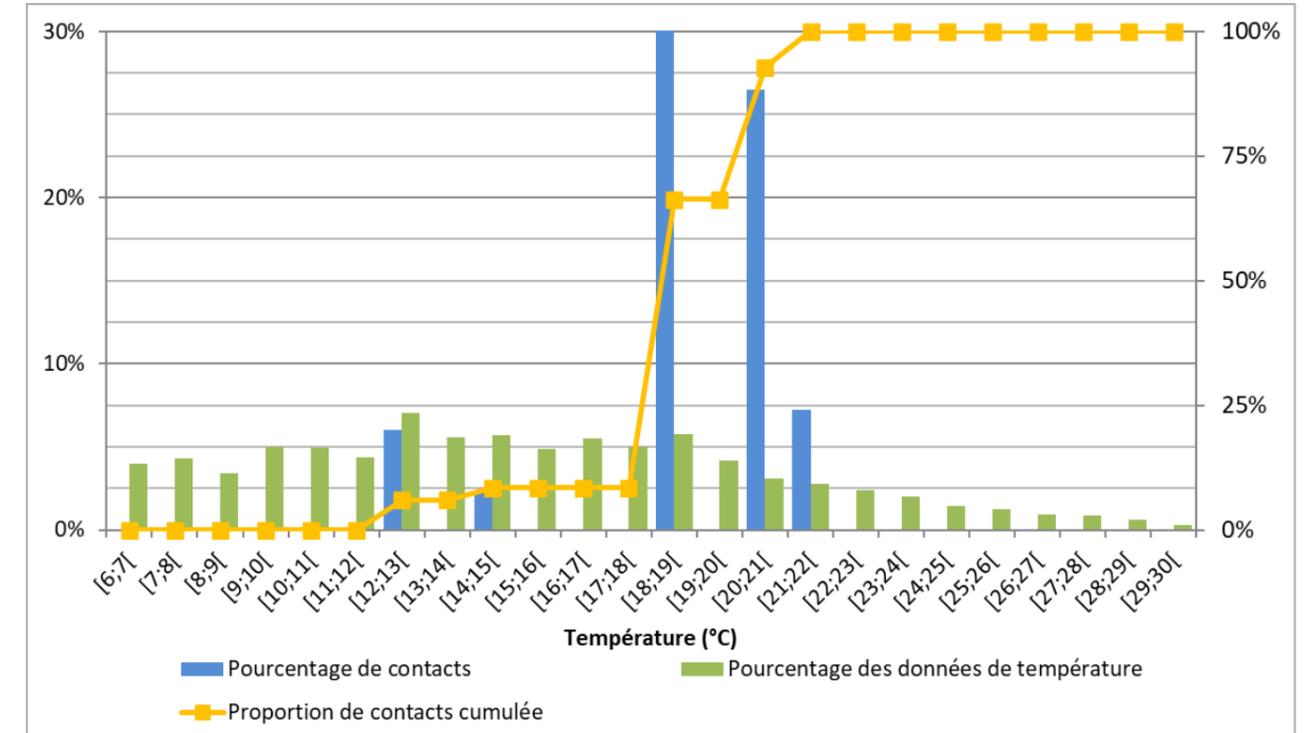


Figure 14. Activité chiroptérologique en fonction de la température

Le graphique ci-dessus met en évidence que tous les chiroptères contactés volaient à des températures comprises entre 12 et 21°C.

4.2.3 Activité nocturne

La durée des nuits étant différente selon les périodes, l'activité nocturne a été calculée en prenant en compte le pourcentage de la durée de nuit.

Sur les 7 nuits ayant permis d'enregistrer des contacts, la durée moyenne des nuits est d'environ 8 heures et 30 minutes.

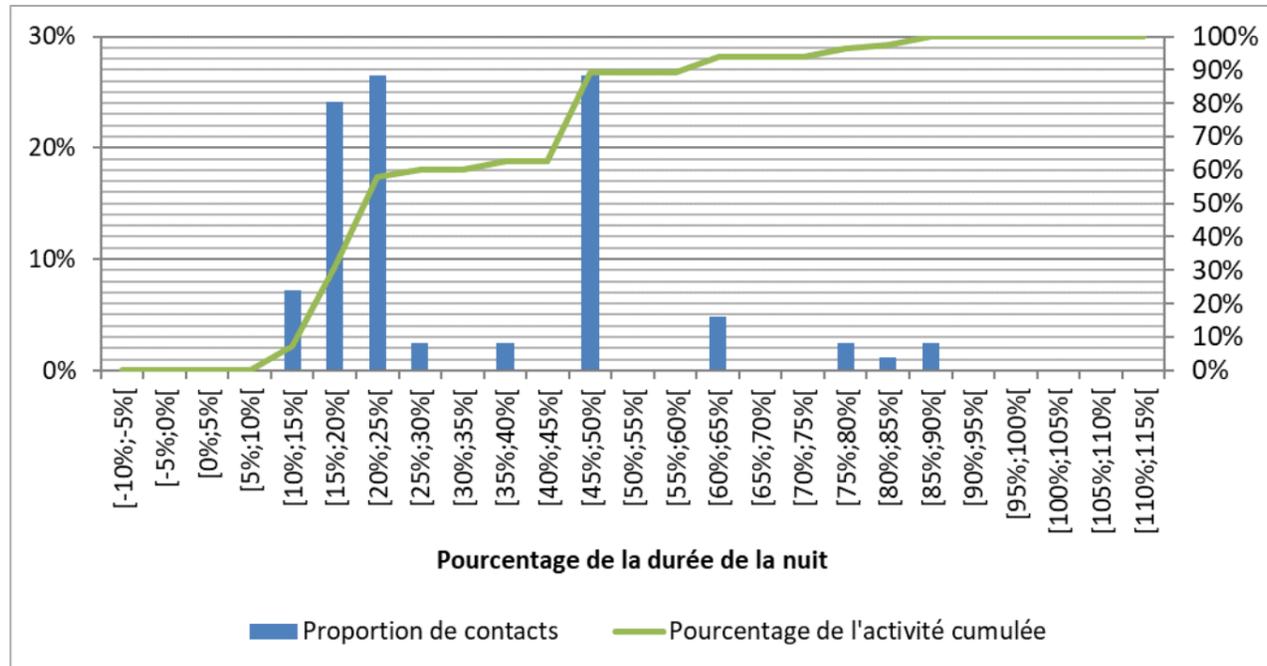


Figure 15. Activité nyctémérale à hauteur de nacelle

La grande majorité des contacts ont été enregistrés durant la première moitié de la nuit (89% des contacts). Plus de la moitié (58% des contacts) proviennent du premier quart de la nuit.

Toutefois, aucun contact n'a été enregistré durant les premières minutes de la nuit. Les contacts les plus précoces apparaissent après les 10 premiers pourcents de la nuit. Dans le cadre de cette étude, cela représente environ 50 minutes après les coucher de soleil.

4.3 Conclusion de l'étude chiroptérologique

L'étude a été réalisée dans la nacelle de l'éolienne ND2, située à 80m de haut. Les données ont été recueillies entre le 11 mai 2022 et le 30 novembre 2022 et entre le 23 février 2023 et le 11 mai 2023.

L'étude a permis de mettre en évidence une très faible activité chiroptérologique à proximité de l'éolienne ND2. En effet, seulement 7 nuits ont permis de détecter une activité chiroptérologique. Ces nuits s'étalent au cours des mois d'avril, juillet, août et septembre.

Ces études ont permis de déterminer 3 espèces : la Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus*, la Noctule de Leisler *Nyctalus leisleri* et la Noctule commune *Nyctalus noctula*. Le complexe des sérotules (Sérotines et Noctules indéterminées) et celui des Oreillards ont également été enregistrés durant ces études.

La Noctule commune est la seule espèce vulnérable (VU) à l'échelle nationale. Les trois espèces identifiées sont considérées sensibles à l'éolien.

L'espèce majoritairement contacté est la Pipistrelle commune (61% des contacts). Cette espèce a été contactée en avril et en juillet. Ces mois peuvent correspondre à des émergences d'insectes (avril) et à des vols avec les jeunes individus de l'année (juillet).

Les autres contacts concernent presque tous des espèces dites migratrices : les contacts de ces espèces s'étendent sur les mois d'août et de septembre, semblant correspondre à la période de migration de ces espèces. Toutefois, nous rappelons que le nombre de contacts étant très faible, le parc éolien de Canton de Bonneval n'est pas traversé par un couloir migratoire et constitue une zone de faible intérêt pour les chiroptères.

La majorité des contacts ont été enregistrés pour des vitesses de vent faibles (58% des contacts enregistrés pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 3,1m/s) et des températures ni trop fraîches, ni trop chaudes (entre 12 et 21°C). La température minimale pour laquelle un contact de chiroptères a été enregistré est de 12°C.

Sur 280 nuits enregistrées, seulement 83 contacts ont été enregistrés avec une majorité de Pipistrelles commune (61 % des contacts, soit 51 contacts bruts). Les Noctules (communes et de Leisler) ont également été identifiées sur les enregistrements (respectivement 18 et 1 contact).

Compte tenu des résultats de mortalité sur les chiroptères (deux individus) et des résultats de l'étude à hauteur sur l'éolienne ND2, nous ne recommandons pas de mise en place de paramètres d'arrêt nocturne des éoliennes (« bridage »).

Par ailleurs compte tenu du faible nombre de données récoltées, l'analyse de l'influence des paramètres météorologiques manque de robustesse.



CHAPITRE 5. ÉTUDE DE LA MORTALITÉ

5.1 Première période – du 29 mars au 15 août 2022

5.1.1 Résultats bruts

5.1.1.1 Dates d'observations

Les inventaires ont été réalisés sur les huit éoliennes aux dates indiquées dans le tableau ci-dessous. Chaque éolienne possède sa propre dénomination : V1, V2, V3, V4, ND1, ND2, ND3 et ND4. La périodicité entre chaque passage est de 5,2 jours.

Date	Température minimum	Température maximum	Force du vent*	Direction du vent
29/03/2022	8°C	16°C	2	Sud
05/04/2022	7°C	15°C	3	Ouest
12/04/2022	9°C	19°C	3	Nord
20/04/2022	7°C	18°C	2	Nord
26/04/2022	4°C	15°C	0	/
03/05/2022	7°C	18°C	3	Nord-est
10/05/2022	9°C	25°C	2	Nord-ouest
16/05/2022	13°C	23°C	2	Ouest
24/05/2022	6°C	18°C	4	Nord-ouest
01/06/2022	9°C	22°C	1	Sud-est
07/06/2022	14°C	22°C	4	Nord-ouest
13/06/2022	9°C	22°C	/	/
20/06/2022	12°C	23°C	2	Sud-est
27/06/2022	9°C	23°C	/	/
06/07/2022	13°C	27°C	2	Sud-est
12/07/2022	18°C	33°C	2	Est
19/07/2022	19°C	38°C	2	Sud-ouest
26/07/2022	12°C	25°C	2	Nord-ouest
03/08/2022	18°C	36°C	/	/
09/08/2022	17°C	31°C	3	Sud-est

* La force du vent est exprimée en Beaufort sur une échelle de 0 à 12

Tableau 7. Dates et conditions météorologiques des suivis de mortalité

5.1.1.2 Les tests d'efficacité (coefficient correcteur Z)

Plus Z est proche de 1 plus l'observateur montre de bonnes capacités à détecter les cadavres.

Le test d'efficacité a été réalisé le 13/06/2022. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après.

Éolienne	Nb carcasses		Z
	Déposée(s)	Retrouvée(s)	
V1	2	1	0,5
V2	3	2	0,7
V3	4	2	0,5
V4	4	2	0,5
ND1	3	2	0,7
ND2	1	0	0
ND3	1	1	1
ND4	2	2	1
Parc	20	12	0,6

Tableau 8. Résultats du test d'efficacité du 14/06/2022

Pour la première période, le coefficient Z est de 0,6.

5.1.1.3 Les tests de persistance (coefficient correcteur P)

Le coefficient correcteur correspond au taux de cadavres toujours présents à J+7. Plus il est proche de 1 plus la probabilité de détecter les cadavres dans cet intervalle de temps est grande.

Le test de prédation a été réalisé le 13/06/2022. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après.

Éolienne	Carcasses déposées (J0)	Carcasses restantes (Test 1)			Durée moyenne de persistance des cadavres
		J+1	J+4	J+7	
V1	3	3	3	3	14
V2	2	2	1	1	7
V3	2	2	0	0	1
V4	3	3	0	0	1
ND1	2	2	0	0	1
ND2	3	3	3	3	14
ND3	2	2	2	2	14
ND4	3	3	3	3	14
Parc	20	20	12	12	4,6

Tableau 9. Résultats du test de prédation du 13/06/2022

Le taux de persistance pour la première période est de **P=0,6 à J+7** (P=0,6 à J+4 et P=1 à J+1) ce qui signifie que seul 60 % des cadavres persiste sur une durée de sept jours (approximativement l'intervalle entre deux passages).

La durée moyenne de persistance des cadavres est de 4,6 jours.

5.1.1.4 Coefficient correcteur de surface (a)

Le tableau suivant présente, par éolienne, les classes de distances des carrés concentriques ainsi que la portion de surface prospectée et le nombre de cadavres trouvés pour chacun d'eux. Enfin, le **coefficient correcteur de surface (a)** est renseigné.

Première période									
Éolienne	Classes de distances des carrés concentriques								Coefficient a
	0 < D ≤ 12,5 m		12,5 m < D ≤ 25 m		25 m < D ≤ 37,5 m		37,5 m < D ≤ 50 m		
	Surface prospectée en %	Nbre de carcasses	Surface prospectée en %	Nbre de carcasses	Surface prospectée en %	Nbre de carcasses	Surface prospectée en %	Nbre de carcasses	
V1	100	0	55.05	0	54.5	0	42.85	0	1.9
V2	100	1	74.8	0	68.75	0	67.45	1	1.4
V3	82.5	1	42.75	0	37.8	0	36.1	1	2.5
V4	100	0	37.15	0	25.75	1	14.95	0	3.6
ND1	100	2	38.55	1	29.75	0	25.65	0	2.9
ND2	100	0	51	0	43.5	3	37	1	2.2
ND3	100	0	47.85	0	40.2	0	33.7	0	2.4
ND4	100	2	57.45	0	39.75	1	31.9	1	2.3
Parc	97.8	6	50.6	1	42.5	5	36.2	4	2.4

Tableau 10. Coefficients correcteurs de surface pour la première période

Le coefficient correcteur de surface est égal à 2,4 pour l'ensemble des éoliennes suivies pour la première période. Au cours de cette période environ 57 % de la surface totale a été prospectée.

5.1.1.5 Cadavres découverts

Cadavre	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Classe animale	Éolienne concernée	Date de découverte	Distance du mât (m)
BONO1	Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Oiseau	ND4	05/04/2022	41
BONO2	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Oiseau	V2	12/04/2022	73
BONO3	Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	Oiseau	ND2	12/04/2022	33
BONO4	Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Oiseau	ND4	12/04/2022	1
BONO5	Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	Oiseau	ND2	20/04/2022	32
BONO6	Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Oiseau	ND1	20/04/2022	1
BONO7	Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Oiseau	V2	26/04/2022	12
BONO8	Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Oiseau	V4	26/04/2022	33
BONO9	Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Oiseau	V3	16/05/2022	3

Cadavre	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Classe animale	Éolienne concernée	Date de découverte	Distance du mât (m)
BONO10	Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Oiseau	ND2	16/05/2022	32
BONO11	Étourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	Oiseau	ND1	24/05/2022	9
BONO12	Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Oiseau	ND4	24/05/2022	1
BONO13	Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Oiseau	V3	01/06/2022	123
BONO14	Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Oiseau	ND4	06/07/2022	29
BONO15	Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>	Oiseau	ND1	03/08/2022	24
BONO16	Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Oiseau	ND2	03/08/2022	73

Tableau 11. Récapitulatif des cadavres découverts lors de la première période – Fin mars à mi-août 2022



Photo 1. Photographies de différents cadavres retrouvés lors de la 1^{ère} période du suivi
De gauche à droite : Bruant proyer *Emberiza calandra*, Faucon crécerelle *Falco tinnunculus*, Perdrix grise *Perdix perdix* et Buse variable *Buteo buteo*

Il est important de préciser que les cultures dans les parcelles à proximité des éoliennes ont limités les prospections. Le début des moissons a été observé la première semaine de juillet qui a, par la suite permis de meilleure efficacité des recherches.

Le coefficient correcteur de surface permet de corriger cet effet mais nécessite la découverte d'au minimum un cadavre pour pouvoir être utilisé avec pertinence. Ainsi, il ne s'applique pas aux éoliennes V1 et ND3.

5.1.1.6 Analyse qualitative

L'ensemble des huit éoliennes du parc a été suivi pour la mortalité.

Le suivi de mortalité (réalisé entre le 29/03/22 et le 15/08/2022) met en avant **un total de seize cadavres.**

Éoliennes	Espèces	Total cadavre
V1	Aucun individu découvert	0
V2	Faucon crécerelle (1), Alouette des champs (1)	2
V3	Bruant proyer (2)	2
V4	Faisan de Colchide (1)	1
ND1	Faisan de Colchide (1), Étourneau sansonnet (1), Perdrix grise (1)	3
ND2	Fauvette à tête noire (1), Bergeronnette grise (1), Alouette des champs (1), Faisan de Colchide (1)	4
ND3	Aucun individu découvert	0

Éoliennes	Espèces	Total cadavre
ND4	Alouette des champs (1), Bruant proyer (2), Buse variable (1)	4

Tableau 12. Répartition des cadavres par éolienne

Sur l'ensemble des cadavres trouvés, trois appartiennent à des espèces très régulièrement observées sous les parcs éoliens français : le Faucon crécerelle *Falco tinnunculus*, la Buse variable *Buteo buteo* et l'Alouette des champs *Alauda arvensis*.

Espèces concernées	Statut patrimonial		Cas de collision recensés par Auddicé (données non publiées)	Cas de collision recensés en France (Dürr, 2022)	Cas de collision recensés en Europe (Dürr, 2022)	Sensibilité à l'éolien au niveau national*
	Liste rouge régionale	Liste rouge nationale				
Alouette des champs <i>Alauda arvensis</i>	NT	NT	25	97	395	0
Bergeronnette grise <i>Motacilla alba</i>	LC	LC	4	5	46	0
Bruant proyer <i>Emberiza calandra</i>	NT	NT	16	20	331	0
Buse variable <i>Buteo buteo</i>	LC	LC	25	115	957	2
Étourneau sansonnet <i>Sturnus vulgaris</i>	LC	LC	12	53	222	0
Faisan de Colchide <i>Phasianus colchicus</i>	LC	NE	19	18	124	0
Faucon crécerelle <i>Falco tinnunculus</i>	NT	LC	49	160	673	3
Fauvette à tête noire <i>Sylvia atricapilla</i>	LC	LC	2	6	202	0
Perdrix grise <i>Perdix perdix</i>	LC	NT	54	46	83	1

Tableau 13. Patrimonialité et sensibilité à l'éolien des espèces retrouvées lors du suivi mortalité

* Annexes 5 du « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » - novembre 2015

Légende :

Listes rouges -> LC : Préoccupation mineure ; NT : Quasi-menacé ; NE : Non évalué.

Sur les neuf espèces d'oiseaux identifiées, quatre peuvent être définies comme « patrimoniales » avec un indice de menace régionale ou nationale d'au moins « quasi-menacé ».

5.1.1.7 Analyse quantitative : estimation de la mortalité

■ Résultats des différents indices

La figure ci-dessous présente la mortalité estimée sur le parc de Canton de Bonneval au cours de la première période.

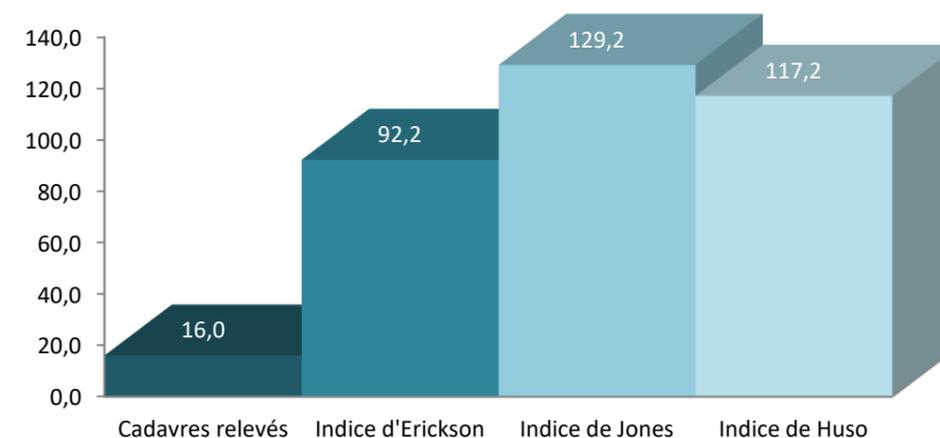


Figure 16. Mortalité estimée en première période

Selon les différents indices, le nombre estimé d'oiseaux tués par le parc éolien de Canton de Bonneval sur la première période considérée (de fin mars à mi-août), totalisant 20 sorties, est compris entre 92 et 130 individus soit entre 11 et 17 individus estimés morts par éolienne.

Durant cette période, la mortalité observée n'a concerné que des oiseaux, ce qui limite l'utilisation de ces outils statistiques pour les estimations de mortalité des chiroptères.

5.1.2 Discussion

Lors de cette première période, sous les huit éoliennes du Parc éolien de Canton de Bonneval, 16 individus ont été retrouvés durant les prospections hebdomadaires, ce qui correspond à une mortalité importante. De plus, les indices statistiques d'Erickson, de Jones et d'Huso estiment entre 11 et 17 cas de mortalité par éolienne sur les huit éoliennes du parc soit entre 93 et 130 individus pour l'ensemble du parc éolien et cela entre le 29 mars et le 15 août 2022. Ces indices cherchent à corriger les différents biais présents lors de l'étude (prospection restreinte aux plateformes, durée de persistance des cadavres sur les plateformes, compétence de l'observateur, ...) grâce à plusieurs calculs mais ne donnent que des valeurs indicatives.

Les éoliennes ND1, ND2 et ND4 sont celles sous lesquelles le plus d'individus a été retrouvé. Toutefois, exceptée l'éolienne V4, toutes les éoliennes du Parc éolien de Canton de Bonneval sont situées au sein de grandes plaines agricoles et aucun élément arboré n'est présent à leur proximité.

5.2 Deuxième période – du 16 août au 03 novembre 2022

5.2.1 Résultats bruts

5.2.1.1 Dates d'observations

Les inventaires ont été réalisés sur les huit éoliennes aux dates indiquées dans le tableau ci-dessous. **La périodicité entre chaque passage est de 3,4 jours.**

Date	Température minimum	Température maximum	Force du vent*	Direction du vent
16/08/2022	17°C	22°C	2	Nord
18/08/2022	20°C	25°C	2	Nord-ouest
22/08/2022	16°C	23°C	2	Nord-est
25/08/2022	22°C	29°C	3	Sud-est
29/08/2022	19°C	29°C	4	Sud-ouest
01/09/2022	17°C	26°C	2	Sud-ouest
06/09/2022	14°C	28°C	2	Nord-ouest
09/09/2022	15°C	20°C	6	Ouest
13/09/2022	18°C	29°C	1	Sud
15/09/2022	16°C	22°C	2	Nord-est
20/09/2022	7°C	18°C	1	Est
22/09/2022	8°C	20°C	1	Nord-est
26/09/2022	8°C	14°C	4	Ouest
29/09/2022	9°C	17°C	1	Ouest
03/10/2022	6°C	19°C	2	Est
06/10/2022	4°C	19°C	2	Ouest
10/10/2022	9°C	20°C	2	Sud-ouest
13/10/2022	12°C	16°C	1	Nord-ouest
17/10/2022	14°C	18°C	4	Sud
20/10/2022	15°C	22°C	3	Ouest
24/10/2022	14°C	18°C	6	Sud-ouest
27/10/2022	15°C	24°C	4	Sud
31/10/2022	13°C	20°C	2	Sud-est
03/11/2022	7°C	15°C	4	Sud

* La force du vent est exprimée en Beaufort sur une échelle de 0 à 12

Tableau 14. Dates des suivis de mortalité au cours de la deuxième période

5.2.1.2 Les tests d'efficacité (coefficient correcteur Z)

Plus Z est proche de 1 plus l'observateur montre de bonnes capacités à détecter les cadavres.

Le test d'efficacité a été réalisé le 06/10/2022. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après.

Éolienne	Nb carcasses		Z
	Déposée(s)	Retrouvée(s)	
V1	3	1	0.3
V2	4	1	0.3
V3	3	1	0.3
V4	3	2	0.7
ND1	1	1	1
ND2	3	1	0.3
ND3	1	0	0
ND4	2	1	0.5
Parc	20	8	0.4

Tableau 15. Résultats du test d'efficacité du 06/10/2022

Pour la seconde période, le coefficient Z est de **0,4**. La date du test d'efficacité coïncide avec le début des récoltes de maïs en grain. Ainsi, il est possible que cela est contribué à la disparition de quelques carcasses.

5.2.1.3 Les tests de persistance (coefficient correcteur P)

Le coefficient de persistance correspond au taux de cadavres toujours présents à J+7. Plus il est proche de 1 plus la probabilité de détecter les cadavres dans cet intervalle de temps est grande.

Le test de persistance a été réalisé le 26/09/22. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après.

Éolienne	Carcasses déposées (J0)	Carcasses restantes (Test 2)			Durée moyenne de persistance des cadavres
		J+1	J+4	J+7	
V1	3	3	2	1	6.3
V2	3	2	2	2	9.3
V3	3	3	3	3	14
V4	3	3	2	2	9.3
ND1	3	3	2	1	6.3
ND2	3	3	3	3	14
ND3	3	2	2	2	9.3
ND4	3	3	3	2	10.7
Parc	24	18	17	5	5.3

Tableau 16. Résultats du test de prédation du 26/09/22

Le coefficient de persistance pour la deuxième période est de **P=0,8** à J+4 (P=0.9 à J+1) ce qui signifie qu'environ 80 % des cadavres persistent sur une durée de quatre jours (approximativement l'intervalle entre deux passages). La durée moyenne de persistance des cadavres est de 5,3 jours.

5.2.1.4 Coefficient correcteur de surface (a)

Le tableau suivant présente, par éolienne, les classes de distances des carrés concentriques ainsi que la portion de surface prospectée et le nombre de cadavres trouvés pour chacun d'eux. Enfin, le **coefficient correcteur de surface (a)** est renseigné.

Deuxième période									
Éolienne	Classes de distances des carrés concentriques								Coefficient A
	0 < D ≤ 12,5 m		12,5 m < D ≤ 25 m		25 m < D ≤ 37,5 m		37,5 m < D ≤ 50 m		
	Surface prospectée en %	Nbre de carcasses	Surface prospectée en %	Nbre de carcasses	Surface prospectée en %	Nbre de carcasses	Surface prospectée en %	Nbre de carcasses	
V1	100	0	80.8	0	79.6	0	46.7	0	1.3
V2	100	1	15	0	10	0	7	0	6.6
V3	100	0	100	0	100	1	100	0	1
V4	100	0	100	0	80	0	80	1	1.2
ND1	100	0	100	0	100	0	95	0	1
ND2	100	2	100	0	100	1	100	0	1
ND3	100	1	70	0	62.5	0	60	0	1.5
ND4	100	0	100	0	100	0	100	1	1
Parc	100	4	83.2	0	79	2	77.3	2	1.8

Tableau 17. Coefficients correcteurs de surface pour la deuxième période

Le coefficient correcteur de surface est égal à 1,8 pour l'ensemble des éoliennes suivies pour la seconde période. Au cours de cette période environ 80.3 % de la surface totale a été prospectée.

5.2.1.5 Cadavres découverts

■ Deuxième période – du 15 août au 03 novembre 2022

Cadavre	Date de découverte	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Classe animale	Eolienne concernée	Distance du mât (m)
BONC1	25/08/2022	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Chiroptère	ND4	67
BONO17	29/08/2022	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Oiseau	ND2	12
BONO18	09/09/2022	Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>	Oiseau	ND3	3
BONO19	13/09/2022	Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	Oiseau	V4	65
BONC2	26/09/2022	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Chiroptère	V2	7
BONO20	26/09/2022	Merle noir	<i>Turdus merula</i>	Oiseau	ND2	34
BONO21	03/10/2022	Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Oiseau	ND2	2
BONO22	03/11/2022	Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	Oiseau	V3	36

Tableau 18. Récapitulatif des cadavres découverts lors de la deuxième période



Photo 2. Photographies de différents cadavres retrouvés lors de la 2^{ème} période du suivi

De gauche à droite : Noctule commune *Nyctalus noctula*, Faucon crécerelle *Falco tinnunculus* et Roitelet à triple bandeau *Regulus ignicapilla*.

Au total, sur cette seconde période allant du 15 août au 03 novembre 2022, huit cas de mortalité ont été découverts : deux chiroptères et six oiseaux.

La deuxième période de prospection correspond au pic d'activité des chiroptères. C'est d'une part la période d'émancipation des jeunes nés au cours de l'été qui apprennent à chasser et découvrent leur territoire et d'autre part la période de swarming où les populations locales se rencontrent pour s'accoupler. A cela s'ajoute également le moment de la migration postnuptiale pour les oiseaux et chiroptères migrateurs.

1.1.1.2 Analyse qualitative

L'ensemble des huit éoliennes du parc ont été suivies pour la mortalité.

Le suivi de mortalité (réalisé entre le 15/08/22 et le 03/11/22) a permis de constater **un total de huit cadavres sur cette deuxième période** :

Espèces concernées	Statut patrimonial		Cas de collision recensés par Auddicé (données non publiées)	Cas de collision recensés en France (Dürr, 2022)	Cas de collision recensés en Europe (Dürr, 2022)	Sensibilité à l'éolien au niveau national*
	Liste rouge régionale	Liste rouge nationale				
Faisan de Colchide <i>Phasianus colchicus</i>	LC	NE	19	18	124	0
Faucon crécerelle <i>Falco tinnunculus</i>	NT	LC	49	160	673	3
Merle noir <i>Turdus merula</i>	LC	LC	10	13	90	0
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	NT	VU	29	147	1616	3
Perdrix grise <i>Perdix perdix</i>	LC	NT	54	46	83	1
Roitelet à triple bandeau <i>Regulus ignicapilla</i>	LC	LC	49	196	302	0

Tableau 19. Patrimonialité et sensibilité à l'éolien des espèces retrouvées lors du suivi mortalité

* Annexes 4 & 5 du « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres »

Légende :

Listes rouges -> **LC** : Préoccupation mineure ; **NT** : Quasi-menacé ; **VU** : Vulnérable ; **EN** : En Danger ; **CR** : En Danger Critique d'Extinction ;

Parmi les espèces impactées lors de la seconde période de suivi (de mi-août à début novembre), 3 sont des espèces « patrimoniales » ayant un indice de menace régionale ou national d'au moins « quasi-menacé ».

5.2.1.6 Analyse quantitative : estimation de la mortalité

■ Résultats des différents indices

La figure ci-dessous présente la mortalité estimée sur le parc de Canton de Bonneval au cours de la deuxième période.

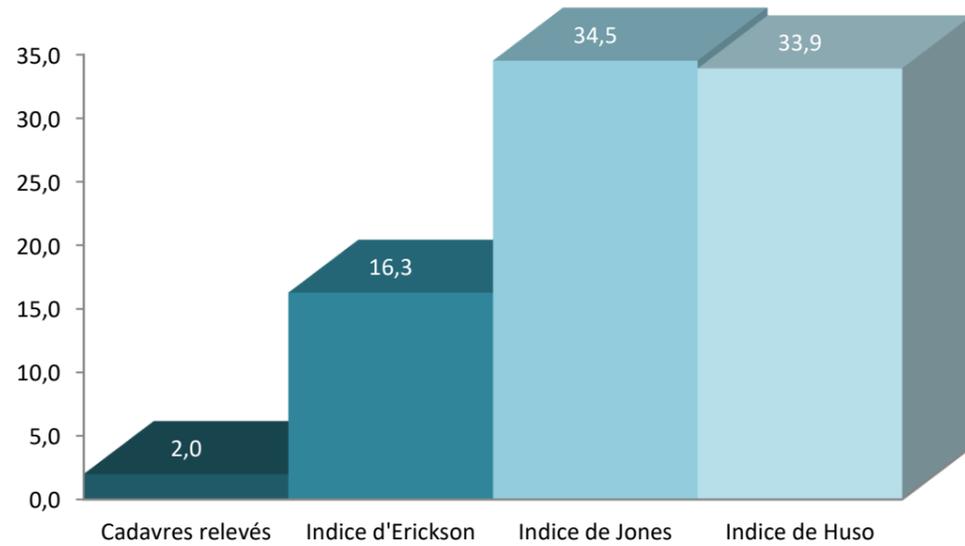


Figure 17. Mortalité estimée en seconde période

Selon les différents indices, le nombre estimé d’animaux tués par le parc éolien de Canton de Bonneval sur la période considérée (du 15 août 2022 au 3 novembre 2022, représentant 24 sorties) varie de **16 à 35 individus, toutes espèces confondues**, soit entre deux et cinq individus impactés par éolienne.

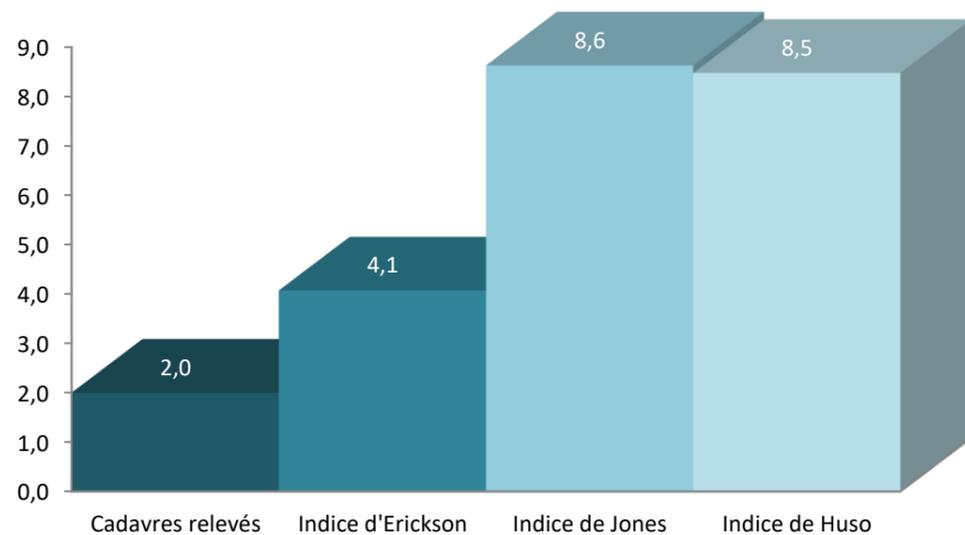


Figure 18. Mortalité des chiroptères estimée en seconde période

En considérant uniquement la mortalité des chiroptères, on obtient **des estimations entre 4 et 9 cas de mortalité** soit approximativement un individu impacté par éolienne.

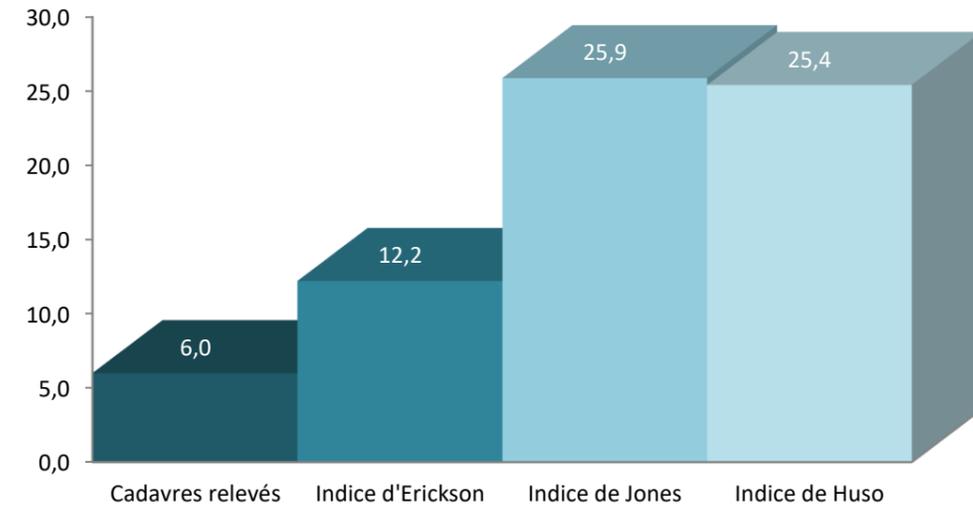


Figure 19. Mortalité aviaire estimée en seconde période

Lors de la seconde période de suivi, allant de mi-août à début novembre, la mortalité de l’avifaune est estimée entre **12 et 26 cas de mortalité aviaire** sur le parc, soit entre un et quatre individus estimé impacté par éolienne.

5.3 Estimation de la mortalité sur les deux périodes suivies

Les figures ci-après présentent les cas de mortalité avérés ainsi que les indices d'Erickson, de Jones et d'Huso pour l'ensemble de la période étudiée.

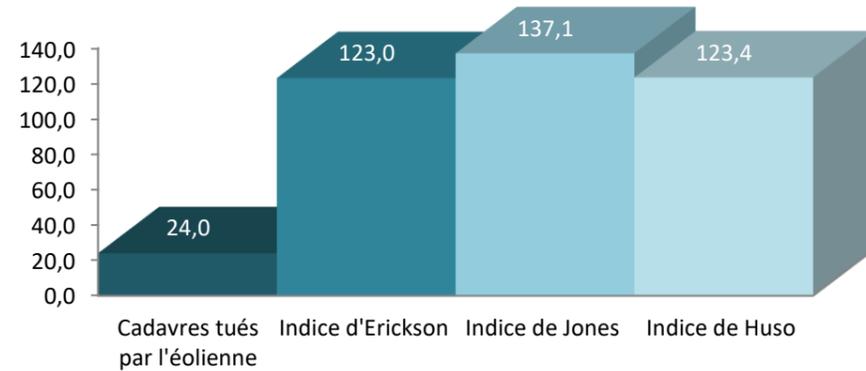


Figure 20. Mortalité estimée sur l'ensemble du suivi (du 29 mars au 03 novembre 2022)

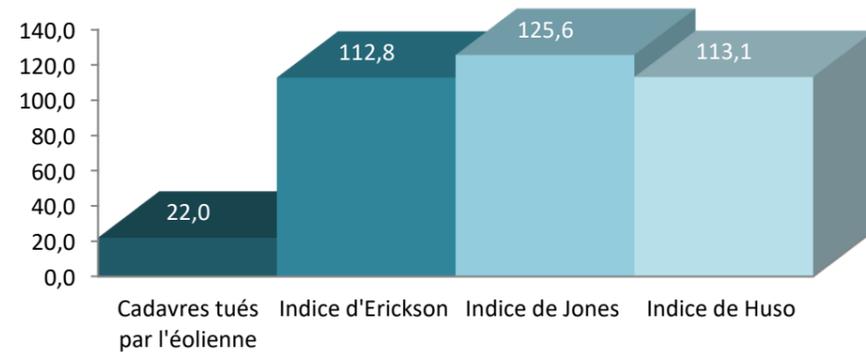


Figure 21. Mortalité aviaire estimée sur l'ensemble du suivi (du 29 mars au 03 novembre 2022)

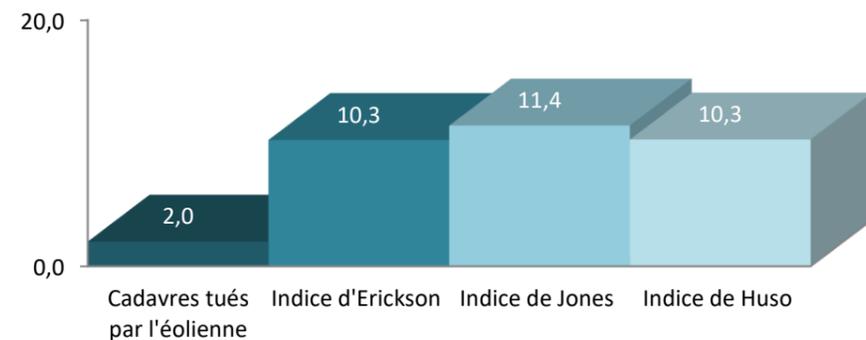


Figure 22. Mortalité des chiroptères estimée sur l'ensemble du suivi (du 29 mars au 03 novembre 2022)

Les différents indices confirment la mortalité importante sur le parc de Canton de Bonneval notamment pour l'avifaune. Sur ce parc, la mortalité totale estimée varie entre 123 et 137 individus, soit entre 112 et 126 oiseaux et entre 10 et 12 chiroptères, au cours des mois suivis (du 29/03/2022 au 04/11/2022).

Analyse critique des indices utilisés dans les calculs

Dans une étude comparant différents modèles d'estimation, Korner-Nievergelt et al. (2011) montrent que le modèle d'Erickson sous-estime le nombre de cadavres potentiels quand la durée de persistance est faible (trois jours) alors qu'il fait des estimations correctes quand la durée de persistance est importante (30 jours). Dans le cas de la présente étude, la persistance moyenne est d'environ 5 jours. La formule d'Erickson semble donc sous-estimer le nombre de cadavres potentiels.

Les auteurs indiquent également que le modèle d'Huso est assez robuste pour des cas où la durée de persistance des cadavres est élevée et la fréquence de prospection supérieure à 14 jours. En revanche, pour des cas où la persistance est plus faible et la fréquence de prospection allant d'un à sept jours, ce qui est le cas dans la présente étude, le modèle d'Huso tend à surestimer le nombre de cadavres. En outre, la formule d'Huso est particulièrement robuste lorsque l'efficacité de détection diminue au fur et à mesure des recherches (Huso, 2010).

Plusieurs études (Roux et al., 2013, Cornut & Vincent, 2010) conseillent d'utiliser les méthodes de Jones (2009) et d'Huso (2010) qui sont plus robustes dans la plupart des cas et donnent généralement des résultats assez proches. Les méthodes de Jones et d'Huso intègrent la durée moyenne de persistance des cadavres dans une fonction exponentielle inverse, ce qui permet de considérer les cadavres tombant durant l'intervalle. Toutefois, Jones estime que le taux de persistance peut être approché par la probabilité de trouver un cadavre tombé à la moitié de l'intervalle, tandis qu'Huso utilise la probabilité de trouver un cadavre tombé à n'importe quel moment sur l'intervalle. Cette différence donne un taux de persistance plus faible pour Jones, ce qui conduit par conséquent à des estimations de mortalité plus élevées.

Korner-Nievergelt et al. (2011) montrent enfin que quel que soit le modèle utilisé, il existe une forte corrélation entre la précision des estimations et le nombre de cadavres retrouvés. Si le nombre de cadavres détectés est faible, la précision des modèles s'avère incertaine. Au cours de la période du suivi, vingt-quatre cadavres ont été trouvés, la précision des modèles permet une bonne précision de ces estimations sur l'ensemble du suivi. À noter toutefois que la répartition des découvertes au fil de la saison n'étant pas homogène, la précision est faible pour la seconde période de suivi où seulement huit individus ont été découverts : six oiseaux et deux chiroptères.

Faire le détail de chaque période serait peu pertinent au vu des marges d'erreur provoquées par des surfaces prospectables variables et par un nombre réduit de mortalité en seconde période rendant les modèles peu précis. Ainsi nous mettrons en valeur uniquement la mortalité estimée par les indices d'Erickson, Jones et Huso sur l'ensemble de la période étudiée (du 29/03/22 au 03/11/22).

Au vu des résultats du présent suivi, et si l'on conserve les résultats des indices de Jones et d'Huso, considérés comme étant les plus robustes, les huit éoliennes du parc de Canton de Bonneval serait à l'origine de la mortalité de 16 à 18 individus (chauve-souris et oiseaux confondus) par éolienne entre le 29 mars et le 03 novembre 2022.

5.4 Conclusion de l'étude de la mortalité

Entre le 29 mars et le 03 novembre 2022, vingt-quatre cadavres ont été trouvés sur l'ensemble du suivi de la mortalité, ce qui correspond à une moyenne de trois cadavres retrouvés par éolienne entre le 29 mars et le 03 novembre 2022. Sur la base des modèles mathématiques d'Huso, Erickson et Jones, permettant de corriger les biais du protocole (prédation des cadavres par les charognards, efficacité du prospecteur, surface non prospectable en fonction de la végétation, etc.), le parc de Canton de Bonneval provoquerait, durant la période suivie, **une mortalité estimée entre 14 et 16 oiseaux par éolienne ainsi qu'entre 1 et 2 chiroptères par éolienne**. Soit un total entre 123 à 137 individus impactés par le parc de Canton de Bonneval.

La mortalité constatée de l'avifaune et des chiroptères correspond aux données de la littérature : Rydell *et al.* (2012) estime à 2,3 oiseaux et à 2,9 chiroptères par éolienne et par an sur la base des parc européens et américains. Zimmerling *et al.* (2013) estime quant à lui une mortalité de 8,2 oiseaux par éolienne et par an sur la base de l'étude de plusieurs parcs éoliens aux USA. Marx (2017), après l'étude de huit parcs français, a comptabilisé une moyenne de sept cadavres par éolienne et par an. En revanche, la mortalité estimée de l'avifaune est très supérieure à ces données, d'autant que les données de la littérature sont calculées sur la base d'année complète. **La mortalité moyenne du parc de Canton de Bonneval est équivalente aux estimations de ces publications mais reste supérieure pour la mortalité estimée de l'avifaune.**

Concernant l'avifaune, la mortalité concerne deux peuplements : des oiseaux en cours de migration (Roitelet à triple bandeau *Regulus ignicapilla* par exemple) et des oiseaux locaux nicheurs sur ou à proximité du parc et donc fréquemment en alimentation ou en repos sur les plateformes et les parcelles attenantes (Bergeronnette grise *Motacilla alba*, Faucon crécerelle *Falco tinnunculus*, ...).

Les deux chiroptères retrouvés sous les éoliennes du parc de Canton de Bonneval ont été retrouvés durant les mois d'août et de septembre. Ces mois correspondent à la période de swarming et de transit automnal des chiroptères. Il est donc probable que les espèces soient impactées durant leur migration qui traverserait l'aire étudiée.

En conclusion et d'après les résultats du suivi de la mortalité réalisé du 29 mars 2022 au 3 novembre 2022 et les estimations des modèles mathématiques de Jones et d'Huso, **on peut déduire que la mortalité de l'avifaune est significative mais ne met pas en péril les populations locales sur le parc de Canton de Bonneval. L'impact de ce parc sur les chiroptères est non significatif. Il est possible que les plateformes non entretenues favorisent la présence de proies (insectes et micromammifères) pour certains oiseaux impactés par les éoliennes du parc, comme le Faucon crécerelle *Falco tinnunculus* et le Bruant proyer *Emberiza calandra* par exemple.**

Afin de limiter les impacts, nous recommandons d'entretenir plus régulièrement les plateformes des éoliennes (deux fois par an, en février et en août). Ainsi, les micromammifères, insectes et autres proies ne bénéficieront plus d'abris. Cette mesure pourrait être favorable notamment au Faucon crécerelle *Falco tinnunculus* et au Bruant proyer *Emberiza calandra*.

Annexe 3 - : Récapitulatif de la mortalité constatée du Parc éolien du Canton de Bonneval en 2022 p.48

CHAPITRE 6. ANALYSE DES RESULTATS

6.1 Répartition de la mortalité en fonction de chaque éolienne et des habitats présents

Par ailleurs, les espèces retrouvées lors de suivis sont majoritairement des oiseaux s'alimentant, nichant ou fréquentant régulièrement autour des plateformes éoliennes, qui, par ailleurs se végétalisent et peuvent fournir des habitats favorables aux insectes et aux micromammifères.

■ Première période de suivi

Au cours de la première période, la mortalité a été modeste au regard des effectifs cumulés des deux périodes. La mortalité détectée concerne des oiseaux (seize oiseaux trouvés) et très probablement des nicheurs locaux.

Les habitats présents à proximité des éoliennes, comme expliqué au § 1.2.1, sont majoritairement des grandes cultures céréalières qui ne présentent qu'un attrait limité pour la faune volante (oiseaux et chauves-souris). La mortalité concernant l'avifaune est toutefois significative mais concerne majoritairement des espèces présentes régulièrement sur site, pour s'alimenter ou se reposer. Les espèces impactées sont des rapaces diurnes (2 individus), des espèces remises dans leur habitat naturel à but cynégétique (4 individus). Lors de la première période de suivi, aucun chiroptère n'a été retrouvé sous les éoliennes du parc.

Durant cette période de suivi, les cadavres d'oiseaux ont été découverts sous les éoliennes du parc.

En conclusion, la mortalité concerne essentiellement des espèces nicheuses sur ou à proximité directe des éoliennes. Seule la Noctule commune *Nyctalus noctula* est une espèce classée vulnérable (VU) à l'échelle nationale. La mortalité de ces espèces ne semble toutefois pas mettre en péril les populations locales.

■ Deuxième période de suivi

Lors de la seconde période de suivi, six oiseaux supplémentaires et deux chiroptères ont été retrouvés sous les éoliennes du parc.

Là encore, la plupart des oiseaux retrouvés appartiennent à des espèces s'alimentant ou se reposant fréquemment à proximité des plateformes des éoliennes. Toutefois, deux impacts sur des Roitelets à triple bandeau *Regulus ignicapilla*, espèce migratrice ont été relevés lors de cette deuxième période de suivi.

Il est probable que les deux chiroptères retrouvés impactés soient des individus traversant le parc durant leur migration automnale.

La répartition des cadavres au pied de chaque éolienne ne montre aucune tendance spécifique (orientation par rapport au mat, présence que sur plateforme ou culture, distance du mat, surface prospectée, ...). La répartition des cadavres sous chaque éolienne est donc considérée comme aléatoire.

Il est possible de conclure que le parc éolien de Canton de Bonneval est situé sur une zone migratoire diffuse, au moins en ce qui concerne le Roitelet à triple bandeau *Regulus ignicapilla*.

Le même raisonnement peut nous amener à considérer que le parc est également placé en travers d'un lieu de transit diffus voire très diffus des chiroptères.

En conclusion, le parc est situé dans une zone de transit diffus pour le Roitelet à triple bandeau *Regulus ignicapilla* et pour les chiroptères. Il est probable que cette zone concerne plus d'espèces mais celles-ci n'ont pas été impactées par les éoliennes du parc de Canton de Bonneval.

6.2 Mortalité avérée en relation avec l'activité des chiroptères détectée en nacelle

Les deux chiroptères retrouvés impactés par les éoliennes du parc de Canton de Bonneval ont été découverts le 25 août 2022 et le 26 septembre 2022, sous les éoliennes ND4 et V2. L'éolienne sur laquelle a été installée l'enregistreur est l'éolienne ND2.

L'extrapolation des résultats de la mortalité aux résultats liés à l'activité à hauteur de nacelle est donc très incertaine.

Sur l'éolienne ND2, des contacts de sérotules indéterminés ont été enregistrés les 23 août et 11 septembre. Dans le premier cas, la date pourrait correspondre à la Noctule commune retrouvée le 25 août. Nous rappelons toutefois qu'environ 1 800 mètres séparent les éoliennes ND2 (enregistreur en hauteur) et ND4 (découverte du cadavre le 25 août). Ainsi, bien que les dates correspondent, il est compliqué d'affirmer que les contacts enregistrés en hauteur correspondent avec certitude à l'individu impacté.

Concernant le second cas, la date de contact et la date de découverte des individus sont espacées de 15 jours. Cependant, l'individu découvert présenté un état de décomposition avancée. Il existe donc une possibilité que les individus soient les mêmes, d'autant que le taux de prédation calculé sur le parc est assez faible.



CONCLUSION

Étude chiroptérologique

L'étude a été réalisée dans la nacelle de l'éolienne ND2, située à 80m de haut. Les données ont été recueillies entre le 11 mai 2022 et le 30 novembre 2022 et entre le 23 février 2023 et le 11 mai 2023.

L'étude a permis de mettre en évidence une très faible activité chiroptérologique à proximité de l'éolienne ND2. En effet, seulement 7 nuits ont permis de détecter une activité chiroptérologique. Ces nuits s'étalent au cours des mois d'avril, juillet, août et septembre. Au total, seulement 83 contacts ont été contactés depuis la nacelle de l'éolienne ND2.

Étude de la mortalité

Du 29 mars au 3 novembre 2022, 44 passages ont été réalisés sur les huit éoliennes du parc à raison d'un par semaine entre le 29 mars et le 15 août et de deux passages par semaine entre le 16 août et le 03 novembre. Au total, 24 cadavres ont été trouvés sous les éoliennes dont 22 oiseaux et deux chiroptères. Les modèles de correction d'Erickson, de Jones et d'Huso permettent de gommer les biais de l'étude (efficacité du prospecteur, prédation des cadavres). Ces modèles permettent d'estimer la mortalité totale du parc de Canton de Bonneval à 10/12 chiroptères et à 14/15 oiseaux soit 123/137 individus impactés sur la période suivie. Cela équivaut à 1/2 chiroptères et 14/16 oiseaux impactés par chacune des huit éoliennes en un an.

Du 29 mars au 15 août, la durée de persistance des cadavres est évaluée à 4,6 jours. Les cultures au cours de cette période peuvent être bien développées donc la surface prospectable ne représente que 57 % de la surface totale. Du 16 août au 3 novembre la persistance des cadavres est évaluée à 5,3 jours et la surface prospectée représente 80,3 % de la surface totale.

Sur le parc éolien de Canton de Bonneval, la mortalité avérée et estimée des chiroptères est équivalente aux données apparaissant dans la littérature. Pour ce taxon, aucune mesure complémentaire ne sera à mettre en place. En revanche, la mortalité aviaire observée sur site est relativement importante et légèrement supérieure aux données de la littérature. Toutefois, la mortalité concerne des espèces communes dans l'aire d'études et qui semblent être très présente autour de ce parc éolien. Bien que la conservation des espèces locales ne soit pas remise en question, il conviendra de mettre en place des mesures de réduction.

Le nombre de chiroptères impactés est cohérent avec le nombre de contacts obtenus durant l'étude chiroptérologique réalisée depuis la nacelle de l'éolienne ND2.

Bilan du suivi de 2022 et recommandations

Nous recommandons d'entretenir régulièrement les plateformes des éoliennes, deux fois par an : en février et en août, afin de ne pas avoir d'effet négatif sur les espèces nichant au sol.

La mortalité concernant les chiroptères est similaire aux données apparaissant dans la littérature et est considérée comme accidentelle au vu de la faible activité chiroptérologique enregistrée sur le parc. Les impacts découverts sur site correspondent aux périodes de migration automnale de ces espèces. **Un point de vigilance sur cette période de l'année sera donc à maintenir lors des prochains suivis environnementaux.**

Nous ne recommandons pas la mise en place d'un dispositif d'arrêts nocturnes des éoliennes (bridage).

ANNEXES

Annexe 1 - Référentiel d'activité ODENA

L'étude acoustiques des chiroptères est actuellement le moyen le plus accessible pour observer les chauves-souris en activité. Cette discipline attire de plus en plus de curieux qui, parfois, finissent par devenir d'essentiels acteurs de la conservation de ce groupe de mammifère. L'ouverture à un plus grand nombre est d'autant plus importante que les dangers se diversifient (lumière artificielle, grands axes routiers, éoliennes, épandages de phytosanitaires ...) et que l'analyse acoustique de l'activité nocturne garde une part d'ombre conséquente. La difficulté dans l'étude acoustique vient d'une part, de limites techniques (matériel plus ou moins coûteux, sensible, autonome) et d'autre part de limites d'interprétation des sons enregistrés. À Auddicé, nous nous sommes intéressés à l'interprétation quantitative de l'activité. Ces travaux font suite à ceux initiés, en France, avec ACTICHIRO ou le référentiel VIGIE-CHIRO du Muséum, ainsi que d'autres travaux, notamment en Angleterre.

ODENA s'inscrit dans une lignée d'outils numériques d'aide à la décision comme « BIOIndicateurs II » (développé par l'ADEME pour qualifier la contamination du sol) ou Ecobat© (un référentiel national d'activité des chauves-souris anglais). ODENA permet de calculer un référentiel pour des nuits complètes d'enregistrement à partir d'une base de données.

En effet, l'interaction entre la base de données et l'utilisateur s'effectue dans une interface simplifiée. Cela permet d'ouvrir son utilisation à un public ne maîtrisant pas la manipulation de base de données tout en assurant la sécurité de la base de données.

Le calcul s'effectue selon des critères sélectionnés par l'utilisateur et concernent le matériel d'enregistrement, la période, le type d'habitat, la zone biogéographique et la hauteur du micro. Les critères sont tous facultatifs. Ainsi, associer les critères permet d'affiner le référentiel mais réduit le nombre de données pour sa conception. Il est donc possible de calculer un référentiel d'activité pour un micro à moins de dix mètres du sol dans toutes les zones biogéographiques, ou de calculer un référentiel pour un micro à 80 mètres du sol en plaine agricole en zone biogéographique continentale en période de transit automnal.

Les niveaux d'activité sont définis en cinq catégories dont les limites sont des centiles des données répondant aux critères. Cette méthode de calcul de référentiel a été démontré la plus adaptée pour des données issues d'enregistrements automatiques. Le choix de la typologie des niveaux d'activité, des centiles seuils et du seuil d'acceptabilité du référentiel reprend celui d'Ecobat©. Les valeurs seuils sont calculés en nombre de contacts par heure pour chaque espèce et groupe d'espèces et pour 5 niveaux d'activité :

- Faible à moins du 20^{ème} centile ;
- Faible à modérée entre le 20^{ème} et le 40^{ème} centile ;
- Modérée entre le 40^{ème} et le 60^{ème} centile ;
- Modérée à forte entre le 60^{ème} et le 80^{ème} centile ;
- Forte à plus du 80^{ème} centile.

Cette typologie des niveaux d'activité est apparue comme la plus adéquate car elle permet de minimiser l'effet de rupture entre les niveaux d'activité. En effet, pour les cas où certaines valeurs sont à la limite des seuils de niveaux, il nous est apparu nécessaire de conserver une certaine " continuité " dans les catégories. Le nombre de données ayant servi au calcul des références est affiché pour chaque espèce et groupe d'espèces. Les niveaux d'activité sont estimés robustes si au moins 200 données ont été utilisées dans le calcul.

En 2017, 52 sites dans 33 départements ont fait l'objet d'inventaires acoustiques qui ont alimenté ODENA©. Il peut s'agir d'inventaires au sol comme en altitude, sur de longues périodes ou quelques nuits ou encore en plaine agricole de grandes cultures ou en forêt alluviale. Cela représente 4 592 nuits. Le nombre de données est encore insuffisant pour un certain nombre de taxa dans certaines conditions.

L'intérêt de ce système pour le calcul de référentiels d'activité est que l'utilisateur peut extraire les référentiels dont il a besoin tout en ayant un regard sur la robustesse du référentiel. De plus, la mise à jour des référentiels est automatique avec la saisie de nouvelles données dans la base. Il est important de préciser qu'il s'agit d'un outil d'aide à la décision. L'utilisateur garde donc la responsabilité de la définition du niveau d'activité. ODENA© fournit des éléments de comparaison pour qualifier l'activité mesurée mais, dans tous les cas, ne peut prétendre à supplanter l'avis d'un chiroptérologue expérimenté. Il peut être également intéressant de croiser les référentiels issus d'ODENA© avec les autres référentiels nationaux comme ACTICHIRO ou issu de VIGIE-CHIRO pour confirmer ou infirmer le niveau d'activité.

L'intérêt de ce système pour le calcul de référentiels d'activité est dans son ergonomie et sa faculté d'adaptation aux différentes situations. L'utilisateur peut extraire les référentiels dont il a besoin tout en ayant un regard sur la robustesse du référentiel, élément indispensable pour l'interprétation d'un outil d'aide à la décision. De plus, la mise à jour des référentiels est automatique avec la saisie de nouvelles données dans la base. Il est important de rappeler que, s'agissant d'un outil d'aide à la décision, l'utilisateur garde donc la responsabilité de la définition du niveau d'activité. ODENA© fournit des éléments de comparaison pour qualifier l'activité mesurée de manière standardisée mais, dans tous les cas, ne peut prétendre supplanter l'avis d'un chiroptérologue expérimenté. Il peut être également pertinent de croiser les références issues d'ODENA© avec les autres référentiels nationaux pour confirmer ou infirmer le niveau d'activité.

L'évolution du matériel et des connaissances sur l'acoustique, la biologie et l'état des populations de chiroptères amène à des études plus complètes, notamment dans le cas d'évaluations environnementales. Il est important que les données ainsi recueillies continuent à alimenter ce cercle vertueux vers une meilleure quantification de l'activité dans divers contextes.

Annexe 2 - Fiches utilisées lors de la réalisation du suivi de mortalité



Bureau d'Etudes et de Conseil en Environnement
Département biodiversité

SUIVI DE MORTALITE
SURFACE PROSPECTABLE

➤ DOSSIER TRAITÉ

<u>Nom du parc éolien :</u>	<u>Chef de Projet :</u>	<u>Observateur (s) :</u>
-----------------------------	-------------------------	--------------------------

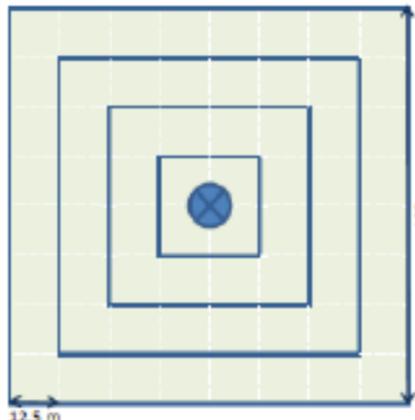
➤ CONDITIONS DE LA SORTIE

<u>Date :</u>	<u>Température :</u>	<u>Nébulosité :</u>
<u>Heure de début/fin :</u>		
<u>Visibilité :</u>	<u>Précipitations :</u>	<u>Force et direction du vent :</u>

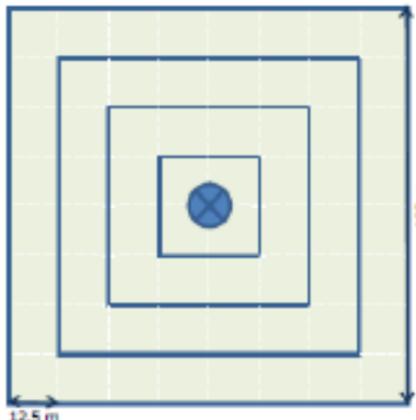
➤ SURFACE PROSPECTABLE

(Représenter les zones non prospectées en grisé et les changements de végétation)

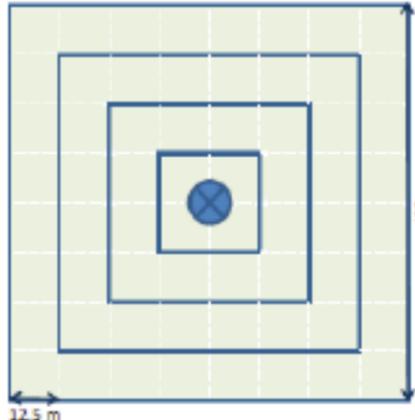
Eolienne :



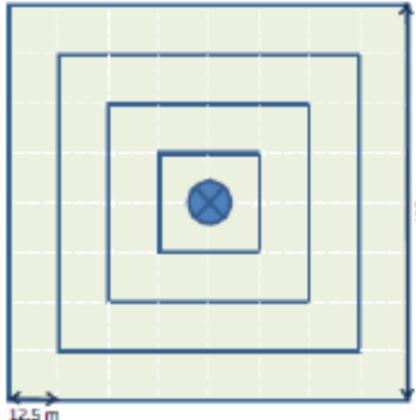
Eolienne :



Eolienne :



Eolienne :





Bureau d'Etudes et de Conseil en Environnement
Département biodiversité

SUIVI DE MORTALITE
CARTOGRAPHIE DES HABITATS

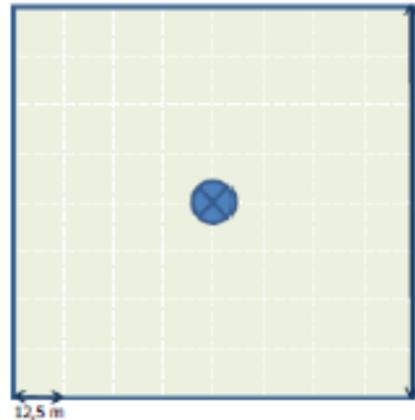
➤ DOSSIER TRAITÉ

<u>Nom du parc éolien :</u>	<u>Chef de Projet :</u>	<u>Observateur (s) :</u>	<u>Date :</u>
-----------------------------	-------------------------	--------------------------	---------------

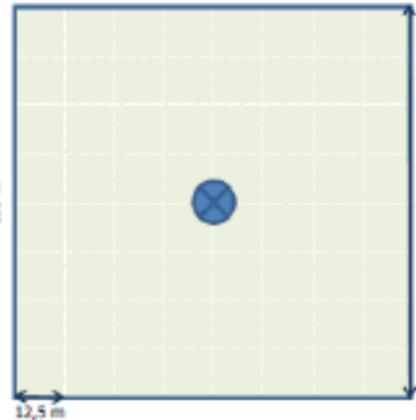
➤ VEGETATIONS

(Représenter les différents types de végétations présentes pour chaque éolienne)

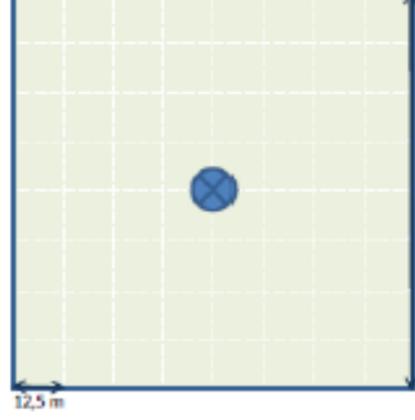
Eolienne :



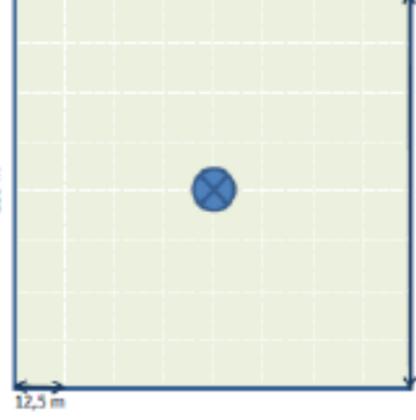
Eolienne :



Eolienne :



Eolienne :





Bureau d'Etudes et de Conseil en Environnement
Département biodiversité

SUIVI DE MORTALITE
FICHE MORTALITE

Fiche n°...

➤ DOSSIER TRAITÉ

<u>Nom du parc éolien :</u>	<u>Chef de Projet :</u>	<u>Observateur (s) :</u>
<u>Eolienne concernée :</u>	<u>Date et heure :</u> <u>Dernière date de visibilité du cadavre :</u>	<u>Remarque :</u>

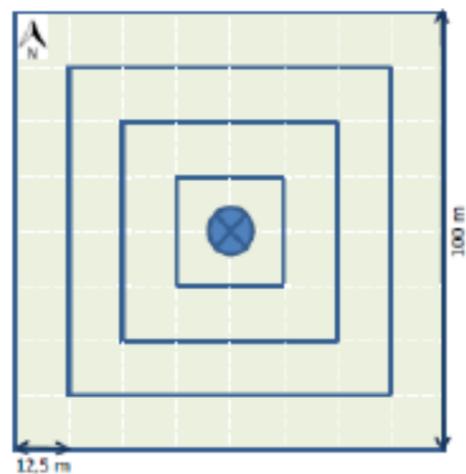
➤ MORTALITE

Localisation de la découverte (sur le site et distance à l'éolienne) :

<u>Espèce supposée ou catégorie :</u>	<u>Age :</u> <input type="checkbox"/> Adulte <input type="checkbox"/> Immature <input type="checkbox"/> Juvenile	<u>Sexe :</u> <input type="checkbox"/> Mâle <input type="checkbox"/> Femelle <input type="checkbox"/> Immature
<u>Etat de l'oiseau ou de la chauve-souris :</u> <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Mort		
<u>Etat du cadavre :</u> <input type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec		
<u>Cause présumée de la mort :</u>		

➤ CROQUIS DE L'EOLIENNE

(Pointer la position du cadavre)



Coordonnées GPS :

Annexe 3 - Récapitulatif de la mortalité constatée du Parc éolien du Canton de Bonneval en 2022

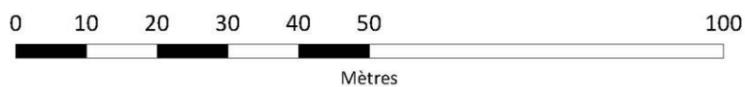
Date	Éolienne	Code	Classe/Ordre	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Coordonnées WSG84 du cadavre	Distance par rapport au mat (m)	Position du cadavre
05/04/2022	ND4	BONO1	Oiseaux	Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	N48.21537°/E001.55451°	41	Quart nord
12/04/2022	V2	BONO2	Oiseaux	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	N48.22627° / E001.52394°	73	Quart sud
12/04/2022	ND2	BONO3	Oiseaux	Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	N48.22248° / E001.53313°	33	Quart nord
12/04/2022	ND4	BONO4	Oiseaux	Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	N48.21500° / E001.55482°	1	Quart est
20/04/2022	ND2	BONO5	Oiseaux	Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	N 48.22238° / E 001.53343°	32	Quart est
20/04/2022	ND1	BONO6	Oiseaux	Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	N 48.22458° / E 001.52851°	1	Quart sud
26/04/2022	V2	BONO7	Oiseaux	Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	N 48.22702° / E 001.52423°	12	Quart nord
26/04/2022	V4	BONO8	Oiseaux	Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	N 48.21875 / E 0001.54259°	33	Quart sud
16/05/2022	V3	BONO9	Oiseaux	Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	N 48.22098° / E 001.51763°	3	Quart nord
16/05/2022	ND2	BONO10	Oiseaux	Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	N 48.22257° / E001.53312°	32	Quart nord
24/05/2022	ND1	BONO11	Oiseaux	Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	N 48.22453° / E 001.52484°	9	Quart sud
24/05/2022	ND4	BONO12	Oiseaux	Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	N 48.21499° / E 001.55480°	1	Quart sud
01/06/2022	V3	BONO13	Oiseaux	Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	N 48.22031° / E001.53894°	123	Quart sud
06/07/2022	ND4	BONO14	Oiseaux	Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	N 48.21512° / E001.55439°	29	Quart ouest
03/08/2022	ND1	BONO15	Oiseaux	Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>	N 48.22449° / E 001.52875°	24	Quart est
03/08/2022	ND2	BONO16	Oiseaux	Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	N 48.22218° / E 001.53214°	73	Quart ouest
25/08/2022	ND4	BONC1	Chiroptères	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	N 48.214440° / E 001.554790°	67	Quart sud
29/08/2022	ND2	BONO17	Oiseaux	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	N 48.22226° / E 001.53310°	12	Quart est
09/09/2022	ND3	BONO18	Oiseaux	Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>	N 48.21698° / E 001.5497°	3	Quart nord
13/09/2022	V4	BONO19	Oiseaux	Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	N 48.21890° / E 001.54181°	65	Quart ouest
26/09/2022	ND2	BONO20	Oiseaux	Merle noir	<i>Turdus merula</i>	N 48.22248° / E 001.53319°	34	Quart nord
26/09/2022	V2	BONC2	Chiroptères	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	N 48.22697 / E 001.52415	7	Quart nord
03/10/2022	ND2	BONO21	Oiseaux	Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	N 48.22217° / E 001.53303°	2	Quart sud
03/11/2022	V3	BONO22	Oiseaux	Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	N 49.66021° / E 001.16375°	36	Quart nord

Parc éolien du Canton de Bonneval (28)

Suivi environnemental de mortalité
de l'avifaune et des chiroptères

Localisation des cadavres
- Eolienne ND4 -

-  Eolienne
-  Maille de 100 m de côté
- Type de cadavre
 -  Chiroptère
 -  Oiseau

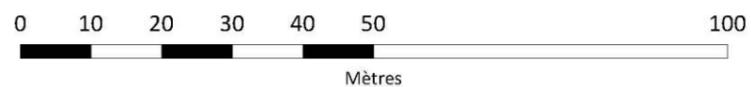


Parc éolien du Canton de Bonneval (28)

Suivi environnemental de mortalité
de l'avifaune et des chiroptères

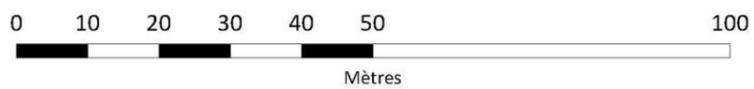
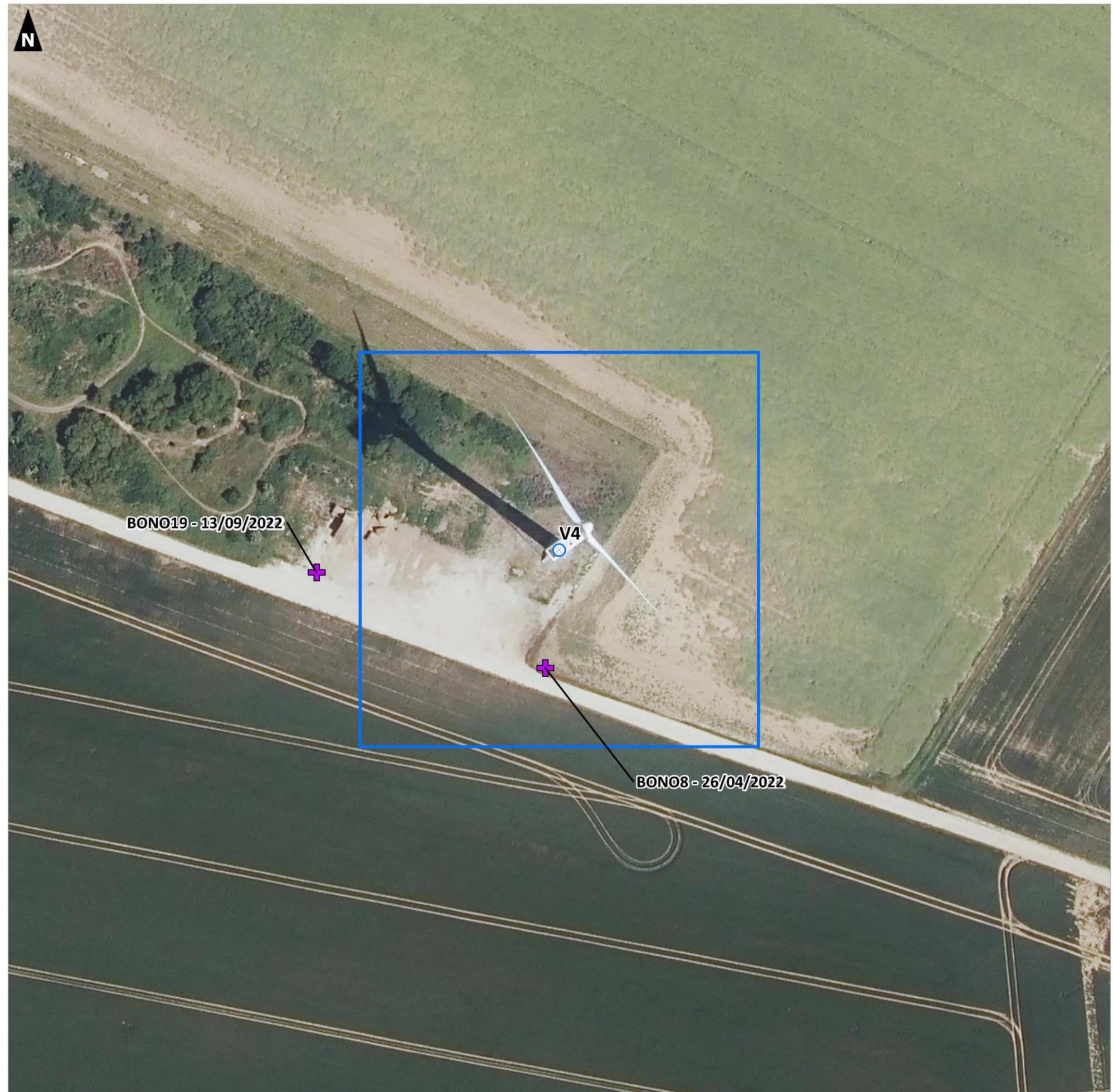
Localisation des cadavres
- Eolienne ND3 -

-  Eolienne
-  Maille de 100 m de côté
- Type de cadavre
 -  Chiroptère
 -  Oiseau



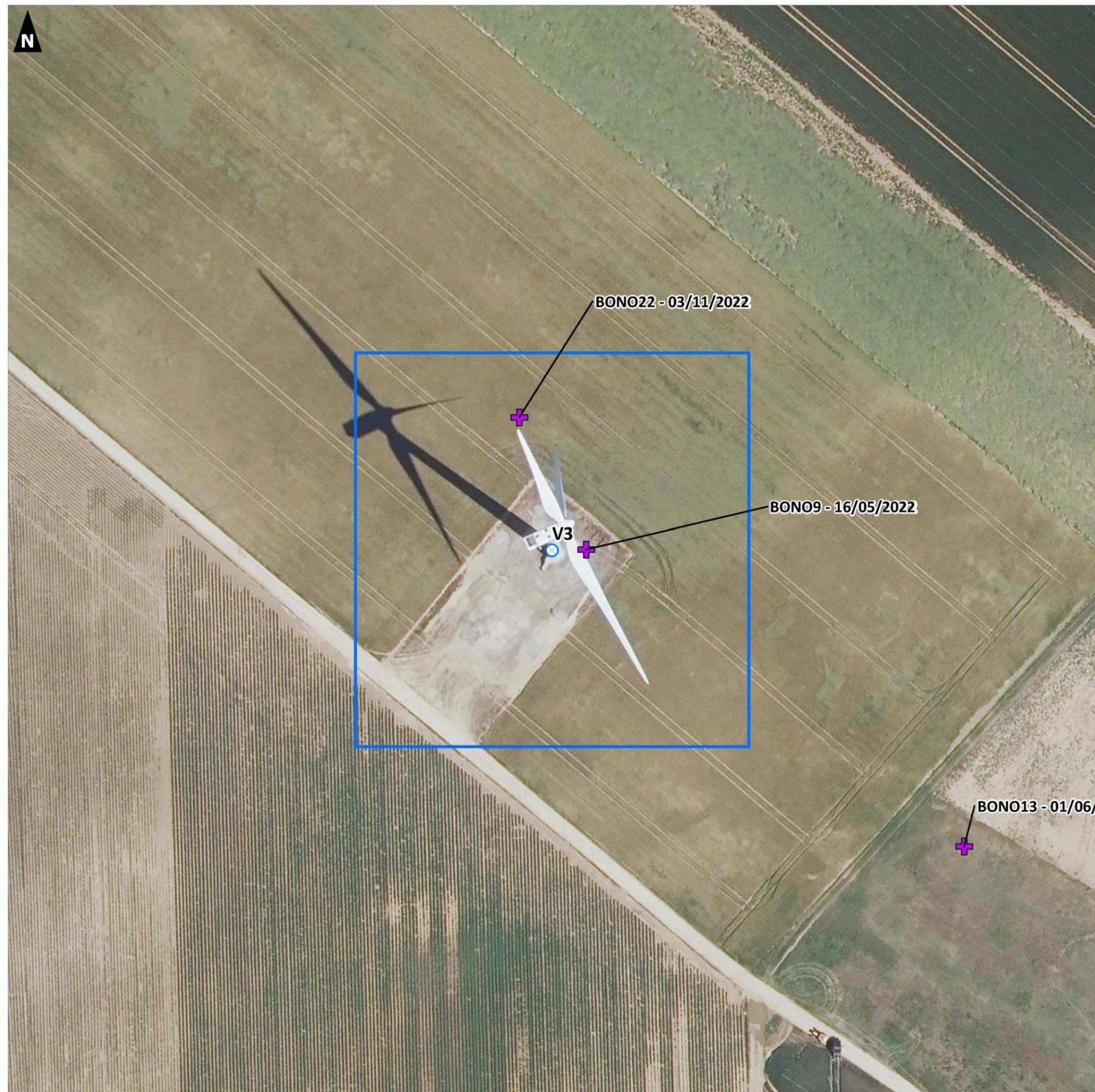
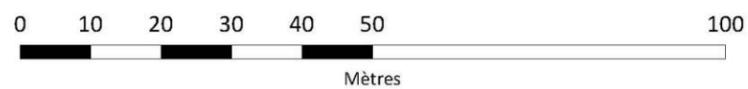
Localisation des cadavres
- Eolienne V4 -

-  Eolienne
-  Maille de 100 m de côté
- Type de cadavre
-  Chiroptère
-  Oiseau



Localisation des cadavres
- Eolienne V3 -

-  Eolienne
-  Maille de 100 m de côté
- Type de cadavre**
-  Chiroptère
-  Oiseau

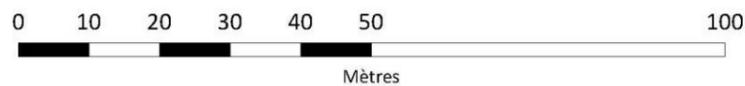
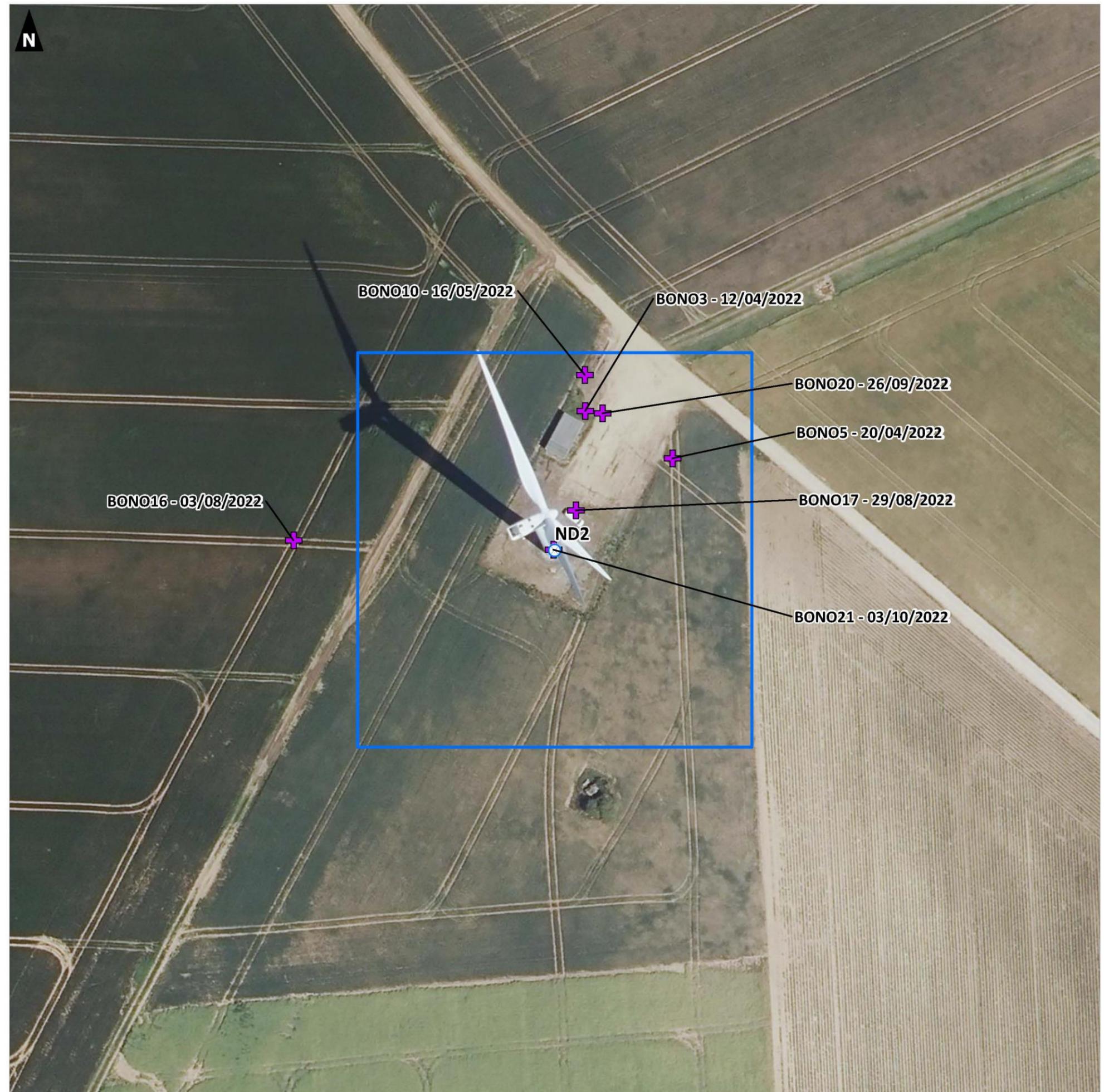


Parc éolien du Canton de Bonneval (28)

Suivi environnemental de mortalité
de l'avifaune et des chiroptères

Localisation des cadavres
- Eolienne ND2 -

-  Eolienne
-  Maille de 100 m de côté
- Type de cadavre**
-  Chiroptère
-  Oiseau

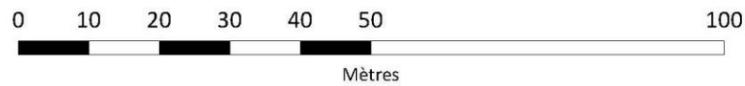
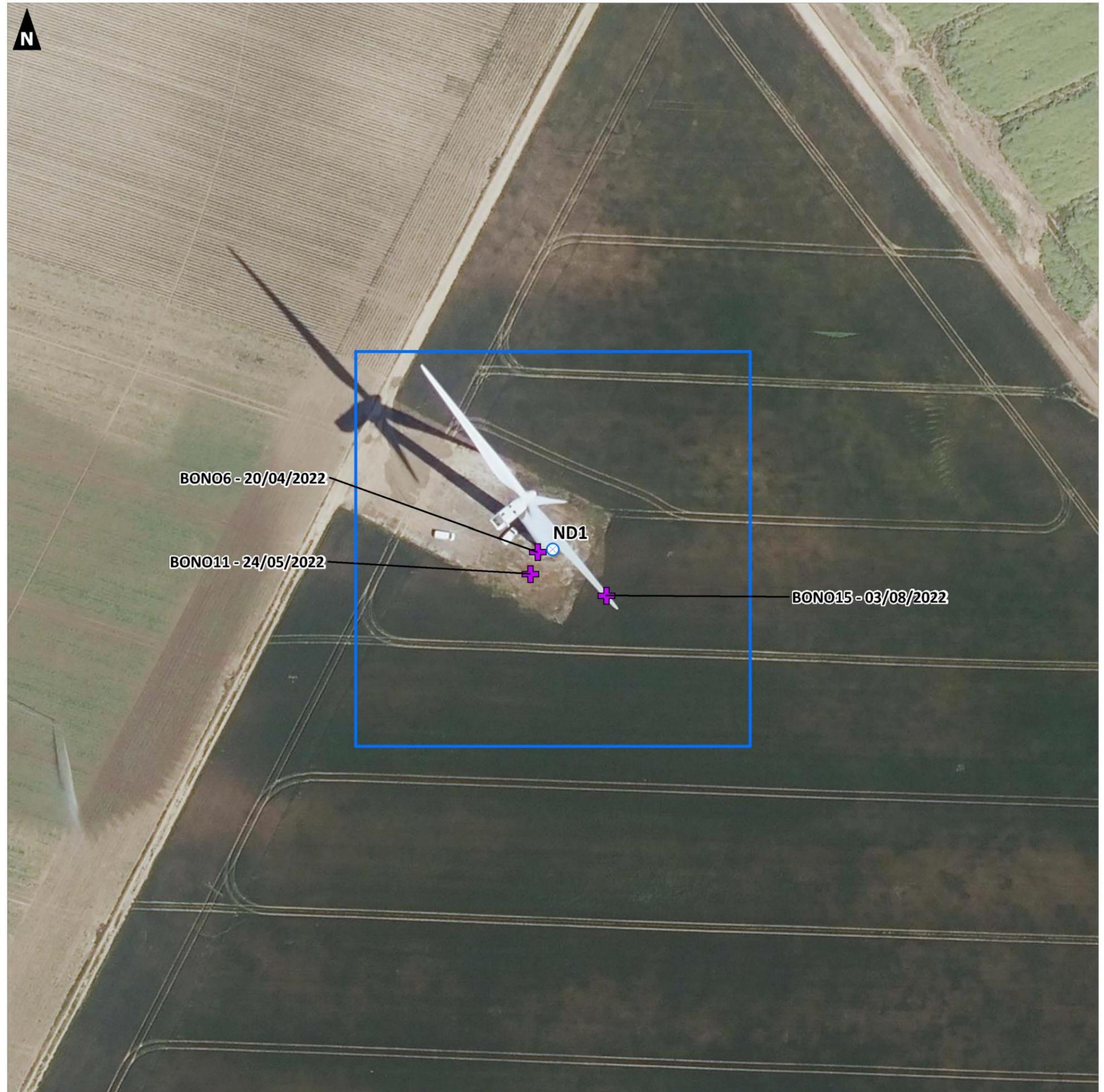


Parc éolien du Canton de Bonneval (28)

Suivi environnemental de mortalité
de l'avifaune et des chiroptères

Localisation des cadavres
- Eolienne ND1 -

-  Eolienne
-  Maille de 100 m de côté
- Type de cadavre
-  Chiroptère
-  Oiseau

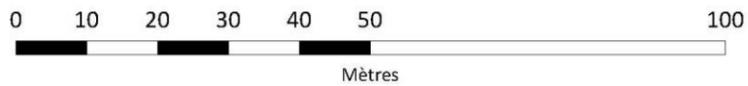
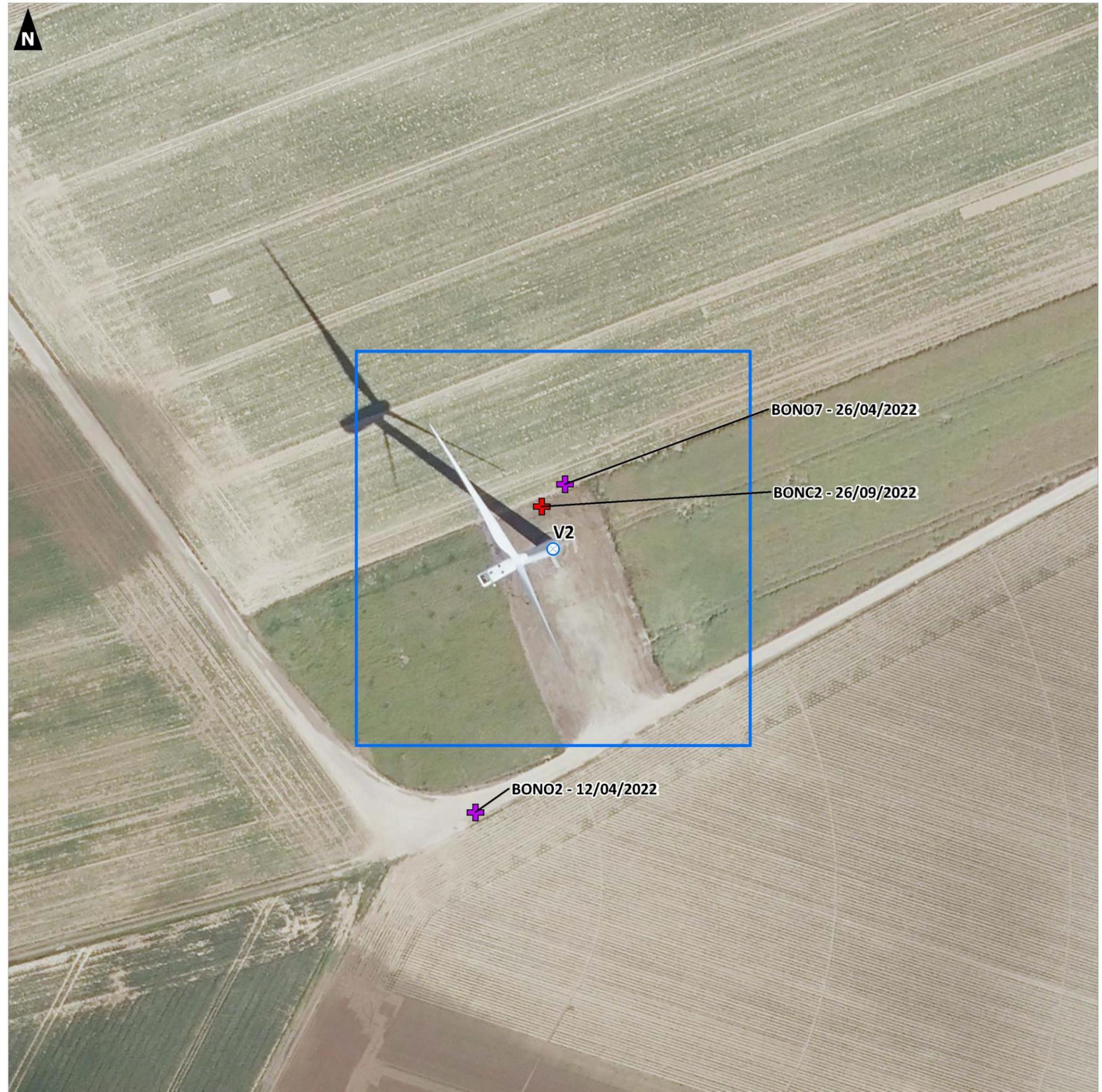


Parc éolien du Canton de Bonneval (28)

Suivi environnemental de mortalité
de l'avifaune et des chiroptères

Localisation des cadavres
- Eolienne V2 -

-  Eolienne
-  Maille de 100 m de côté
- Type de cadavre**
-  Chiroptère
-  Oiseau



BIBLIOGRAPHIE UTILISÉE DANS LE RAPPORT

- Ahlén, I.** - 2003. Wind Turbines and Bats - A Pilot Study. *Report by Swedish Energy Agency. 5 pp.*
- Albouy, S., Clément, D., Jonard, A., Massé, P., Pagès, J.-M. & Nea, P.** - 1997. Suivi ornithologique du parc éolien de Port-la-Nouvelle : rapport final. *Abiès, Géokos consultants, LPO Aude, 66 pp.*
- Albouy, S., Dubois, Y. & Picq, H.** - 2001. Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue-Haute (Aude). Rapport final. *ABIES/LPO Aude/ADEME, Gardouch – Gruissan. 56 pp + annexes.*
- André, Y., LPO** - 2004 revu 2009. Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. <https://docplayer.fr/29161122-Protocoles-de-suivis-pour-l-etude-des-impacts-d-un-parc-eolien-sur-l-avifaune-redaction-lpo-yann-andre-avril-2004-revu-avril-2005-aout-2009.html>
- Arnett, E.B., Hayes, J.P. & Huso, M.M.P.** - 2006. An evaluation of the use of acoustic monitoring to predict bat fatality at a proposed wind facility in southcentral Pennsylvania. An annual report submitted to the bats and wind energy cooperative. *Edited by bat conservation international. Austin, Texas, USA.*
- Arnett, E.B., Brown, W.K., Erickson, W.P., Fiedler, J.K., Hamilton, B.L., Henry, T.H. et al.** – 2008. Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America. *Journal of Wildlife Management, 72(1):61–78.*
- Arthur, L. & Lemaire, M.** – 2009. Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. *Muséum national d'Histoire naturelle, Paris; Biotope, Mèze, 576 pp. (hors collection; 25).*
- Bach, L. & Rahmel, U.** - 2004. Summary of wind turbine impacts on bats—assessment of a conflict. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz, 7:245–252.*
- Baerwald, E.F., D'Amours, G.H., Klug B.J. & Barclay, R.** – 2008. Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Curr Biol 18(16):695–696.*
- Baerwald, E.F. & Barclay, R.M.R.** - 2011. Patterns of activity and fatality of migratory bats at a wind energy facility in Alberta, Canada. *Journal of Wildlife Management, 75(5):1103–1114.*
- Baisner, A.J., Andersen, J.L., Findsen, A., Yde Granath, S.W., Madsen, KØ, Desholm, M.** – 2010. Minimizing collision risk between migrating raptors and marine wind farms: development of a spatial planning tool. *Environmental Management, 46(5):801–808.*
- Barataud, M.** - 2004. Fréquentation des paysages de montagne sub-alpine par des chiroptères en activité de chasse. *Le Rhinolophe, 17: 11-22.*
- Barataud, M.** - 2012. Écologie acoustique des chiroptères d'Europe. Identification des espèces, études de leurs habitats et comportements de chasse. *Biotope, Mèze ; Muséum national d'histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité), 344 pp.*
- Barrios, L. & Rodriguez, A.** – 2004. Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines. *Journal of Applied Ecology, 41(1):72–81.*
- Behr, O., Eder, D., Marckmann, U., Mette-Christ, H., Reisinger, N., Runkel, V. & von Helversen, O.** – 2007. Akustisches Monitoring im Rotorbereich von Windenergieanlagen und methodische Probleme beim Nachweis von Fledermaus-Schlagopfern—Ergebnisse aus Untersuchungen im mittleren und südlichen Schwarzwald. *Nyctalus, 12(2–3):115–127.*
- Behr, O., Brinkmann, R., Niermann, I. & Korner-Nievergelt, F.** – 2011. Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. *In Brinkmann R, Behr O, Niermann I, Reich Michael (eds.) (2001) Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermausen an Onshore-Windenergieanlagen. Umwelt und Raum, Cuvillier Verlag, Göttingen, Bd. 4: 177–286.*
- Bellebaum, J., Korner-Nievergelt, F., Dürr, T. & Mammen, U.** – 2013. Wind turbine fatalities approach a level of concern in a raptor population. *Journal for Nature Conservation, 21(6):394-400.*
- Blondel, J., Ferry, C., Frochet, B.** - 1970. La méthode des indices ponctuels d'abondance (IPA) ou des relevés d'avifaune par "stations d'écoute". *Alauda, 38(1) : 55-71.*
- Brennan, L.A., Perez, R., DeMaso, S., Ballard, B.M. & Kuvlesky, W.P.** – 2009. Potential impacts of wind farm energy development on upland game birds: Questions and concerns. *In: Rich TD, Demarest C, Arizmendi D, Thompson C (eds) Tundra to Tropics: Connecting Birds, Habitats and People. Proceedings of the Fourth International Partners in Flight Conference. McAllen, Texas, USA, 13-16 February 2008, pp 179–183.*
- Brinkmann, R., Schauer-Weissahn, H. & Bontadina, F.** – 2006. Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Wind-kraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg. *Report to Regierungspräsidium Freiburg, Referat 56 Naturschutz und Landschaftspflege.*
- Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & Reich, M.** – 2011. Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Ergebnisse eines Forschungsvorhabens. *Göttingen : Cuvillier (Umwelt und Raum, 4).*

- Bull, L. S., Fuller, S. & Sim, D.** - 2013. Post-construction avian mortality monitoring at Project West Wind. *New Zealand Journal of Zoology*, 40: 28-46.
- California Energy Commission** - 1992. Wind turbine effects on avian activity, habitat use, and mortality in Altamont Pass and Solano County. *Wind Resource Areas. Final Report March 1992*. 199 pp.
- Calvert, A. M., C. A. Bishop, R. D. Elliot, E. A. Krebs, T. M. Kydd, C. S. Machtans, and G. J. Robertson** - 2013. A synthesis of human-related avian mortality in Canada. *Avian Conservation and Ecology* 8(2) : 11. <http://dx.doi.org/10.5751/ACE-00581-080211>
- Camiña, A.** - 2011. The effects of wind farms on vultures in Northern Spain—Fatalities behavior and correction measures. *In: May R, Bevanger K (eds) Proceedings. Conference on Wind energy and Wildlife impacts. NINA Report 693. Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2–5 May 2011. Norwegian Institute for Nature Research. Trondheim, Norway, p 17.*
- Carette, M., Sanchez-Zapata, J.A., Benitez, J.R., Lobon, M., Montoya, F. & Donazar, J.A.** - 2012. Mortality at wind-farms is positively related to large scale distribution and aggregation in griffon vultures. *Biological Conservation*, 145: 102-108.
- Cornut, J., Vincent, S.** – 2010. Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhone-Alpes. (consulté le 05/01/2022) https://www.sfepm.org/sites/default/files/inline-files/Rapport_suivieolien2010_RhoneAlpes.pdf
- Cryan, P. M., Gorresen, P. M., Hein, C.D., Schirmacher, M. R., Diehl, R.H., Huso, M.M., Hayman, D.T.S., Fricker, P.D., Bonaccorso, F.J., Johnson, D.H., Heist, K., Dalton, D.C.** - 2014. Behavior of bats at wind turbines. *PNAS*, 111 :42. 6 pp.
- Dahl, E.L., Bevanger, K., Nygård, T., Røskoft, E. & Stokke, B.G.** – 2012. Reduced breeding success in white-tailed eagles at Smøla windfarm, western Norway, is caused by mortality and displacement. *Biological Conservation*, 145(1):79–85.
- Dahl, E.L., May, R., Hoel, P.L., Bevanger, K., Pedersen, H.C., Røskoft, E. & Stokke, B.G.** – 2013. White-tailed eagles (*Haliaeetus albicilla*) at the Smøla wind-power plant, Central Norway, lack behavioral flight responses to wind turbines. *Wildlife Society Bulletin*, 37(1):66–74.
- de Lucas, M., Janss, G.F.E., Whitfield, D.P. and Ferrer, M.** – 2008. Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance. *Journal of Applied Ecology*, 45 : 1695-1703. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01549.x>
- De Lucas, M., Ferrer, M., Janss, G.F.E. & Magar, V.** – 2012a. Using wind tunnels to predict bird mortality in wind farms: the case of griffon vultures. *Plos One*, 7(11):e48092.
- De Lucas, M., Ferrer, M., Bechard, M.J. & Muñoz, A-R.** – 2012b. Griffon vulture mortality at wind farms in southern Spain: Distribution of fatalities and active mitigation measures. *Biological Conservation*, 147(1):183-189.
- Devereux, C.L., Denny, M.J.H. & Whittingham, M.J.** – 2008. Minimal effects of wind turbines on the distribution of wintering farmland birds. *Journal of Applied Ecology*, 45(6):1689–1694.
- Douglas, D.J.T., Bellamy, P.E. & Pearce-Higgins, J.W.** – 2011. Changes in the abundance and distribution of upland breeding birds at an operational wind farm. *Bird Study*, 58(1):37–43.
- Drewitt, A.L. & Langston, R.H.W.** – 2006. Assessing the impacts of wind farms on birds. *IBIS*, 148:29-42.
- Drewitt, A.L. & Langston, R.H.W.** – 2008. Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. *Year in Ecology and Conservation Biology*, 1134: 233-266.
- Dulac, P.** - 2008. Evaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi. *Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon - Nantes, 106 pp.*
- Dürr, T.** – 2003. Kollision von Fledermäuse und Vögel durch Windkraftanlagen. Daten aus Archiv der Staatlichen Vogelschutzwarte Brandenburgs. *Edited by Staatliche Vogelschutzwarte Brandenburg. Buckow.*
- Dürr, T.** – 2009. Zur Gefährdung des Rotmilans *Milvus milvus* durch Windenergieanlagen in Deutschland. *Inf dienst Nat schutz Niedersachs*, 29 (3):185–191.
- Dürr, T.** – 2011. Dunkler Anstrich könnte Kollisionen verhindern: vogelunfälle an Windradmasten. *Falke* 58(12):499–501.

- Erickson, W.P., Strickland, M.D., Johnson, G.D. & Kern, J.W.** - 2000. Examples of statistical methods to assess risk of impacts to birds from wind plants. *Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting III, San Diego, CA, May 1998*.172-182, 202 p
- Erickson, W.P., Strickland, M.D., Johnson, G.D. & Kern, J.W.** - 2000. Examples of statistical methods to assess risk of impacts to birds from wind plants. *Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting III, San Diego, CA, May 1998*.172-182, 202 p
- Erickson, W.P., Johnson, G.D. & Young, JR.** – 2005. A Summary and Comparison of Birds Mortality from Anthropogenic Causes with Emphasis on Collisions. *USDA Forest Service, Technical Report PSW-GTR-191 : 1029-1042.*
- EUROBATS** - 2015. Report of the IWG on Wind Turbines and Bat Populations. *28 pp.*
- Everaert, J.** – 2014. Collision risk and micro-avoidance rates of birds with wind turbines in Flanders. *Bird Study, 61(2):220–230.*
- Ferrer, M., de Lucas, M., Janss, G.F.E., Casado, E., Munoz, A.R., Bechard, M.J., Calabuig, C.P.** - 2012. Weak relationship between risk assessment studies and recorded mortality in wind energy. *Journal of Applied Ecology, 49: 38-46.*
- Fijn, R., Krijgsveld, K., Tijssen, W., Prinsen, H. & Dirksen, S.** – 2012. Habitat use, disturbance and collision risks for Bewick's Swans *Cygnus columbianus bewickii* wintering near a wind farm in the Netherlands. *In: Eileen C. Rees (ed): Wildfowl 62. With assistance of Anthony David Fox. Slimbridge, Gloucestershire: Wildfowl and Wetlands Trust (62), pp 97–116.*
- Garcia, D.A., Canavero, G., Ardenghi, F. & Zambon, M.** – 2015. Analysis of wind farm effects on the surrounding environment: Assessing population trends of breeding passerines. *Renewable Energy, 80 :190-196.*
- Garvin, J.C., Jennelle, C.S., Drake, D. & Grodsky, S.M.** – 2011. Response of raptors to a windfarm. *Journal of Applied Ecology, 48(1):199–209.*
- Grodsky, S.M., Behr, M.J., Gendler, A., Drake, D., Dieterle, B.D., Rudd, R.J. & Walrath, N.L.**- 2011. Investigating the causes of death for wind turbine-associated bat fatalities. *Journal of Mammalogy, 92(5) :917-925.*
- Hernández-Pliego, J., de Lucas, M., Muñoz, A-R. & Ferrer, M.** – 2015. Effects of wind farms on Montagu's harrier (*Circus pygargus*) in southern Spain. *Biological Conservation, 191 :452–458.*
- Horn, J.W., Arnett, E.B. & Kunz, T.H.** – 2008. Behavioral responses of bats to operating wind turbines. *Journal of Wildlife Management, 72(1) :123-132.*
- Hötker, H., Thomsen, K. & Köster, H.** – 2005. Auswirkungen regenerativer Energiegewinnung auf die biologische Vielfalt am Beispiel der Vögel und der Fledermäuse. *Edited by Bundesamt für Naturschutz (BfN). Naturschutzbund (NABU). Bonn, Germany (BfN-Skripten, 142).*
- Hötker, H., Thomsen, K. & Jeromin, H.** – 2006. Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats. *Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhäuser, 65 p.*
- Houck, D.R.** – 2012. Computational fluid dynamics simulations of bats flying near operating wind turbines: Quantification of pressure-time histories of likely flight paths. *Available through the U.S. DOE Office of Science, Office of Workforce Development for Teachers and Scientists Application Review System (WARS), 2012.*
- Hull, C.L., Stark, E.M., Perruzzi, S., Simms, C.C.** - 2013. Avian collisions at two wind energy in Tasmania, Australia: taxonomic and ecological characteristics of colliders versus non-colliders. *New Zealand Journal of Zoology, 40: 47-62.*
- Hull, C.L. & Cawthen, L.** – 2013. Bat fatalities at two wind farms in Tasmania, Australia: bat characteristics, and spatial and temporal patterns. *New Zealand Journal of Zoology, 40(1):5-15.*
- Hunt, W.G., Jackman, R.E., Brown, T.L., Driscoll, D.E. & Culp, L.** - 1997. A population study of golden eagles in the Altamont Pass Wind Resource Area: second-year progress report. *Report to National Renewable Energy Laboratory, Subcontracts XAT-5-15174-01 and XAT-6-16459-01 to the Predatory Bird Research Group, University of California, Santa Cruz, California.*
- Huso, M.** – 2010. An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Envirometrics 2011(22) :318-329.*
- Johnson, G.D., Erickson, W.P., Strickland, M.D., Sheperd, M.F., Sheperd, D.A., Sarappo, S.A.** - 2002. Collision mortality of local migrant birds at a large-scale wind-power development on Buffalo Ridge, Minnesota. *Wildlife Society Bulletin, 30: 879-887.*
- Jones, G., Cooper-Bohannon, R., Barlow, K. & Parsons, K.** - 2009. Determining the potential ecological impact of wind turbines on bat populations in Great Britain. Phase 1 Report. *University of Bristol & Bat Conservation Trust. 158p.*

- Katzner T.E., Brandes, D., Miller, T., Lanzone, M., Maisonneuve, C., Tremblay J.A. et al.** – 2012. Topography drives migratory flight altitude of golden eagles: implications for on-shore wind energy development. *Journal of Applied Ecology*, 49(5):1178–1186.
- Korner-Nievergelt, F., Korner-Nievergelt, P., Behr, O., Niermann, I., Brinkmann, R.** - 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildlife biology*, 17(4) :350-363.
- Kunz, T.H., Arnett, E.B., Erickson, W.P., Hoar, A.R., Johnson, G.D., Larkin, R.P. et al.** – 2007. Ecological impacts of wind energy development on bats : questions, research needs, and hypotheses. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(6):315–324.
- Kuvlesky, W.P., Brennan, L.A., Morrison, M.L., Boydston, K.K., Ballard, B.M. & Bryant, F.C.** - 2007. Wind energy development and wildlife conservation: challenges and opportunities. *Journal of Wildlife Management*, 71: 2487-2498.
- Langgemach, T. & Dürr, T.** - 2012. Informationen über Einflüsse der Windenergienutzung auf Vögel. *Stand 10.07.2012. Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Nennhausen/Buckow, Germany.*
- Langston, R. & Pullan, J.** -2003. Windfarms and Birds: An Analysis of the Effects of Windfarms on Birds, and Guidance on Environmental Assessment Criteria and Site Selection Issues. *Report T-PVS/Inf (2003) 12, by BirdLife International to the Council of Europe, Bern Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. RSPB/BirdLife in the UK. 58 pp.*
- Larsen, J.K. & Madsen, J.** – 2000. Effects of wind turbines and other physical elements on field utilization by pink-footed geese (*Anser brachyrhynchus*): a landscape perspective. *Landscape Ecology*, 15(8):755-764.
- Lawson M, Jenne D, Thresher R, Houck D, Wimsatt J, Straw B** – 2020. An investigation into the potential for wind turbines to cause barotrauma in bats. *PLoS ONE*, 15(12): e0242485. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242485>
- Ledec, G., Rapp, K.W. & Aiello, R.** – 2011. Greening the Wind. Environmental and social considerations for wind power development. *World Bank (ed.) Washington D.C, USA.*
- Leddy, K.L., Higgins, K.F. & Naugle, D.E.** – 1999. Effects of wind turbines on upland nesting birds in Conservation Reserve Program grasslands. *Wilson Bulletin*, 111(1):100–104.
- Loss, S.R., Will, T. & Marra, P.P.** – 2013. Estimates of bird collision mortality at wind facilities in the contiguous United States. *Biological Conservation*, 168: 201-209.
- Loss, S.R., Will, T. & Marra, P.P.** – 2015. Direct Mortality of Birds from Anthropogenic Causes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 46: 99-120.
- LPO Champagne-Ardenne** – 2010. Synthèse des impacts de l'éolien sur l'avifaune migratrice sur cinq parcs en Champagne-Ardenne. 117 pp.
- Madders, M. & Whitfield, D.P.** – 2006. Upland raptors and the assessment of wind farm impacts. *IBIS*, 148:43–56.
- Madsen, J. & Boertmann, D.** – 2008. Animal behavioral adaptation to changing landscapes : spring-staging geese habituate to wind farms. *Landscape Ecology*, 23(9) :1007-1011.
- Marques, A.T., Batalha, H., Rodrigues, S., Costa, H, Ramos Pereira, M.J., Fonseca, C., Mascarenhas, M. & Bernardino, J.** – 2014. *Understanding bird collisions at wind farms: An updated review on the causes and possible mitigation strategies. Biological Conservation*, 179, 40.
- Martínez-Abraín, A., Tavecchia, G., Regan, H.M., Jiménez, J., Surroca, M. & Oro, D.** – 2012. Effects of wind farms and food scarcity on a large scavenging bird species following an epidemic of bovine spongiform encephalopathy. *Journal of Applied Ecology*, 49(1):109-117.
- Ministère de la transition écologique** – 2015-.) Protocole de suivi environnemental des parcs éolien terrestres.(consulté le 05/01/2022)
<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/D%C3%A9cision%20du%2023%20novembre%202015%20relative%20%C3%A0%20la%20reconnaissance%20d%E2%80%99un%20protocole%20de%20suivi%20environnemental%20de%20parcs%20%C3%A9oliens%20terrestres.pdf>
- Morinha, F., Travassos, P., Seixas, F., Martins, A., Bastos, R., Carvalho, D. et al.** – 2014. Differential mortality of birds killed at wind farms in Northern Portugal. *Bird Study*, 61(2):255–259.
- Nyári, J., Bailleul, E., Gow, S., Arbinolo, M. (EKOenergy)** - 2015. The effects of wind turbines on bat mortality and available solutions - An executive review. 5 pp.
- Orloff, S. & Flannery, A.** - 1992. Wind turbine effects on avian activity, habitat use, and mortality in Altamont Pass and SolanoCounty. *Wind Resource Areas.*

- Pearce-Higgins, J.W., Stephen, L., Langston, R.H.W., Bainbridge, I.P. & Bullman, R.** – 2009. The distribution of breeding birds around upland wind farms. *Journal of Applied Ecology*, 46(6):1323–1331.
- Pearce-Higgins, J.W., Stephen, L., Douse, A & Langston, R.H.W.** - 2012. Greater impacts of wind farms on bird populations during construction than subsequent operation: results of a multi-site and multi-species analysis. *Journal of Applied Ecology*, 49(2) :386-394.
- Pedersen, M.B. & Poulson, E.** – 1991. Impact of a 90 m/2 MW wind turbine on birds, Avian responses to the implementation of the Tjaereborg Wind Turbine at the Danish Wadden Sea. *Danske Vildtundersogelser* 47, Kalo.
- Percival, S.M.** – 2003. Birds and Windfarms in Ireland. A review of potential issues and impact assessment. *Ecology Consulting*. Durham, UK.
- Peste, F., Paula, A., da Silva, L.P., Bernardino, J., Pereira, P. et al.** - 2015. How to mitigate impacts of wind farms on bats? A review of potential conservation measures in the European context. *Environmental Impact Assessment Review*, 51:10-22.
- Reichenbach, M. & Steinborn, H.** – 2006. Windkraft, Vögel, Lebensräume-Ergebnisse einer fünfjährigen BACI-Studie zum Einfluss von Windkraftanlagen und Habitatparametern auf Wiesenvögel. *Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen* 32:243–259.
- Rees, E.C.** - 2012. Impacts of wind farms on swans and geese. A review. In: *Rees EC (ed.) Wildfowl 62. Wildfowl and Wetlands Trust (62): 37–72.*
- Rodrigues, L., Bach, L., Dubourg-Savage, M.-J., Goodwin, J. & Harbusch, C.** – 2008. Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. *EUROBATS Publication Series No. 3 (version française)*. PNUE/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 55 pp.
- Rollins, K.E., Meyerholz, D.K., Johnson, G.D., Capparella, A.P. & Loew, S.S.** – 2012. A forensic investigation into the etiology of bat mortality at a wind farm: barotrauma or traumatic injury? *Vet Pathol* 49(2):362–371.
- Roux, D., Tran, M., Gay, N.**- 2013. Suivi des oiseaux et des chiroptères sur un parc éolien, comportement et mortalité à Bollène (84) entre 2009 et 2012. *Faune sauvage* 298(1):10-16.
- Rydell, J., Bach, L., Dubourg-Savage, M., Green, M., Rodrigues, L. & Hedenström, A.** – 2010a. Bat mortality at wind turbines in northwestern europe. *Acta Chiropterologica*, 12(2):261–274.
- Rydell, J., Bach, L., Dubourg-Savage, M., Green, M., Rodrigues, L. & Hedenström, A.** – 2010b. Mortality of bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? *European Journal of Wildlife Resources*, 56(6):823–827.
- Rydell, J., Engström, H., Hedenström, A., Larsen Jesper, K., Pettersson, J. & Green, M.** - 2012. The effect of wind power on birds and bats – A synthesis. *Report 6511, August 2012. Swedish Environmental Agency, 152 pp.*
- Shaffer, J. & Buhl, D.** - 2015. Effects of Wind-Energy Facilities on Breeding Grassland Bird Distributions. *Conservation Biology, In Press, 13.*
- Schuster, E., Bulling, L. & Köppel, J.** – 2015. Consolidating the state of knowledge : A synoptical review of wind energy's wildlife effects. *Environmental Management*, 56(2) : 300-331.
- SFEPM (Groupe Chiroptères)** - 2016. – Suivi des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de Chiroptères. *Version 2.1 (février 2016). Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Paris, 17 pp.*
- Smallwood, K.S.** – 2007. Estimating Wind Turbine-Caused Bird Mortality. *The Journal of Wildlife Management*, 71 : 2781-2791. <https://doi.org/10.2193/2007-006>.
- Smallwood, K.S., Rugge, L. & Morrison, M.L.** - 2009. Influence of behaviour on bird mortality in wind energy developments. *Journal of Wildlife Management*, 73: 1082-1098.
- Steinborn, H., Reichenbach, M. & Timmermann, H.** – 2011. Windkraft—Vögel—Lebensräume. Ergebnisse einer siebenjährigen Studie zum Einfluss von Windkraftanlagen und Habitatparametern auf Wiesenvögel. *ARSU GmbH (ed.). Norderstedt, Germany.*
- Stevens, T.K., Hale, A.M., Karsten, K.B. & Bennett, V.J.** – 2013. An analysis of displacement from wind turbines in a wintering grassland bird community. *Biodiversity Conservation*, 22(8):1755–1767.
- Stewart, G.B., Pullin, A.S. & Coles, C.F.** - 2007. Poor evidence-base for assessment of windfarm impacts on birds. *Environmental Conservation*, 34: 1-11.
- Tellería, J.L.** - 2009. Potential impacts of wind farms on migratory birds crossing Spain. *Bird Conservation International*, 19 :131-136.

Tosh, D.G., Montgomery, W.I. & Reid, N. - 2014. A review of the impacts of wind energy developments on biodiversity. *Report prepared by the Natural Heritage Research Partnership (NHRP) between Quercus, Queen's University Belfast and the Northern Ireland Environment Agency (NIEA) for the Research and Development Series No. 14/02, 105 pp.*

Winder, V.L., McNew, L.B., Gregory, A.J., Hunt, L.M., Wisely, S.M. & Sandercock, B.K. – 2013. Effects of wind energy development on survival of female greater prairie-chickens. *Journal of Applied Ecology*.

Winkelbrandt, A., Bless, R., Herbert, M., Kröger, K., Merck, T., Netz-Gerten, B., Schiller, J., Schubert, S. & Schweppe-Kraft, B. - 2000. Empfehlungen des Bundesamtes für Naturschutz zu naturschutzverträglichen Windkraftanlagen. *Bundesamt für Naturschutz, Bonn.*

Winkelman, J.E. - 1992. The impact of the Sep wind park near Oosterbierum, The Netherlands, on birds, 2: nocturnal collision risks. *Unpublished RIN report 92/3. DLO-Instituut voor Bos-en Natuuronderzoek, Arnhem, The Netherlands.*

Zimmerling, J.R., Pomeroy, A.C., d'Entremont, M.V. & Francis, C.M. – 2013. Canadian estimate of bird mortality due to collisions and direct habitat loss associated with wind turbine developments. *Avian Conservation Ecology*, 8(2) :10.