



PARC EOLIEN LES GARGOUILLES A GOMMERVILLE (28)

Suivi environnemental



Rapport final

Dossier 20120010
11/02/2022

Réalisé par



Auddicé environnement
Parc d'activité Le Long
Buisson
380 rue Clément Ader
27930 Le Vieil Evreux
02 32 32 53 28



Parc éolien LES GARGOUILLES à GOMMERVILLE (28)

Suivi environnemental

Rapport final

EDF RENOUVELABLES

Version	Date	Description
Rapport final	11/02/2022	Suivi environnemental du parc éolien Les Gargouilles à Gommerville (28)

Nom	Fonction	Thématique
Jérémy BOSSAERT	Chef de projet	Chiroptères
Aymeric FEYDIEU	Chargé d'études	Avifaune
Kilien DE CHATEAUVIEUX	Chargé d'études	Avifaune et chiroptères
Jean-Marie PLESSIS	Chargé d'études	Cartographie



Agence nord
(siège social)
ZAC du Chevalement
5 rue des Molettes
59286 Roost-Warendin
03 27 97 36 39

Agence Est
Espace Sainte-Croix
6 place Sainte-Croix
51000 Châlons-en-Champagne
03 26 64 05 01

Antenne Est
Ecogit' Actions
60 avenue de la gare
71960 La Roche-Vineuse
03 26 64 05 01

Agence Val de Loire
Pépinière d'Entreprises du Saumurois
Rue de la Chesnaie-Distré
49400 Saumur
02 41 51 98 39

Agence Ouest
PA Le Long Buisson
380 rue Clément Ader
27930 Le Vieil-Evreux
02 32 32 53 28

Agence Ouest
Le Havre
186 Boulevard François 1er
76600 Le Havre
02 35 46 55 08

Agence Sud
Rue de la Claustre
84390 Sault
04 90 64 04 65

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 1. PRESENTATION DU PROJET	5
1.1 Contexte général	6
1.1.1 Contexte politique international, européen et national	6
1.1.2 Contexte régional, départemental et local	6
1.2 Présentation du parc éolien	7
1.2.1 Situation géographique	7
1.2.2 Les aérogénérateurs	8
CHAPITRE 2. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	9
2.1 Impact des éoliennes sur l'avifaune	10
2.1.1 Impact direct des éoliennes par collisions	10
2.1.2 Impacts indirects des éoliennes	12
2.1.3 Facteurs influençant la sensibilité des oiseaux aux éoliennes	14
2.2 Impact des éoliennes sur les chiroptères	16
2.2.1 Impacts directs : collisions et barotraumatisme	16
2.2.2 Impacts indirects	18
2.2.3 Facteurs influençant la sensibilité des chauves-souris aux éoliennes	18
CHAPITRE 3. METHODOLOGIE	20
3.1 Justification du protocole de suivi environnemental	21
3.2 Protocole utilisé pour les chiroptères	21
3.3 Suivi de mortalité	24
3.3.1 Protocole de terrain	24
3.3.2 Estimation de la mortalité	24
3.4 Limites des méthodes utilisées	26
CHAPITRE 4. SUIVI CHIROPTEROLOGIQUE	27
4.1 Résultats de l'étude en hauteur	28
4.1.1 Répartition de l'activité en fonction de la période	28
4.1.2 Richesse spécifique par période	29
4.1.3 Bioévaluation patrimoniale et légale	30
4.2 Activité en fonction des paramètres physiques	31
4.2.1 Vitesse du vent	31
4.2.2 Température	31
4.2.3 Activité nocturne	31
4.2.4 Synthèse de l'activité en fonction des paramètres enregistrés	32
4.3 Synthèse des enjeux et de l'activité chiroptérologique	32
CHAPITRE 5. ETUDE DE LA MORTALITE	33
5.1 Prospections 2021	35
5.1.1 Résultats bruts	35
5.1.2 Discussion sur les données de 2021	41
CHAPITRE 6. CONCLUSION	42
CHAPITRE 7. BIBLIOGRAPHIE	44
ANNEXES	49
Annexe 1 Localisation des cadavres	50

LISTE DES CARTES

Carte 1. Localisation du parc éolien	7
Carte 2. Localisation du point d'enregistrement en altitude (chiroptères)	23
Carte 3. Localisation des cadavres – Eolienne CEGAR11	51
Carte 4. Localisation des cadavres – Eolienne CEGAR12	52
Carte 5. Localisation des cadavres – Eolienne CEGAR13	53
Carte 6. Localisation des cadavres – Eolienne CEGAR14	54
Carte 7. Localisation des cadavres – Eolienne CEGAR22	55
Carte 8. Localisation des cadavres – Eolienne CEGAR23	56

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Caractéristiques des éoliennes	8
Tableau 2. Sources de mortalité d'origine anthropique des oiseaux aux États-Unis d'après Loss <i>et al.</i> (2015)	10
Tableau 3. Répartition des contacts de chiroptères en hauteur en fonction de la période	28
Tableau 4. Espèces identifiées par période en hauteur de nacelle (CEGAR 13)	29
Tableau 5. Statut des espèces de chauves-souris recensées	30
Tableau 6. Synthèse de l'activité en fonction du vent et de la température	32
Tableau 7. Conditions météorologiques lors des suivis de mortalité	35
Tableau 8. Résultats du test d'efficacité du 17/06/2021	35
Tableau 9. Résultats du test d'efficacité du 13/09/2021	35
Tableau 10. Résultats du test de prédation du 17/06/2021	36
Tableau 11. Résultats du test de prédation du 06/09/2021	36
Tableau 12. Coefficients correcteurs de surface pour la première période	37
Tableau 13. Coefficients correcteurs de surface pour la seconde période	37
Tableau 14. Récapitulatif des cadavres découverts lors de la première période – mi mai à fin juillet 2021	37
Tableau 15. Récapitulatif des cadavres découverts lors de la seconde période – début août à fin octobre 2021	37
Tableau 16. Répartition des cadavres par éolienne au cours de la première période	38
Tableau 17. Répartition des cadavres par éolienne au cours de la seconde période	38
Tableau 18. Patrimonialité et sensibilité à l'éolien des espèces retrouvées lors du suivi mortalité	38
Tableau 19. Patrimonialité des espèces retrouvées lors du suivi de mortalité en 2021	43
Tableau 20. Récapitulatif des cadavres découverts lors du suivi de mortalité du Parc les Gargouilles à Gommerville en 2021	50

INTRODUCTION

Le présent document porte sur le suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris après implantation du parc éolien Les Gargouilles à Gommerville, dans le département de l'Eure-et-Loir (28).

Cette étude, menée par Auddicé environnement, vise l'estimation de l'impact de la mise en place du parc éolien sur le comportement et la mortalité des espèces aviaires et des chiroptères.

L'une des questions souvent mise en avant quant au développement de l'énergie éolienne est l'impact que peuvent avoir les parcs éoliens sur l'avifaune. Les résultats à ce propos sont très divers.

Même si les éoliennes sont connues pour présenter des effets négatifs sur la biodiversité locale et régionale, ces effets varient grandement selon les espèces, 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 migrants 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, l'impact que peuvent provoquer les éoliennes a été révélé récemment. Ce groupe faunistique, intégralement protégé en France et faisant réellement l'objet d'inventaires approfondis depuis les années 2005-2006, reste donc, à l'heure actuelle, assez mal connu. 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, portant sur l'année 2021, permettra de définir concrètement les incidences que les éoliennes du parc éolien Les Gargouilles de Gommerville ont sur l'avifaune et les chauves-souris.

CHAPITRE 1. PRESENTATION DU PROJET

1.1 Contexte général

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.

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

Ce programme visait à atteindre les objectifs fixés par le Grenelle Environnement I et prévoyait de porter à au moins 23 % la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergies à l'horizon 2020, ce qui n'est pas le cas à l'heure actuelle, la part des énergies renouvelables en 2019 était de 20,2 %.

Le développement de l'éolien contribue à l'indépendance énergétique du pays. Aujourd'hui, en France la puissance éolienne totale raccordée est de 18 310 MW (chiffres du 30/06/2021).

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 entre 21 800 MW et 26 000 MW de puissance éolienne terrestre et 3 000 MW de puissance éolienne en mer d'ici fin 2023.

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 et qui respecte déjà le protocole de Kyoto grâce à une production électrique basée sur le nucléaire, 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'Eolien (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 Eolien. Les participants ont mis en avant que l'atteinte des objectifs de production 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 ;

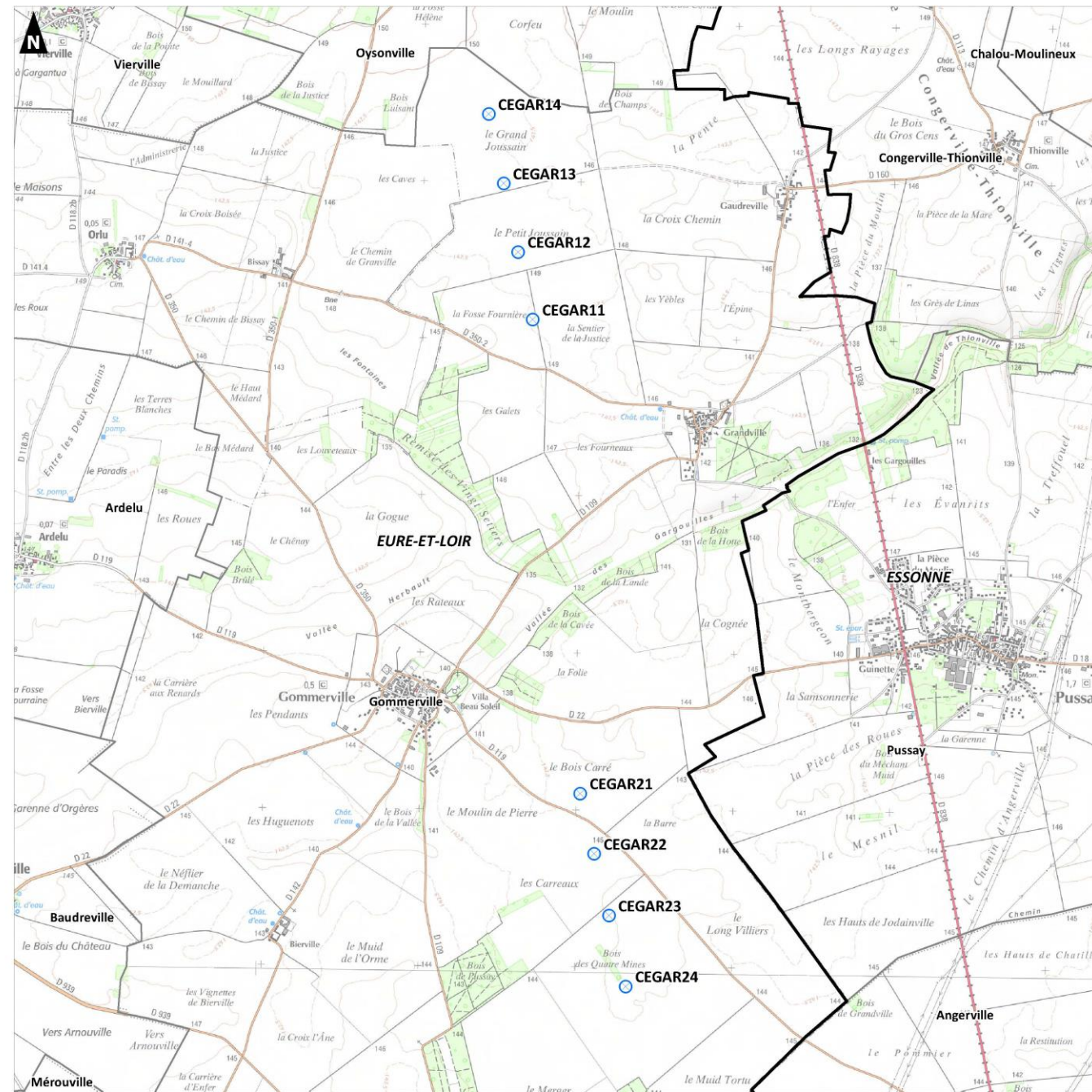
- Une évolution des contraintes réglementaires imposées dans le cadre des Zones de Développement Eolien, et notamment des contraintes paysagères ;
- Un développement suffisant des réseaux de transport d'électricité ;

Dans le département de l'Eure-et-Loir, à ce jour plus de 600 MW sont en production (255 éoliennes).

1.2 Présentation du parc éolien

1.2.1 Situation géographique

Le parc éolien des Gargouilles est constitué de huit aérogénérateurs dont l'implantation est située sur la commune de Gommerville (28). Les habitats majoritaires sont composés de grandes cultures, auxquelles s'ajoutent des surfaces artificialisées (plateformes et chemins d'accès, route...).



Carte 1. Localisation du parc éolien

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. L'énergie mécanique est ainsi transformée en énergie électrique et acheminée dans le réseau électrique local afin d'être redistribuée.

Une éolienne est composée de différentes parties :

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

■ Le mât

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 3m au sommet. Il est relié au sol par l'intermédiaire d'une fondation constituée d'un fût (seule partie éventuellement visible) d'environ 5,5m de diamètre sur un socle d'environ 15 m de diamètre.

■ Le rotor et les pales

Le rotor se compose de deux ou trois pales, en matière plastique renforcée de fibre de verre pouvant atteindre plus de 50m de longueur. 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 mât, 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 2,3 MW.

Au niveau du parc éolien des Gargouilles, les 8 éoliennes sont toutes identiques, à savoir des Enercon E82/2300 dont les caractéristiques sont présentées dans le Tableau 1 ci-après.

Rotor	Diamètre	82 m
	Vitesse de rotation max	18 tours/minute
	Nombre de pales	3
Tour	Hauteur du moyeu	82 m
Données opérationnelles	Vitesse de démarrage	2 m/s
	Vitesse de vent nominale	14 m/s
	Vitesse de coupure	25 m/s

Tableau 1. Caractéristiques des éoliennes

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 ; Tosh et al., 2014*) :

- 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'oiseau 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.

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 haret, les collisions routières, avec les bâtiments et les lignes électrique. 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 (Tableau 2). 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 haret	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
Eoliennes	234 000 oiseaux
TOTAL	3,24 milliards d'oiseaux

Tableau 2. Sources de mortalité d'origine anthropique des oiseaux aux États-Unis d'après Loss *et al.* (2015)

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 arrive à une moyenne de 8,2 oiseaux par an et par éolienne (intervalle de confiance de 1,4 soit 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, mâts de type « treillis », situation au cœur de grands axes migratoires, études d'impacts insuffisantes...

La Figure 1 ci-après récapitule, par grands groupes d'oiseaux, le nombre de cas connus de collisions avec des éoliennes en France et le nombre d'espèces associées, d'après la dernière base de données du Ministère du Développement Rural, de l'Environnement et de l'Agriculture de l'Etat fédéral de Brandenburg (Allemagne) qui répertorie l'ensemble des cas connus de collisions en Europe (*Dürr, mai 2021*).

D'après cette base de données, 15906 cadavres d'oiseaux, victimes de collisions avec des éoliennes, ont déjà été signalés en Europe dont 1481 en France sur la période 2003-2021.

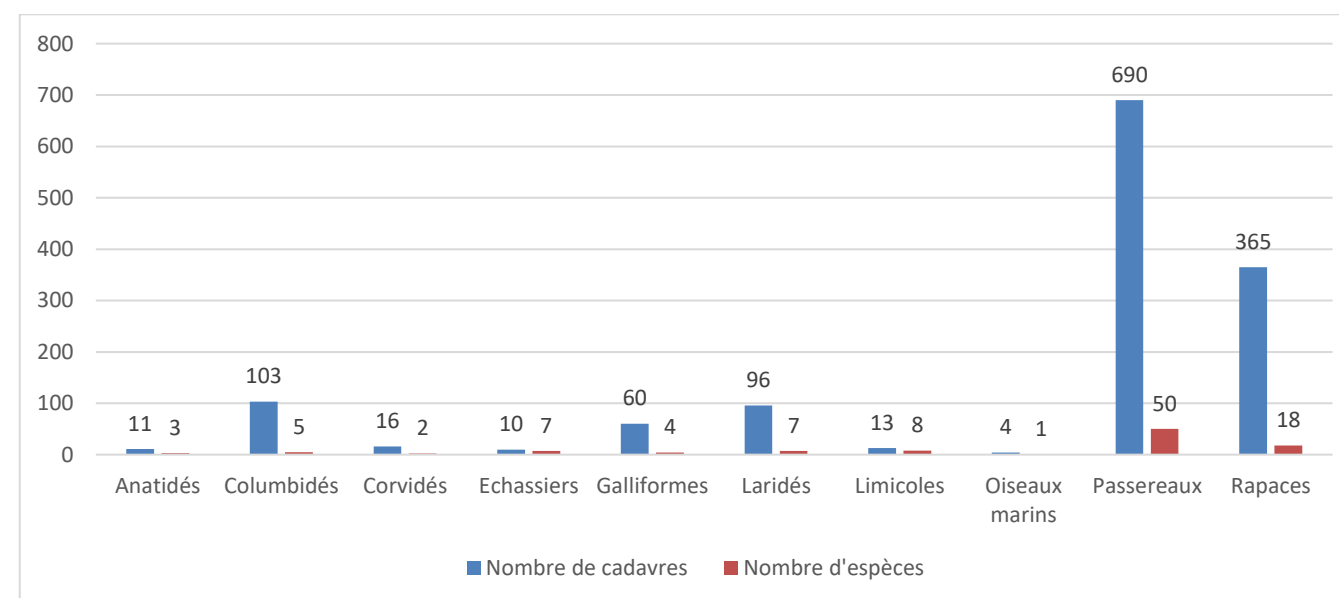


Figure 1. Cas connus de collisions d'oiseaux avec des éoliennes en France (*Dürr, mai 2021*)

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) et les **rapaces nocturnes et diurnes** (en particulier les Milans et le Faucon crécerelle) suivis des **columbides** (Pigeons bisets urbains notamment) et des **laridés** (en particulier la Mouette rieuse).

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 populations de grande taille. La mortalité associée aux éoliennes n'a donc bien souvent pas d'impact significatif au niveau populationnel sur ces espèces (*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 (*Grünkorn, 2013*). Sont également plus vulnérables les espèces présentant des comportements de parades marqués telles que les Alouettes des champs (*Morinha et al., 2014*) qui évoluent alors à hauteur de pale d'éoliennes sans prêter attention aux machines.

Enfin, de nombreuses études ont montré que les rapaces étaient 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 ; Hötter et al., 2006*). Néanmoins, ce taxon est considéré comme étant particulièrement vulnérable 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 est lente (*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*). *Bellebaum et al. (2013)* ont ainsi montré que le développement éolien pourrait causer à terme le déclin des populations de Milan royal dans la province de Brandebourg en Allemagne.

A l'inverse, les espèces présentant les risques de collision les plus faibles sont celles passant l'essentiel de leur vie au sol, tels que les galliformes (*Brennan et al., 2009 ; Winder et al., 2013*).

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 circulation liée aux livraisons de matériel et de matériaux. En effet, un chantier éolien génère un nombre significatif de passages 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, 2000*) 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 5 années du parc éolien de Bouin en Vendée a mis en évidence une désertion par le Busard cendré 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 (*Steinborn et al., 2011*), le Lagopède d'Ecosse, la Bécassine des marais ou encore le Courlis cendré (*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, l'Alouette des champs et le Pipit farlouse 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 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 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 déplacement vers des habitats sous optimaux (*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 ; Hötter 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*). Des réactions d'évitement ont ainsi été constatées pour des Cygnes de Bewick hivernant à proximité de parcs éoliens aux Pays-Bas (*Fijn et al., 2012*), pour le Faisan de Colchide en Grande-Bretagne (*Devereux et al., 2008*), pour le Courlis cendré 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 (*Hötter 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 ou encore le Vanneau huppé 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*).

En période nidification, le Vanneau huppé se tient en effet à une distance de 260 m des éoliennes et le Pluvier doré ne s'approche généralement pas à moins de 175 mètres des machines (*Hötter et al., 2006*).

Néanmoins, cette sensibilité des oiseaux hivernants est loin d'être une généralité et, selon les caractéristiques des parcs éoliens étudiés, des conclusions différentes ont parfois été obtenues. Ainsi, *Devereux et al. (2008)* par exemple n'a pas constaté de signes d'évitement de la part de la majorité des oiseaux hivernants dans les plaines agricoles en Grande-Bretagne.

Des résultats contrastés ont également été obtenus pour les oiseaux nicheurs, certaines études ne montrant pas d'effets négatifs des parcs éoliens sur le succès reproducteur (*Reichenbach & Steinborn, 2006*) ni sur la densité des oiseaux (*Dulac et al., 2008 ; Douglas et al., 2011 ; Steinborn et al., 2011 ; Garcia et al., 2015*) alors que d'autres ont mis en évidence une baisse significative des effectifs d'oiseaux nicheurs à proximité des aérogénérateurs (*Pearce-Higgins et al., 2009 ; Shaffer & Buhl, 2015*).

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 500m autour des machines, les espèces les plus impactées étant la Buse variable, le Busard Saint-Martin, le Pluvier doré, la Bécassine des marais et le Traquet motteux.

Des tendances similaires avaient déjà été dégagées en 1999 aux Etats-Unis par *Leddy et al.* avec une densité de passereaux nicheurs dans les prairies significativement plus élevée à plus de 180m 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 désaffection, entraînant ainsi une réduction de l'aire vitale et une fragilisation des effectifs locaux. Une étude menée dans le Wisconsin, aux Etats-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 100m des machines (Garvin et al., 2011).

Cette perturbation des domaines vitaux liée à l'évitement des parcs éoliens est cependant controversée et semble varier selon les espèces et la période d'installation du parc. En effet, plusieurs études ont montré qu'un parc éolien pouvait faire partie intégrante du domaine vital pour bon nombre d'espèces (Aigle pomarin, Busards cendré et Saint-Martin, Faucon crécerelle, Milan royal, Pygargue à queue blanche, Vautour fauve, etc.) avec l'établissement de nids à seulement quelques centaines de mètres des mâts (Madders & Whitfied, 2006 ; Dahl et al., 2013 ; Hernández-Pliego et al., 2015).

■ 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 2 Mégawatts avec un diamètre de rotor de 60 mètres (Pedersen & Poulson, 1991). Les études ont révélé que les passereaux et petits rapaces tendent à changer leur route de vol quelques 100 à 200 mètres avant d'arriver sur une éolienne, de façon à la survoler ou à la contourner.

Le rapport « Impact des éoliennes sur les oiseaux » (ONCFS, 2004) indique lui aussi qu'en conditions normales, « les oiseaux ont manifestement la capacité de détecter les éoliennes à distance (environ 500 mètres) et adoptent un comportement d'évitement, qu'il s'agisse de sédentaires ou de migrateurs ».

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, 5 réactions sont possibles (Figure 5) :

- 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 mobiles voisines.

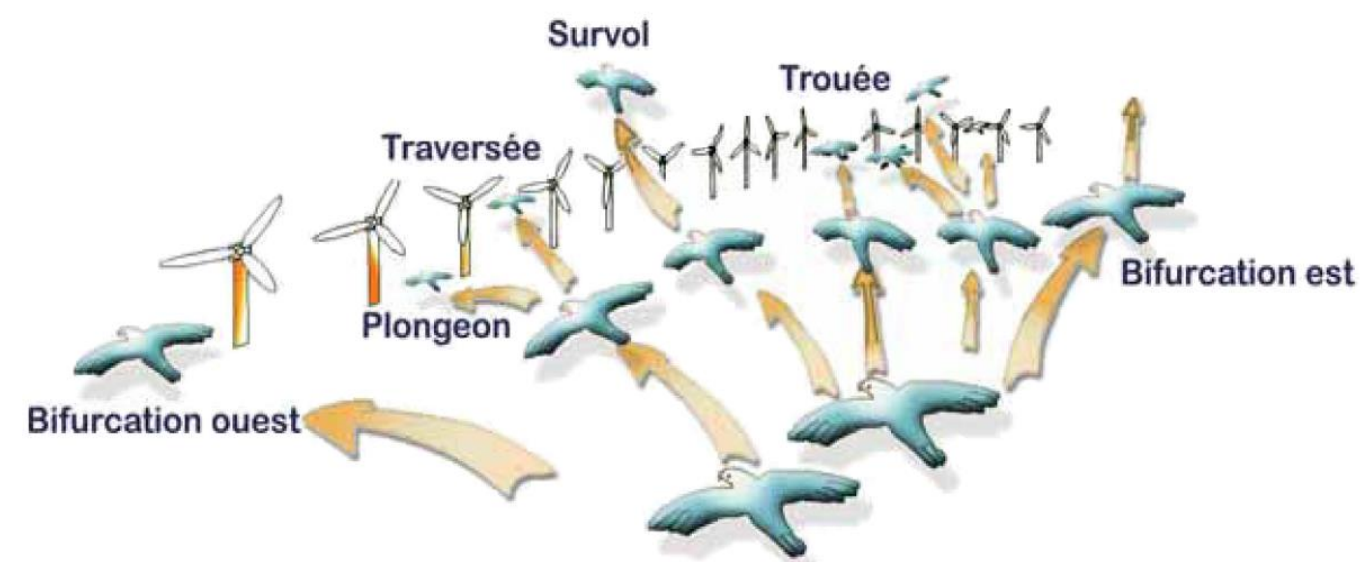


Figure 2. Réactions des oiseaux en vol confrontés à un champ d'éoliennes sur leur trajectoire (d'après Albouy et al., 2001)

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 et de plusieurs espèces d'oies et de limicoles (Hötker et al., 2005) mais aussi de la Cigogne noire qui peut parcourir 20 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 sur 5 parcs éoliens champenois (2010) 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, les Grues cendrés, les Pigeons ramiers ou encore les Vanneaux huppés.

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 revue de la littérature effectuée par *Drewitt & Langston (2006)* suggère que les effets barrière identifiés à ce jour 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. *Pearce-Higgins et al. (2008)* envisagent par exemple dans le futur des impacts significatifs sur les populations de Pluvier doré.

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 mâts 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 mâts 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 (i.e. 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*; *Everaert & Steinen, 2007*; *de Lucas et al., 2008*; *Hötker, 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 Etats-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 Etats-Unis (*Tosh et al., 2014*).

2.1.3.3 Caractéristiques des espèces

Plusieurs études ont identifié les Ansériformes (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*): le type de vol pratiqué (faible manœuvrabilité lié à la pratique majoritaire du vol plané, bien souvent à hauteur de pales), le comportement de chasse particulièrement risqué (attention moins grande lorsqu'ils se focalisent sur leur proie), les interactions intraspécifiques (et notamment les parades en vol), leur habitat (les parcs éoliens sont bien souvent situés en plaine agricole qui constitue leur zone de chasse préférentielle), etc.

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 Etats-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 automnale 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, 10712 (dont 2861 en France) cadavres de chauves-souris victimes des éoliennes ont été répertoriés depuis 2003. Les espèces les plus impactées sont les pipistrelles, notamment la Pipistrelle commune et la Pipistrelle pygmée (*Pipistrellus pipistrellus* et *Pipistrellus pygmaeus*) avec 3298 cas répertoriés au total, la Pipistrelle commune seule avec 2435 cas, la Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*) avec 1623 cas, et les noctules, avec 1565 cas pour la Noctule commune (*Nyctalus noctula*) et 719 cas pour la Noctule de Leisler (*Nyctalus leislerii*).

En France, les espèces les plus impactées sont la Pipistrelle commune (1012), la Pipistrelle de Nathusius (276), Pipistrelle de Kuhl (219), la Pipistrelle pygmée (176), la Noctule de Leisler (153) et la Noctule commune (104)

Les figures ci-après récapitules, espèce par espèce, le nombre de cas connus de collisions de chauves-souris 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'Etat fédéral de Brandenburg (Allemagne) qui répertorie l'ensemble des cas connus de collisions en Europe (Dürr, 2021).

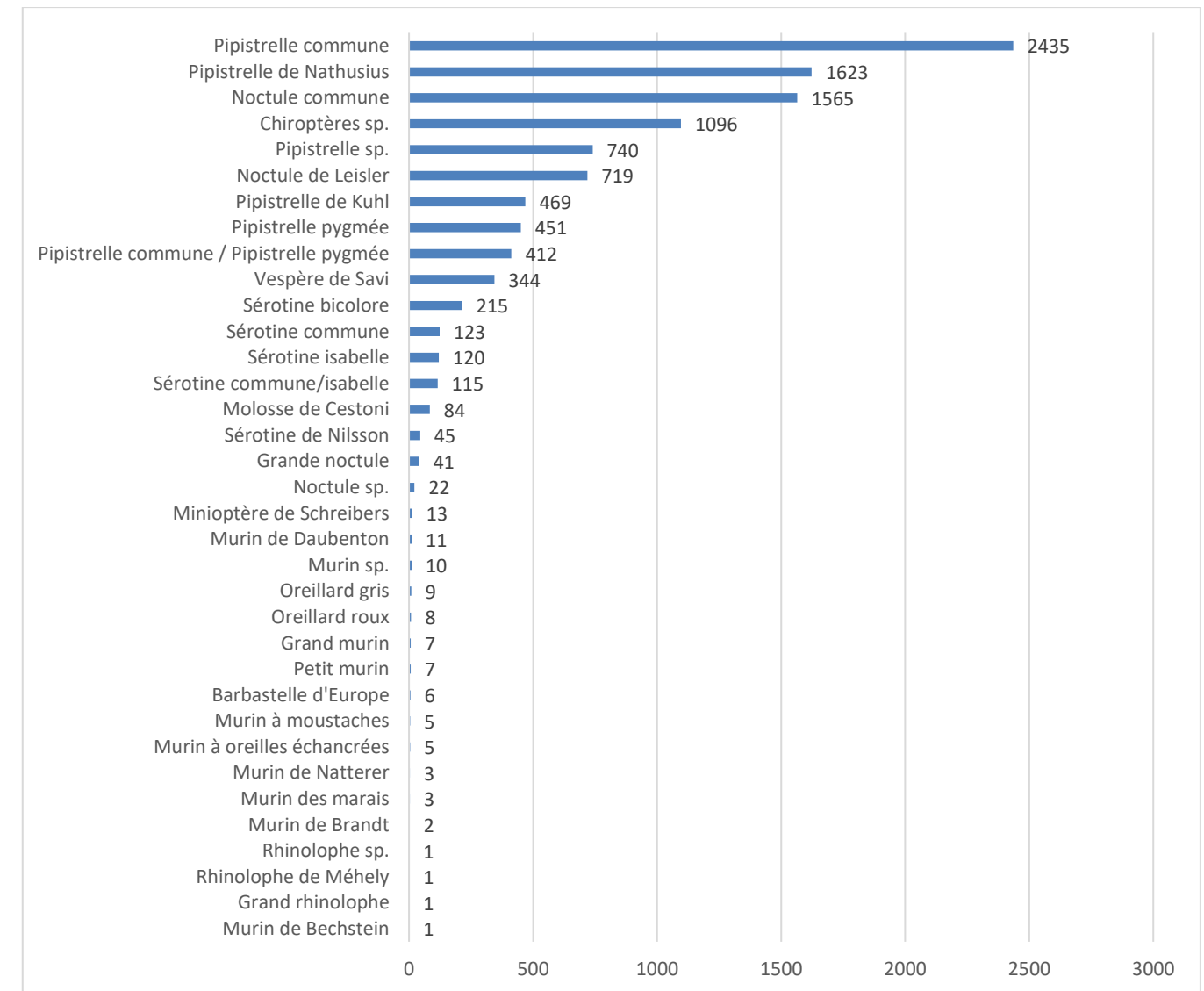


Figure 3. Cas connus de collisions de chauves-souris avec des éoliennes en Europe (Dürr, mai 2021)

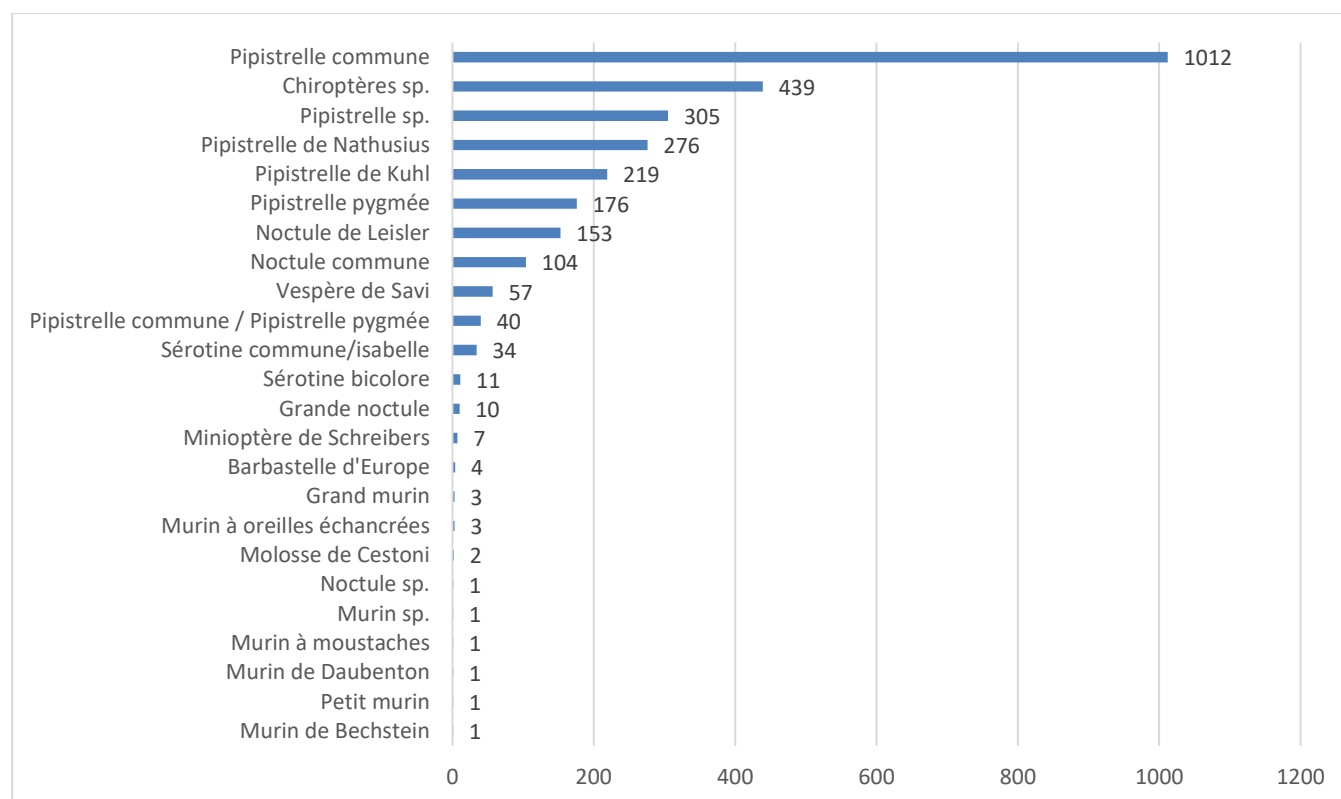


Figure 4. Cas connus de collisions de chauves-souris avec des éoliennes en France (Dürr, mai 2021)

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 (Grodsky et al., 2011) voire contestent son existence (Houck, 2012 ; 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, etc. (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 ; Hötker 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 1,5m d'altitude et 0 et 7% à 22m 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 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. (2010) 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 0 et 3 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 2 et 5 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 5 à 20 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. (2010), 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 Oreillards (*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. METHODOLOGIE

3.1 Justification du protocole de suivi environnemental

L'étude concerne un suivi environnemental d'une durée de quasiment 1 ans pour la mortalité et d'un cycle écologique pour les chiroptères, du parc éolien de Gommerville, dans le département de l'Eure et Loir (28) et dans la région Centre-Val de Loire. Le suivi est réalisé dans un rayon de 500 m autour des machines et vise ainsi l'estimation de l'impact des éoliennes sur le comportement 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 (migrateurs, 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.

L'analyse du protocole en vigueur conformément à l'annexe 3 stipule la démarche devant être mise en place :

- Parcs éoliens situés dans la région Centre-Val de Loire
- 8 éoliennes pour le parc d'une puissance de 2,3 MW chacune
- Etude d'impact réalisée en 2005
- Mise en service en juin 2012, soit depuis plus de 3 ans → **Cas 1**
- Un suivi environnemental des chiroptères a été prévu par l'exploitant dans l'étude d'impact → **Cas B**

En fonction des 2 cas de figure majorants présentés précédemment, il convient de respecter le schéma suivant : « 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. Elles seront complétées par un suivi sur le groupe d'espèces non étudié conformément au protocole ».

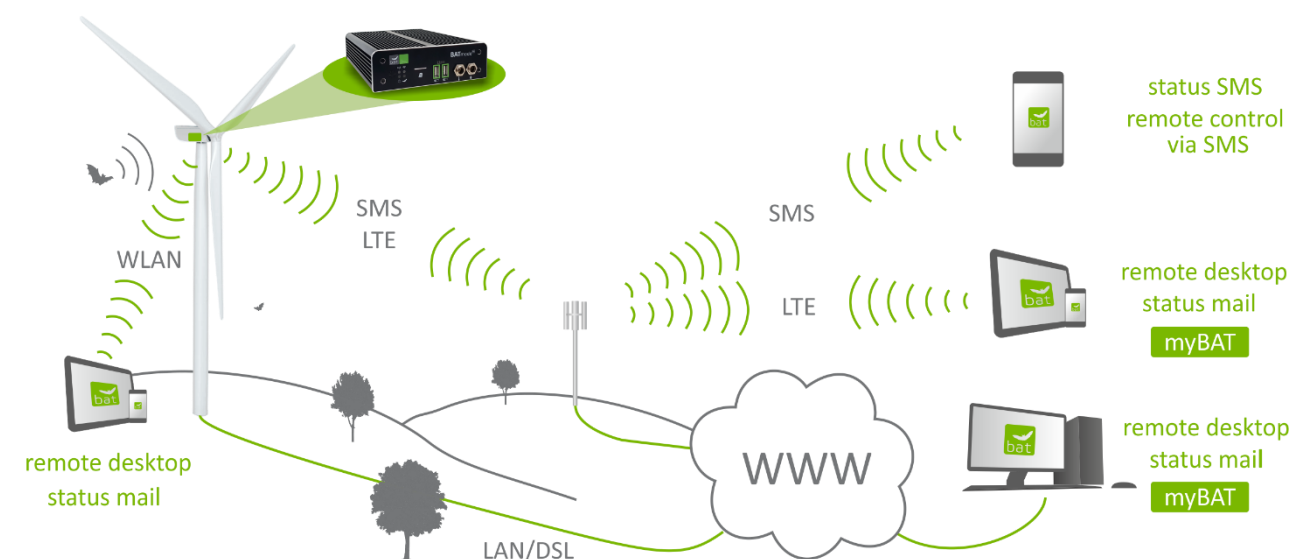
Selon l'annexe 3 du protocole national, des conclusions de l'étude d'impact et des informations transmises par **THEOLIA**, il est proposé le protocole suivant :

- Suivi de l'activité chiroptérologique en nacelle
- Etude de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux.

3.2 Protocole utilisé pour les chiroptères

Le suivi des chiroptères en nacelle est assuré par un BATmodeS+. Cet appareil est développé par la société bioacousticstechnology 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 email. Par ailleurs, le BATmodeS+ dispose d'un disque dur interne de 250Go permettant d'emmagasiner les données même en l'absence de connexion à distance.



Un BatmodeS+ a été installé le 17 mars 2021 à hauteur de nacelle sur l'éolienne CEGAR13 pour permettre le suivi des chiroptères en hauteur au cours de trois périodes importantes du cycle biologique des chauves-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 SFEPM (2016)

Les enregistrements du Batmode ont été perturbés en période de transit printanier à cause d'un problème de carte SIM survenu le 22 mars. Ainsi aucune activité n'a été enregistré au cours de cette période, malgré la période du 17 au 22 mars où le Batmode a fonctionné correctement. Les données n'ont pu être récoltées qu'à partir du 11 juin suite à l'intervention en nacelle pour fixer le problème.

Carte 2 - Localisation du point d'enregistrement en altitude (chiroptères) - p 23



Parc éolien Les Gargouilles (28)

Suivi environnemental

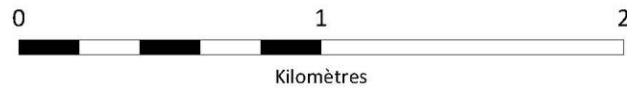
Localisation du point d'enregistrement en altitude pour les chiroptères (BATmode S)



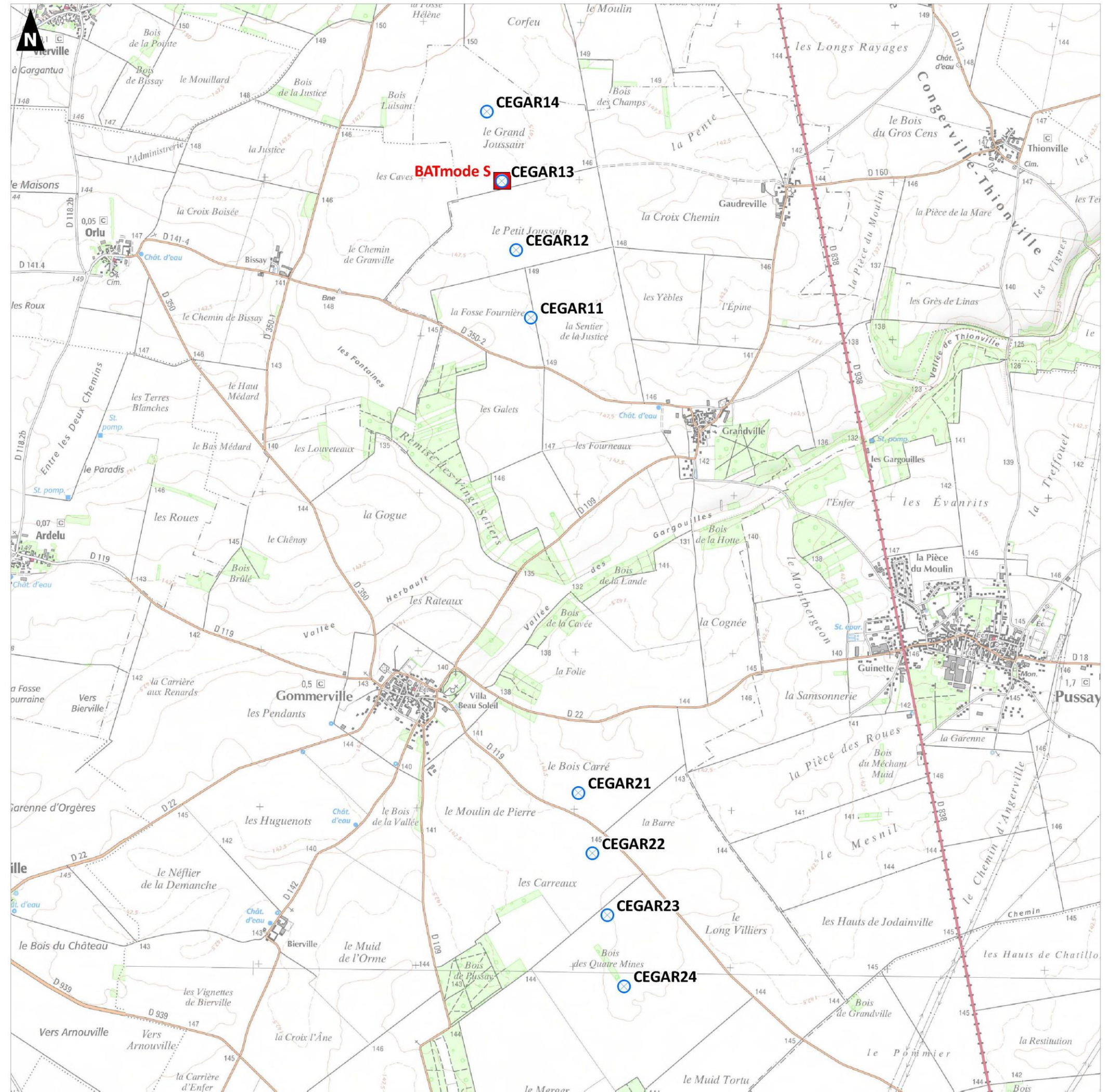
Méthode d'inventaire



Enregistreur automatique (BATmode S)



Réalisation : AUDDICE, novembre 2021
Sources de fond de carte : IGN SCAN 25
Sources de données : THEOLIA - AUDDICE, 2021



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 sous les éoliennes et dans un carré de 100 mètres de côté autour d'une machine.

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.

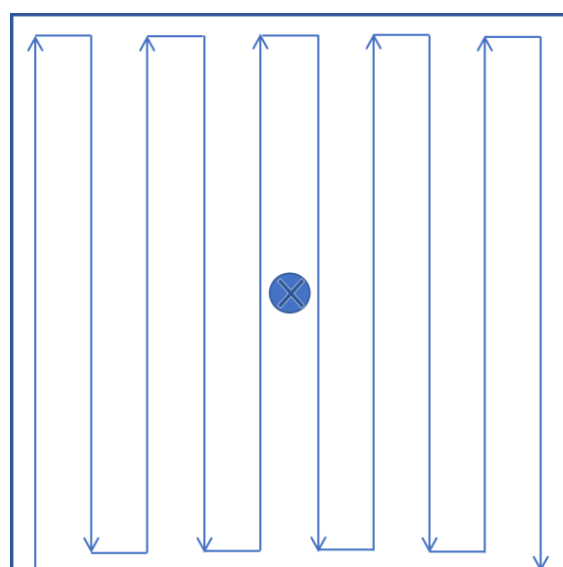


Figure 5. Parcours réalisé lors des prospections

Cette recherche, et donc le fait de trouver des dépouilles, 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.

Une attention particulière est apportée à la couverture végétale, notamment agricole. Aussi, si lors d'une période les accès demeurent impossibles (exemple culture trop dense) en raison de l'usage du sol, une extrapolation aux éoliennes accessibles 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 mât ;
- 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 (2 ou 3 par cadavre) ;
- la cause éventuelle de la mort.

Pour ce projet, il est proposé d'effectuer un suivi de mortalité sur l'ensemble du parc éolien qui comprend huit éoliennes

A ce jour, pour chacune des éoliennes, 1 passage toutes les 2 semaines a été réalisé entre mi-mai et fin juillet, soit 7 sorties, et un passage hebdomadaire entre début août et fin octobre 2021, soit 20 échantillonnages au total.

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 basent 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 plus pertinente. Ainsi, dans le cadre de ce projet, plusieurs indices seront calculés.

■ INDICE DE WINKELMAN (1989-92)

Comme l'indique *Winkelman* (1992), le nombre total d'individus tués par les éoliennes est égal au nombre d'individus trouvés morts moins ceux dont la cause de la mort n'est pas liée aux éoliennes. Pour ce faire, des tests d'efficacité et de prédation sont effectués.

La formule à appliquer est la suivante : $N_{\text{estimé}} = (N_a - N_b) / (P * d)$

N_a est le nombre total de cadavres retrouvés ;

N_b le nombre d'oiseaux tués par une autre cause que les éoliennes (cadavres ne présentant pas les symptômes d'une mort par collision, projection / barotraumatisme) ;

P est le taux de persistance ou de prédation sur le site (plus le temps d'intervalle des recherches est court, plus P est proche de 1 et limite le biais) ;

d est le taux d'efficacité (ou taux de détection) du chercheur.

Limite : le calcul est impossible à réaliser dans le cas où l'ensemble des cadavres disparaissent entre 2 visites.

■ 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 0. La formule est la suivante :

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

I est la durée d'intervalle entre 2 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 :

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

Il y a également le rajout du terme d'intervalle effectif puisque, plus l'intervalle est long, plus le taux de persistance est faible. Cet intervalle effectif, noté \hat{I} , correspond à la durée au-delà de laquelle le taux de persistance P est inférieur à 1%.

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

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

a est le coefficient de correction surfacique ;

e est le coefficient correcteur de l'intervalle équivalent à $(\text{Min } I : \hat{I}) / I$.

On notera que dans l'équation, I prendra la valeur minimale entre I et \hat{I} .

■ 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 :

$$p = tm \cdot (1 - e^{-I/tm}) / I$$
$$N \text{ estimé} = (Na-Nb) / (a \cdot d \cdot p \cdot \hat{e})$$

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

■ TEST D'EFFICACITE

Dans le cadre de ce projet, à ce jour 3 tests d'efficacité des chercheurs ont été mis en place.

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

A ce jour, trois tests d'efficacité ont été effectués au cours du suivi (1 fois en juillet 2020, 1 fois en octobre 2020 et 1 fois en juin 2021) et, dans la mesure du possible, pour des types d'habitat distincts, spatialement répartis dans le parc éolien, afin de déterminer l'efficacité des recherches saisonnières propres à chaque habitat.

Les tests ont été réalisés d'une manière inopinée pour chaque observateur afin d'éviter tout biais possible. 20 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 PREDATION = COEFFICIENT CORRECTEUR P

Deux tests de persistance des carcasses ont été réalisés afin de déterminer les taux de prédation. Ces tests ont pour but d'estimer le pourcentage de chauves-souris ou d'oiseaux qui sont pris par des prédateurs dans les aires d'étude. Les estimations des taux de persistance des carcasses servent au rajustement du nombre de carcasses trouvés au cours des suivis afin de corriger le biais de persistance.

Les tests de prédation des carcasses sont effectués selon le même intervalle que pour les tests d'efficacité soit 1 fois en juillet et 1 fois en octobre. Dans la mesure du possible, les différents types d'habitats seront concernés.

20 carcasses-tests (poussins), 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). Elles sont ensuite suivies jusqu'à leur disparition afin de déterminer le taux de prédation en fonction du temps écoulé.

Les carcasses sont :

- placées avant le lever du jour en utilisant des gants afin d'éviter les odeurs qui pourraient biaiser les résultats (c.-à-d. attirer les prédateurs, etc.) ;
- suivies jusqu'à ce que toutes les carcasses soient retirées ou jusqu'à la fin de la période des tests de persistance des carcasses.

Pour chaque test, le déroulement est le suivant :

- j0 : dépôt des cadavres ;
- j+1 : première recherche (obligatoire) ;
- j+4 : deuxième recherche (obligatoire) ;
- j+7 : troisième recherche (obligatoire) ;
- j+10 : quatrième recherche (s'il reste des cadavres à j+7) ;
- j+14 : quatrième recherche (s'il reste des cadavres à j+10).

■ LIMITES DE LA METHODE

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...).

La détermination de ces coefficients, bien qu'elle soit très importante, n'est donc pas très fiable. Un investissement considérable en temps est nécessaire à l'établissement de fourchettes d'erreurs fiables (échantillonnage suffisant).

■ 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, etc.), il est important de prendre en considération la proportion de cette zone.

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

Ainsi, d'après la formule simplifiée d'Arnett (2005), le coefficient correcteur de surface pour une éolienne équivaut à :

$$A = \frac{\sum_k C_k / S_k}{\sum_k C_k}$$

Avec C_k correspondant au nombre de carcasses trouvées dans le cercle concentrique k ; et S_k correspondant à la portion de surface prospectée dans le cercle concentrique k

Or, la surface à prospector est une placette de 100mx100m, en référence au protocole LPO (André, 2009). De ce fait, pour cette étude, les surfaces de prospection sont des carrés centrés sur l'éolienne.

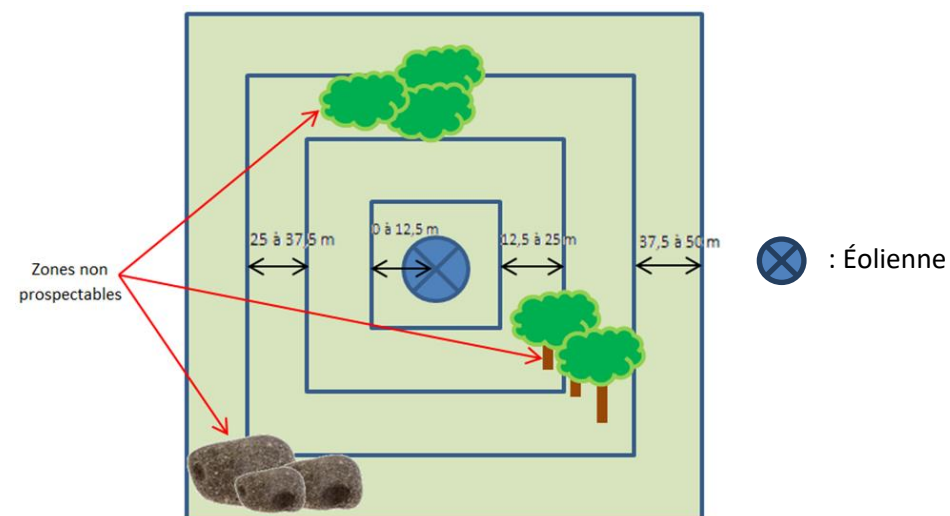


Figure 6. Schéma représentatif des carrés concentriques dont la surface réellement prospectée est à renseigner pour le calcul du coefficient correcteur « a »

La surface prise en compte pour chaque carré correspond à une distance de 12,5 mètres, ce qui permet d'obtenir 4 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 surfaces des carrés ne se superposent pas afin de ne pas comptabiliser plusieurs fois une même surface.

3.4 Limites des méthodes utilisées

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 (distance d'émission des ultrasons) et de la position des individus par rapport au champ de détection des micros.

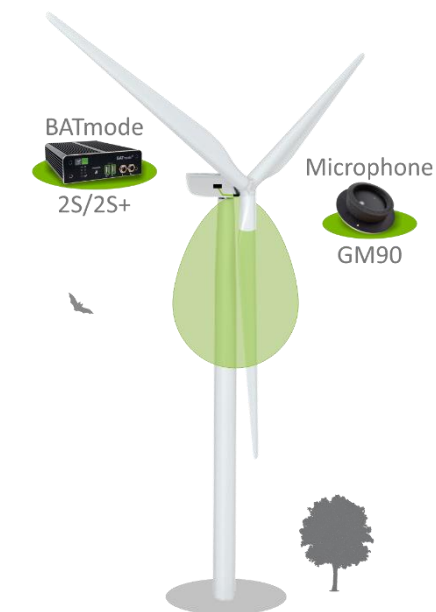


Figure 7. Schéma du champ de détection des micros utilisés

CHAPITRE 4. SUIVI CHIROPTEROLOGIQUE

4.1 Résultats de l'étude en hauteur

L'enregistrement des données ayant été perturbé au cours du transit printanier, cette partie traite principalement des résultats en période de parturition et de transit automnal. En effet, seulement 5 nuits, du 17 mars au 22 mars ont pu être enregistrées en période de transit printanier. Au cours de ces nuits l'activité enregistrée est nulle. Le démarrage effectif des données n'a pu démarrer qu'à partir du 11 juin suite à l'intervention en nacelle pour fixer le problème lié à la carte SIM.

4.1.1 Répartition de l'activité en fonction de la période

Le faible nombre de contact recensé sur la totalité des enregistrements ne permet pas d'estimer s'il y a une réelle variation de l'activité en hauteur en fonction de la période. Toutefois c'est au cours de la période de parturition qu'il y a eu le plus grand nombre de contact.

Période (nuits d'enregistrement)	Total de nuit d'échantillonnage	Nombre de contact	Moyenne par heure si présence	Maximum par heure en une nuit	Total de nuit avec au moins un contact	Proportion de nuit avec au moins un contact
Transit printanier (17/03 au 22/03)	5	0	0	0	0	0%
Parturition (11/06 au 15/08)	66	37	0,89	1,20	4	6%
Transit automnal (16/08 au 31/10)	77	4	0,15	0,23	2	3%

Tableau 3. Répartition des contacts de chiroptères en hauteurs en fonction de la période

- Parturition

En parturition, les contacts enregistrés se répartissent seulement sur 4 nuits d'enregistrement. Trois de ces nuits présentent un niveau d'activité « modéré à fort » (01/07, 10/07 et 02/08), et une nuit (23/07), un niveau d'activité « faible à modéré ». Sur les 66 nuits échantillonnées, 94% (62 nuits) ont un niveau d'activité nul.

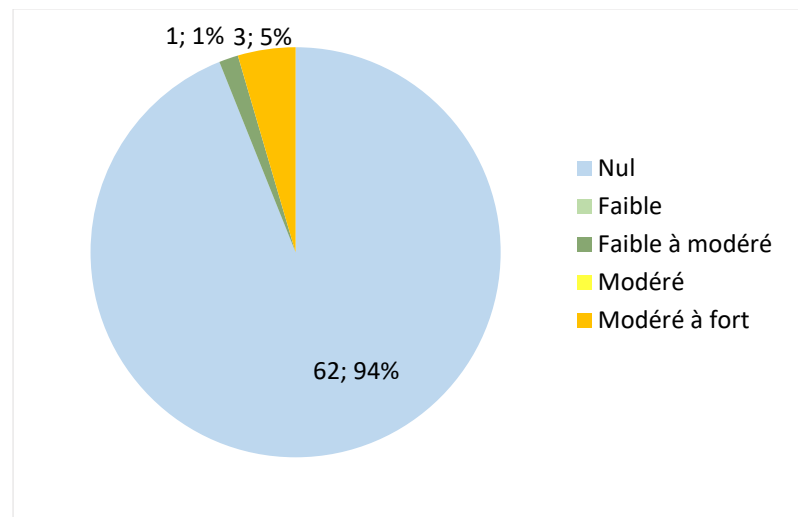


Figure 8. Répartition des niveaux d'activité en période de parturition

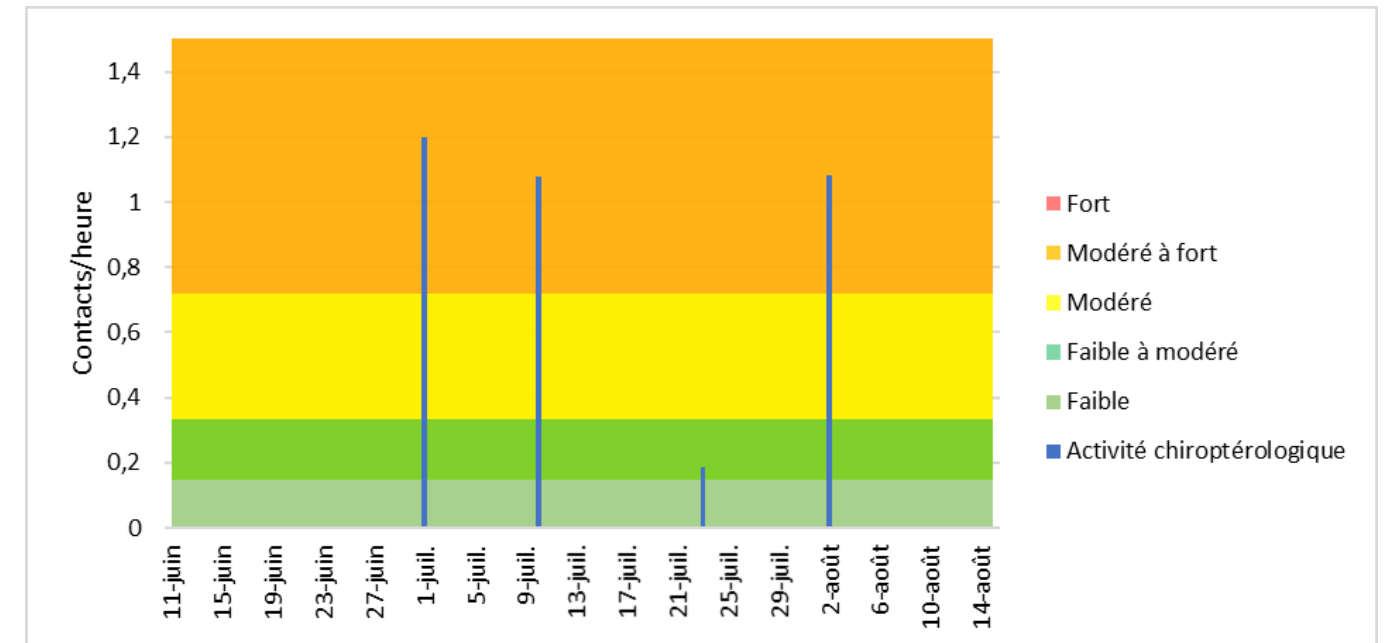


Figure 9. Niveau d'activité à hauteur de nacelle en période de parturition

- Transit automnal

En transit automnal, l'activité est peu significative. Les contacts enregistrés se répartissent sur deux nuits d'enregistrement (20/08 et 12/09) avec un niveau d'activité de « faible » le 20/08 à « faible à modéré » le 12/09. Sur les 77 nuits échantillonnées, 97% (75 nuits) ont un niveau d'activité nul.

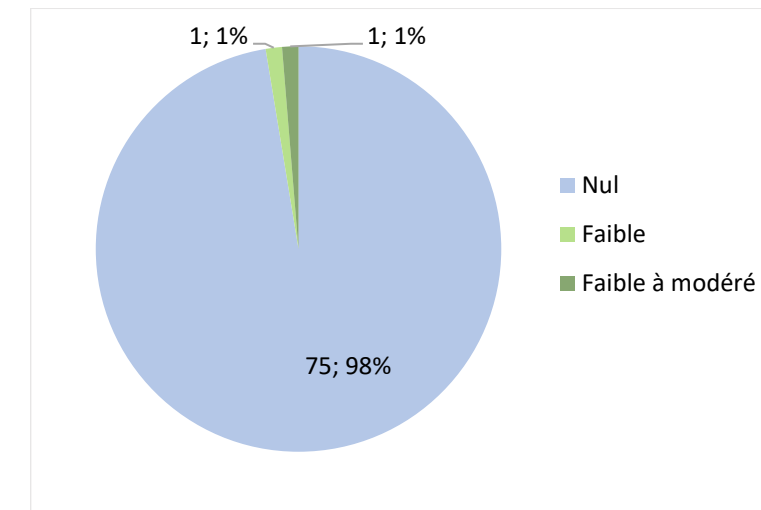


Figure 10. Répartition des niveaux d'activité en transit automnal

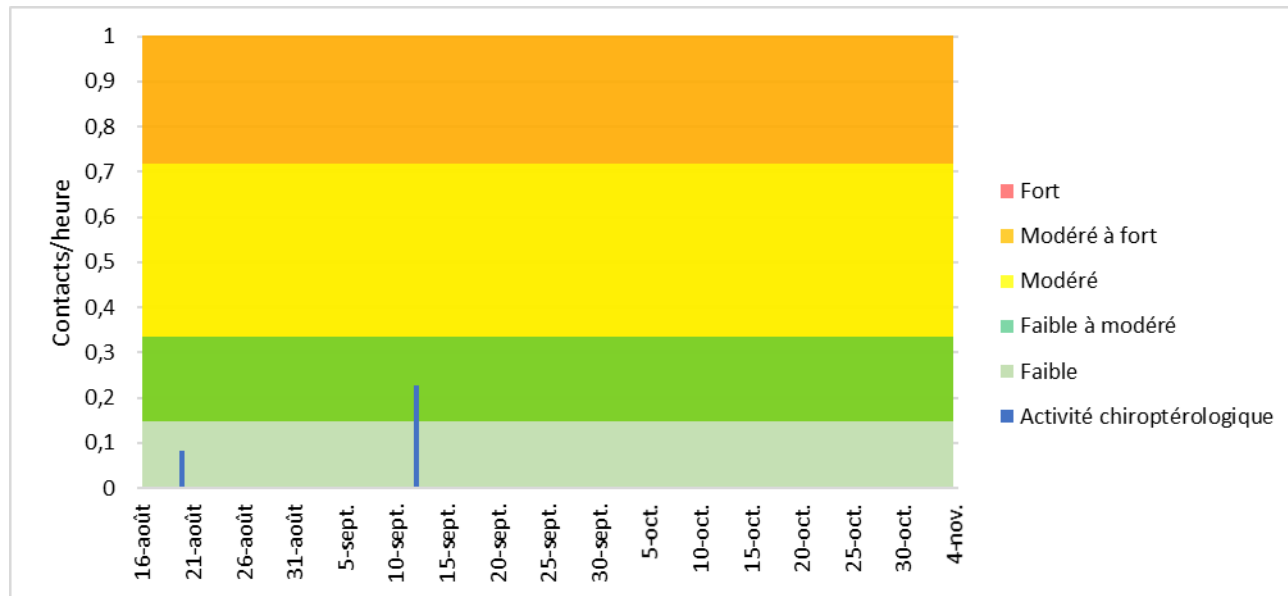


Figure 11. Niveau d'activité à hauteur de nacelle en transit automnal

4.1.2 Richesse spécifique par période

En termes de composition spécifique de l'échantillonnage, seulement deux groupes ont été contactés en nacelle : le groupe des Pipistrelles et le groupe des Sérotines et/ou Noctule. Le groupe des Pipistrelle n'a été contacté qu'en parturition, et le groupe des Sérotines et ou/Noctule qu'en période de transit automnal.

Le groupe des Pipistrelles est majoritaire en hauteur de nacelle de CEGAR13 sur l'ensemble des nuits échantillonnées (90% des contacts).

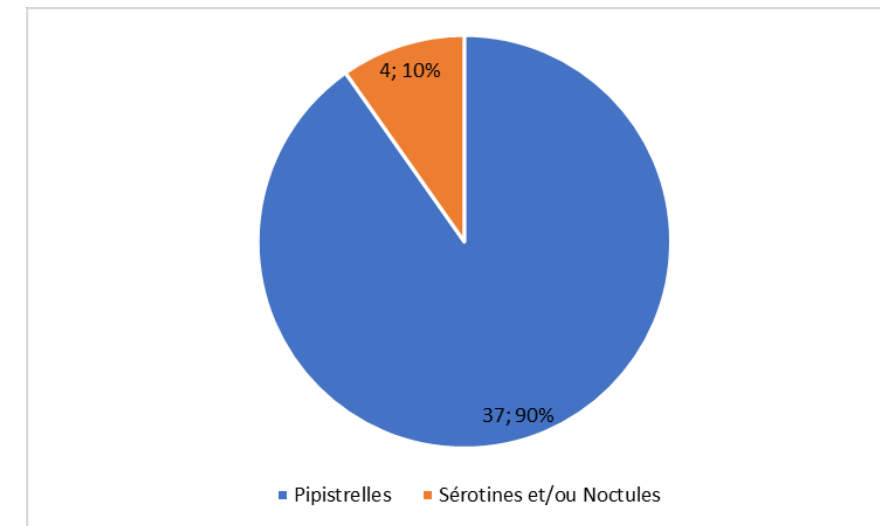


Figure 12. Répartition des groupes d'espèces sur l'ensemble de l'échantillonnage en hauteur de nacelle

Sur le plan de la richesse spécifique, deux espèces ont été identifiées au cours de la période de transit automnal, la Noctule commune *Nyctalus noctula* et la Noctule de Leisler *Nyctalus leislerii*, et seulement une espèce en période de parturition : La Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus*.

En considérant l'intégralité de la période d'échantillonnage, 3 espèces ont été identifiées.

Transit printanier	Parturition		Transit automnal	
	Espèce	Nombre de contacts	Espèce	Nombre de contacts
	Pipistrelle commune	37	Noctule de Leisler	3
			Noctule commune	1
	1	37	2	4

Tableau 4. Espèces identifiées par période en hauteur de nacelle (CEGAR 13)

L'éloignement de l'éolienne CEGAR13 des secteurs de haies ou boisements et le contexte environnemental de cultures céréalières intensives peut expliquer la faible richesse spécifique.

4.1.3 Bioévaluation patrimoniale et légale

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 [...] ».

Sur l'ensemble des périodes d'inventaires et des suivis de mortalité, 4 espèces ont été identifiées de façon certaines au cours de l'étude.

- Une espèce est considérée vulnérable en France : la Noctule commune ;
- 3 espèces sont quasi-menacées en Centre-Val de Loire : la Noctule commune, la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius ;
- 4 espèces ont une sensibilité vis-à-vis des éoliennes : la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle de Nathusius et la Pipistrelle commune.

La Pipistrelle de Nathusius n'a pas été détecté dans les enregistrements en nacelle de l'éolienne CEGAR13. La seule donnée concerne un cadavre identifié au cours du suivi de mortalité, le 13/09 sur la parcelle jouxtant l'éolienne CEGAR14.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Protection Nationale	Berne	Dir Hab	LR France	LR Monde	LR Centre-Val de Loire	Nombre de cas de mortalité liés aux éoliennes en France T.DÜRR-maj du 7 mai 2021	Nombre de cas de mortalité liés aux éoliennes en Europe T.DÜRR-maj du 7 mai 2021	Sensibilité éolien Centre-Val de Loire	Sensibilité éolien Centre-Val de Loire	Sensibilité France	Sensibilité Eurobats
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Art 2	Be II	Ann IV	NT	LC	NT	153	719	3	Fort	Fort	Elevée
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Art 2	Be II	Ann IV	VU	LC	NT	104	1565	3,5	Fort	Fort	Elevée
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Art 2	Be II	Ann IV	NT	LC	NT	276	1623	3,5	Fort	Fort	Elevée
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Art 2	Be III	Ann IV	NT	LC	LC	1012	2435	3	Fort	Fort	Elevée

Tableau 5. Statut des espèces de chauves-souris recensées

Légende

LR Monde & France (UICN 2017)

VU : espèce Vulnérable
NT : espèce quasi-menacée
LC : préoccupation mineure
LR : risque faible
DD : données insuffisantes

LR Centre-Val de Loire (2012)

Groupe Chiroptères Centre-Val de Loire
RE : régionalement éteint
CR: En danger critique d'extinction
VU: vulnérable
NT: Quasi menacée
DD: Données insuffisantes
LC : préoccupation mineure
NA: non applicable
NE : Non évalué

Arrêté du 23 avril 2007

Art 2 : Sont interdits, la destruction ou l'enlèvement des œufs et des nids, la destruction, la mutilation, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle des animaux dans le milieu naturel, Sont interdits, la destruction, l'altération ou la dégradation des sites de reproduction et des aires de repos des animaux,
Sont interdits la détention, le transport, la naturalisation, le colportage, la mise en vente, la vente ou l'achat, l'utilisation, commerciale ou non, des spécimens
Art 3 : Sont interdits, la destruction ou l'enlèvement des œufs et des nids, la destruction, la mutilation, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle des animaux dans le milieu naturel, Sont interdits la détention, le transport, la naturalisation, le colportage, la mise en vente, la vente ou l'achat, l'utilisation, commerciale ou non, des spécimens
Art 4 : Est interdite, la mutilation des animaux.
Sont interdits la détention, le transport, la naturalisation, le colportage, la mise en vente, la vente ou l'achat, l'utilisation, commerciale ou non, des spécimens
Art 5 : Est interdite, la mutilation des animaux.
Sont interdits, la naturalisation, le colportage, la mise en vente, la vente ou l'achat, l'utilisation, commerciale ou non, des spécimens

Convention de Berne:

- Annexe II: Espèces de faune strictement protégées
- Annexe IV: Espèces de faune protégées dont toute exploitation est réglementée

La directive Habitats:

- Annexe II: Espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation
- Annexe IV: Espèces animales et végétales d'intérêt communautaire qui nécessitent une protection stricte

4.2 Activité en fonction des paramètres physiques

Les données météorologiques utilisées ci-après ont été fournies par la société Théolia et proviennent des capteurs placés sur les éoliennes du parc éolien de Gommerville (les Gargouilles).

4.2.1 Vitesse du vent

Sur l'ensemble des données recueillies au cours de l'année 2021, la grande majorité des contacts (59%) a été réalisée à des vitesses de vents comprises entre 0 et 1 (vitesse minimale : 0,1). 27% des contacts ont été réalisés entre 2 et 3m/s, et 14% entre 4 et 6 m/s. Le maximum de vitesse de vent où l'activité a été enregistrée est de 5,7m/s. Malgré un pourcentage de données de vitesses de vent plus élevé au dessus de 5m/s au cours des nuits d'enregistrement (63% des données de vitesse du vent), 93% des contacts ont eu lieu à des vitesses de vents inférieures à 5m/s. Ces résultats montrent une préférence pour les vitesses de vent inférieures à 5m/s mais restent à relativiser au vu du faible nombre de contacts enregistrés sur l'ensemble de la période.

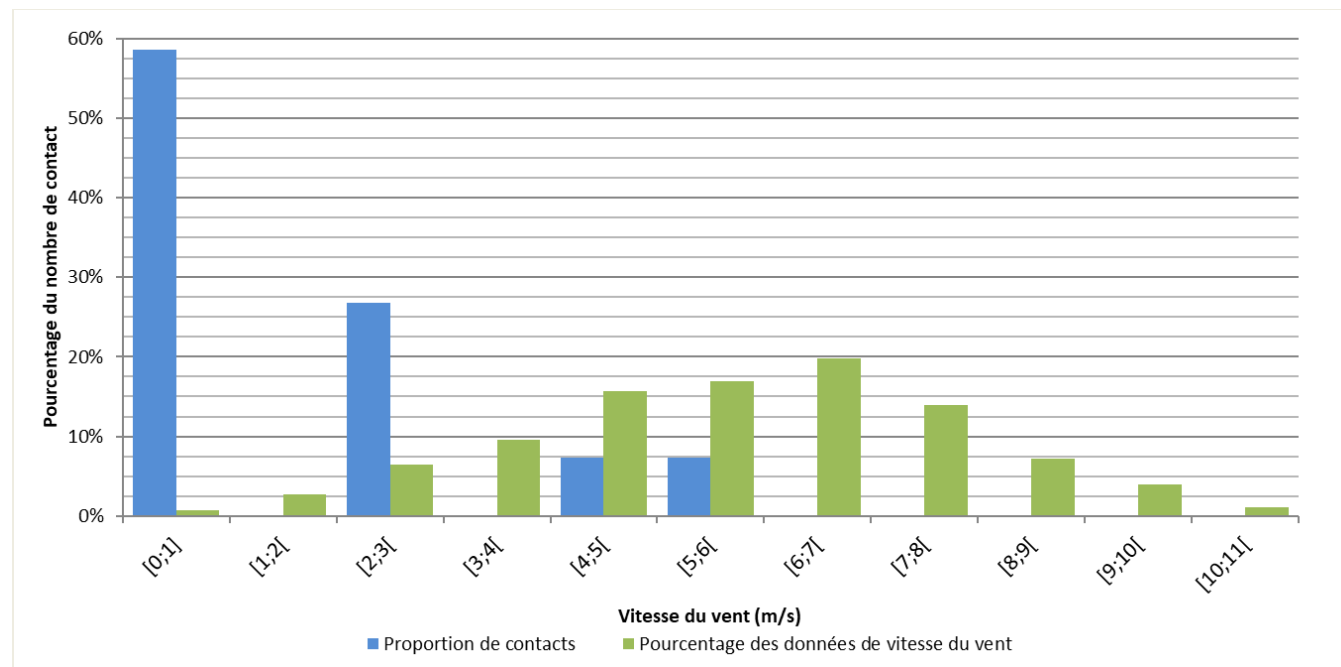


Figure 13. Activité en fonction de la vitesse d'après les données de 2021 enregistrées en nacelle

4.2.2 Température

Sur l'ensemble des données recueillies en 2021, 85% des contacts ont été enregistrés entre 14 et 18°C. La répartition est homogène entre ces températures (27% des contacts entre 14 et 15°C, 29% des contacts entre 16 et 17°C et 29% des contacts). Ces résultats montrent une préférence pour les températures inférieures ou égales à 14°C car aucun contact n'a été enregistré en dessous. La température max où l'activité a été enregistrée est de 24°C.

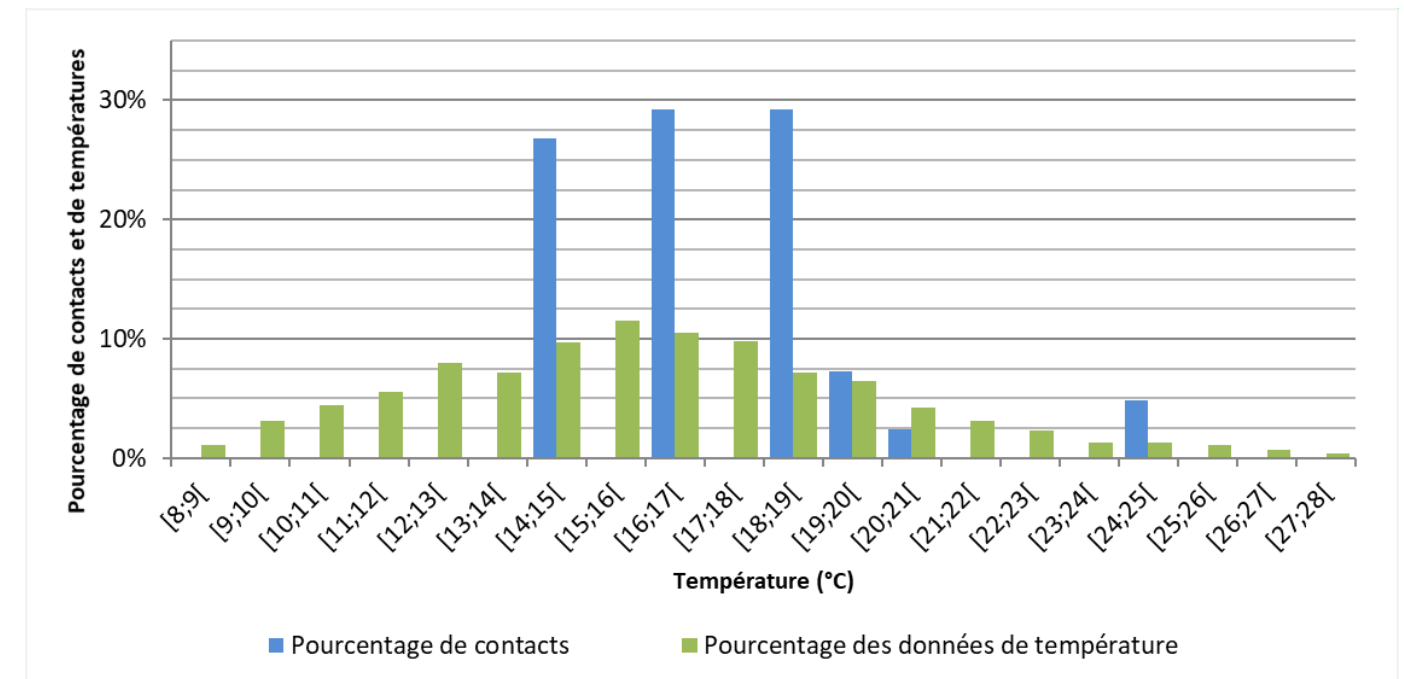


Figure 14. Activité en fonction de la température d'après les données de 2021 enregistrées en nacelle

4.2.3 Activité nocturne

D'après les données recueillies au cours de l'année 2021, les contacts les plus précoces ont été enregistrés en période de transit automnal entre 30minutes et 45minutes après le début de la nuit. Il s'agit des seuls contacts enregistrés à cette période, où l'activité se déroule généralement plutôt en début de nuit en raison des températures plus basses.

Le reste des contacts concerne la période de parturition. 34% de la totalité des contacts ont été enregistrés entre 2h et 3h après la tombée de la nuit, et 56% des contacts entre 2h et 3h avant le coucher du soleil. Ainsi l'activité est majoritaire en début et en fin de nuit. Aucun contact n'a été enregistré avant le coucher de soleil, et après le lever de soleil.

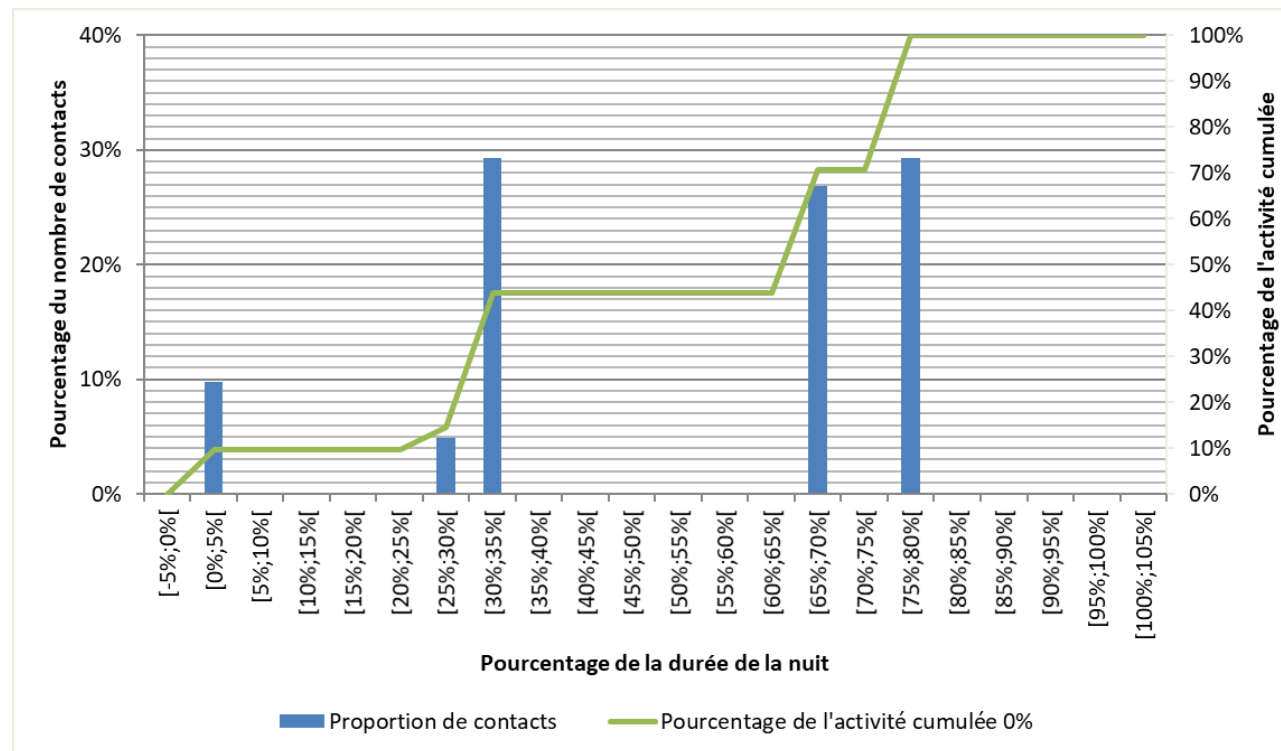


Figure 15. Activité nyctémérale d'après les données de 2021 enregistrées en nacelle

4.2.4 Synthèse de l'activité en fonction des paramètres enregistrés

Le tableau ci-dessous résume l'activité enregistrée selon les paramètres météorologiques.

	Température (°C)	Vent (m/s)	Activité nocturne
Maximum	24	5,7	2h (avant le lever)
90% de l'activité	18	5	2h30 (avant le lever)
75% de l'activité	16	4,2	2h45 (avant le lever)
50% de l'activité	14	2,9	3h (avant le lever)
25% de l'activité	14	0,6	2h30 (après le coucher)
10% de l'activité	14	0,1	2h (après le coucher)
Minimum	14	0,1	30min (après le coucher)

Tableau 6. Synthèse de l'activité en fonction du vent et de la température

Ces résultats montrent une préférence pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 5m/s et des températures supérieures ou égales à 14°C car environ 90% des contacts ont été enregistrés dans ces seuils. Concernant l'activité nocturne, 90% des contacts ont été enregistrés entre 2h et 3h après le coucher du soleil et avant le coucher du soleil.

L'ensemble de ces résultats est à prendre avec précaution du fait de l'absence de données en période de transit printanier et du faible nombre de contact enregistrés tout au long de la période d'enregistrement effective du Batmode en nacelle.

4.3 Synthèse des enjeux et de l'activité chiroptérologique

L'étude a été réalisée en hauteur (82m) au niveau de la nacelle CEGAR13 du parc les Gargouilles de Gommerville au cours de l'année 2021. Les résultats en hauteur concernent seulement la période de parturition et de transit automnal suite à la perturbation de l'enregistrement des données en période de transit printanier.

L'étude a démontré que l'activité chiroptérologique est faible sur le parc en hauteur. En effet il y a eu peu de contacts recensés pendant la période d'enregistrement effective du Batmode et plus de 95% des nuits échantillonnées ne montrent aucune activité.

Le contexte environnemental de cultures céréalières intensives de l'éolienne CEGAR13 ne favorise pas l'activité des chauves-souris. Des passages marqués de Pipistrelle commune ont tout de même été enregistrés en période de parturition avec un niveau d'activité « modéré à fort ». Un de ces passages, la nuit du 01/07 coïncide avec la découverte d'un cadavre de Pipistrelle commune sur la parcelle jouxtant l'éolienne CEGAR13. Au cours de la période de transit automnal l'activité enregistrée est peu significative avec seulement 4 contacts. Ce qui ne signifie pas qu'il n'y a pas eu d'activité significative sur le parc comme en témoigne la mortalité observée la journée du 13/09 (une pipistrelle commune à CEGAR11 et CEGAR23, une pipistrelle de Nathusius à CEGAR14).

Trois espèces (déterminées spécifiquement) ont été détectées au cours de l'étude en hauteur, la Pipistrelle commune, la Noctule commune et la Noctule de Leisler. La Pipistrelle commune est la seule espèce identifiée au cours de la parturition, tandis qu'elle n'a pas été détectée au cours du transit automnal. A ces trois espèces s'ajoute la Pipistrelle de Nathusius trouvée au pied de l'éolienne CEGAR14. La Noctule commune est classée vulnérable sur liste rouge en France. Les quatre espèces recensées sont considérées comme étant sensibles à l'éolien.

Les paramètres météorologiques, en particulier la température et la vitesse du vent montrent une influence sur l'activité des chauves-souris, c'est à des vitesses de vent inférieures ou égales à 5m/s et à une température supérieure ou égale à 14°C qu'a été enregistré 90% de l'activité des chauves-souris sur l'ensemble de la période d'échantillonnage. Aucune activité n'a été enregistré en dessous de 14°C. L'influence de ces paramètres d'après les résultats est à prendre avec précaution au vu de la faible activité enregistrée sur le parc.

CHAPITRE 5. ETUDE DE LA MORTALITE

5.1 Prospections 2021

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 7 et selon les conditions météorologiques suivantes, les dates grisées correspondant aux tests d'efficacité et de prédation (début et fin).

Les résultats ont été répartis en deux périodes spécifiques : la première période, du 17/05/21 au 28/07/21 a été prospectée une fois toutes les deux semaines et la seconde période, du 05/08/21 au 27/10/21 a été prospectée une fois par semaine.

Date	Nébulosité	Température min	Température max	Force du vent	Direction du vent	Précipitations
1^{ère} période						
17/05/2021	Ciel couvert	7°C	13°C	4 à 6	Ouest	Faible
03/06/2021	Ciel couvert	18°C	23°C	1 à 2	Sud-Ouest	Absence
17/06/2021	Ciel couvert	19°C	27°C	2 à 3	Ouest-Sud-Ouest	Absence
01/07/2021	Ciel peu nuageux à couvert	14°C	19°C	1 à 2	Nord	Absence
15/07/2021	Ciel très nuageux	20°C	22°C	3 à 4	Nord-Ouest	Absence
23/07/2021	Ciel couvert	21°C	27°C	3 à 5	Est	Absence
28/07/2021	Ciel couvert	13°C	18°C	4	Sud-Ouest	Averses
2^{ème} période						
05/08/2021	Ciel nuageux	17°C	21°C	2 à 4	Sud-Ouest	Absence
10/08/2021	Ciel nuageux	16°C	22°C	2 à 3	Sud-Ouest	Absence
18/08/2021	Ciel peu nuageux	16°C	19°C	2 à 3	Ouest	Faible
24/08/2021	Ciel clair	19°C	25°C	3 à 5	Nord-Est	Absence
01/09/2021	Ciel clair	16°C	21°C	4	Nord-Est	Absence
06/09/2021	Ciel clair	19°C	29°C	2 à 3	Est	Absence
13/09/2021	Ciel clair	13°C	25°C	3	Est	Absence
20/09/2021	Ciel couvert	14°C	18°C	2	Nord-Ouest	Faible
27/09/2021	Ciel couvert	15°C	19°C	3 à 4	Sud, Ouest	Absence à averses
05/10/2021	Ciel couvert	14°C	16°C	3 à 6	Ouest, Sud-Ouest	Absence à averses
14/10/2021	Ciel couvert	6°C	15°C	1 à 2	Est	Absence
21/10/2021	Ciel clair à couvert	13°C	15°C	4 à 5	Sud-Ouest, Ouest	Absence à moyenne
27/10/2021	Ciel clair	5°C	19°C	2	Sud	Absence

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

Tableau 7. Conditions météorologiques lors 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 17/06/2021 pour la première période, et le 13/09/2021 pour la seconde période. Les résultats sont présentés dans les tableaux ci-après.

Eolienne	Nb carcasses		Z
	Déposée(s)	Retrouvée(s)	
CEGAR 11	2	1	0,5
CEGAR 12	3	2	0,7
CEGAR 13	2	2	1
CEGAR 14	3	2	0,7
CEGAR 21	2	2	1
CEGAR 22	3	2	0,7
CEGAR 23	3	3	1
CEGAR 24	2	2	1
Parc	20	17	0,80

Tableau 8. Résultats du test d'efficacité du 17/06/2021

Pour la première période, le coefficient Z est de **0,80**.

Eolienne	Nb carcasses		Z
	Déposée(s)	Retrouvée(s)	
CEGAR 11	3	1	0,33
CEGAR 12	2	1	0,5
CEGAR 13	1	1	1
CEGAR 14	3	2	0,7
CEGAR 21	4	1	0,25
CEGAR 22	3	3	1
CEGAR 23	1	1	1
CEGAR 24	3	1	1
Parc	20	11	0,55

Tableau 9. Résultats du test d'efficacité du 13/09/2021

Pour la seconde période, le coefficient Z est de **0,55**

5.1.1.3 Les tests de prédation (taux de persistance P)

Le coefficient correcteur correspond au taux de cadavres toujours présents à J+7 (taux de persistance). 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 17/06/2021 pour la première période et le 06/09/2021 pour la seconde période. Les résultats sont présentés dans les tableaux ci-après.

Eolienne	Carcasses déposées (J0)	Carcasses restantes (Test 1)			Durée de persistance des cadavres
		J+1	J+4	J+7	
CEGAR 11	3	3	1	1	5,3
CEGAR 12	2	2	1	0	3
CEGAR 13	3	3	0	0	1
CEGAR 14	2	2	2	1	9,5
CEGAR 21	2	1	0	0	0,5
CEGAR 22	3	3	2	1	6,7
CEGAR 23	2	2	1	1	7,5
CEGAR 24	3	3	2	1	6,7
Parc	20	19	9	5	3,15

Tableau 10. Résultats du test de prédation du 17/06/2021

Le taux de persistance des cadavres pour la première période est de **P=0,25 à J+7** (P=0,45 à J+4 et P=0,95 à J+1) ce qui signifie que seul 25 % des cadavres persistent sur une durée de 7 jours.

La durée moyenne de persistance des cadavres est de 3,5 jours. Au cours de la 1^{ère} période, un passage a eu lieu toutes les 2 semaines.

Eolienne	Carcasses déposées (J0)	Carcasses restantes (Test 1)			Durée de persistance des cadavres
		J+1	J+4	J+7	
CEGAR 11	2	2	1	1	4
CEGAR 12	3	1	0	0	0,3
CEGAR 13	2	2	0	0	1
CEGAR 14	3	3	2	1	4
CEGAR 21	3	3	1	0	2
CEGAR 22	3	3	2	1	5,5
CEGAR 23	2	2	1	1	1
CEGAR 24	3	3	2	1	5,5
Parc	20	19	9	4	2,7

Tableau 11. Résultats du test de prédation du 06/09/2021

Le taux de persistance des cadavres pour la seconde période est de **P=0,2 à J+7** (P=0,45 à J+4 et P=0,95 à J+1) ce qui signifie que seul 20 % des cadavres persistent sur une durée de 7 jours.

La durée moyenne de persistance des cadavres est de 2,7 jours. Au cours de la 2^{ème} période, un passage a eu lieu tous les 7 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 (A)** de surface est renseigné, **ce dernier n'étant calculable que si un cadavre a été découvert**.

Première période									
Eolienne	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	
CEGAR 11	95%	0	42 %	0	15 %	0	11 %	0	NC
CEGAR 12	100%	0	80%	1	75,1%	0	68,9%	0	1,3
CEGAR 13	100%	1	52,4%	0	47,1%	0	45,9%	0	1
CEGAR 14	100%	0	64,3%	0	38,6%	0	38,5%	0	NC
CEGAR 21	90,0%	0	29,2%	0	12,6%	0	8,9%	0	NC
CEGAR 22	82,9%	0	36,4%	0	29,4%	0	30,1%	0	NC
CEGAR 23	84,4%	0	53,1%	0	45,3%	0	42%	0	NC
CEGAR 24	84,4%	0	53,1%	0	45,3%	0	42%	0	NC
Parc	92%	1	51%	1	39%	0	36%	0	1,6

Tableau 12. Coefficients correcteurs de surface pour la première période

Le coefficient correcteur de surface est égal à 1,6 pour l'ensemble des éoliennes suivies pour la première période.

Seconde période									
Eolienne	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	
CEGAR 11	99,2%	0	92,9%	0	92,3%	0	91,8%	1	1,08
CEGAR 12	100%	0	86,0%	0	83,2%	0	83,5%	0	NC
CEGAR 13	100%	0	100%	0	100%	0	100%	0	NC
CEGAR 14	100%	0	100%	0	100%	0	100%	2	1
CEGAR 21	100%	0	100%	0	100%	0	100%	0	NC
CEGAR 22	100%	1	100%	0	86,5%	0	73,9%	0	1
CEGAR 23	100%	0	100%	0	100%	1	100%	0	1
CEGAR 24	100%	0	100%	0	100%	0	100%	0	NC
Parc	100%	1	100%	1	100%	1	95,1%	2	NC

Tableau 13. Coefficients correcteurs de surface pour la seconde période

Le coefficient correcteur de surface est égal à 1,05 pour l'ensemble des éoliennes suivies pour la seconde période.

5.1.1.5 Cadavres découverts

Cadavre	Nom vernaculaire	Nom latin	Classe animale	Eolienne concernée	Date de découverte	Distance du mât
GOMO1	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Oiseaux	CEGAR 12	03/06/2021	19 m
GOMC1	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Chiroptères	CEGAR 13	01/07/2021	1 m

Tableau 14. Récapitulatif des cadavres découverts lors de la première période – mi mai à fin juillet 2021

Cadavre	Nom vernaculaire	Nom latin	Classe animale	Eolienne concernée	Date de découverte	Distance du mât
GOMO2	Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	Oiseaux	CEGAR 14	06/09/2021	52 m
GOMO3	Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	Oiseaux	CEGAR 22	13/09/2021	4 m
GOMC2	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Chiroptères	CEGAR 11	13/09/2021	20 m
GOMC3	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Chiroptères	CEGAR 23	13/09/2021	33 m
GOMC4	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Chiroptères	CEGAR 14	13/09/2021	41 m

Tableau 15. Récapitulatif des cadavres découverts lors de la seconde période – début août à fin octobre 2021



Photo 1. Photographies de différents cadavres retrouvés lors du suivi

De gauche à droite : Pipistrelle commune, Faucon crécerelle, Rougegorge familier.

Il est important de préciser que les surfaces prospectées ont été fortement réduites au cours de la première période. En effet, CEGAR 11, 13, 14, 21, 23 et 24 sont entièrement entourées par des céréales d'hiver et n'étaient que partiellement prospectables au cours de cette période. Les prospections ont donc été limitées aux plateformes. Les moissons ont débuté à partir de mi-août ce qui a permis de revenir progressivement à des surfaces prospectées plus représentatives mais les prospections ont été fortement limitées pendant près de deux mois.

Concernant CEGAR 12 entouré par une culture associée de graminée + féverole et CEGAR 22 entourée par une culture de graminée et de betterave, les prospections ont pu être réalisées entièrement dès le début des suivis de mortalité au mois de mai. La croissance des cultures a limité la prospection de ces parcelles aux plateformes à partir du mois de juin.

Le coefficient correcteur de surface permet de corriger cet effet mais nécessite la découverte d'au minimum un cadavre pour être calculé. Ainsi, il ne s'applique qu'à CEGAR 12 et CEGAR 13 au cours de la première période, et qu'à CEGAR 11, 14, 22 et 23 au cours de la 2^{ème} période.

5.1.1.6 Analyse qualitative

L'ensemble des 8 éoliennes du parc ont été suivies pour la mortalité. Il s'agit des éoliennes CEGAR 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23 et 24.

- 1^{ère} période

Le suivi de mortalité réalisé au cours de la première période (entre le 17/05/21 et le 28/07/21) met en avant un **total de 2 cadavres, soient 1 cadavre de chauve-souris et 1 cadavre d'oiseau**. Comme le montre le tableau ci-dessus, les cadavres ont été détectés au pied des éoliennes CEGAR 12 et CEGAR 13 dans la partie nord du parc.

Eoliennes	Espèces		Total cadavre
CEGAR 11	/	/	0
CEGAR 12	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	1
CEGAR 13	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	1
CEGAR 14	/	/	0
CEGAR 21	/	/	0
CEGAR 22	/	/	0
CEGAR 23	/	/	0
CEGAR 24	/	/	0

Tableau 16. Répartition des cadavres par éolienne au cours de la première période

La Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus* est la seule espèce de chiroptères et le Faucon crécerelle *Falco tinnunculus* est la seule espèce d'oiseau trouvé au cours des suivis mortalité de la première période.

- 2^{ème} période

Le suivi de mortalité réalisé au cours de la seconde période (entre le 05/08/21 et le 27/10/21) met en avant un **total de 5 cadavres, soient 3 cadavres de chauves-souris et 2 cadavres d'oiseaux**. Comme le montre le tableau ci-dessous, les cadavres ont été détectés au pied des éoliennes CEGAR 11, CEGAR 14, CEGAR 22 et CEGAR 23.

Eoliennes	Espèces		Total cadavre
CEGAR 11	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	1
CEGAR 12	/	/	0
CEGAR 13	/	/	0
CEGAR 14	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	2
	Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	
CEGAR 21	/	/	0

CEGAR 22	Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	1
CEGAR 23	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	1
CEGAR 24	/	/	0

Tableau 17. Répartition des cadavres par éolienne au cours de la seconde période

Deux espèces de chiroptères et 2 espèces d'oiseaux ont été trouvés au cours des suivis mortalités de la 2^{ème} période : la Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus*, la Pipistrelle de Nathusius *Pipistrellus nathusii*, la Bergeronnette printanière *Motacilla flava* et le Rougegorge familier *Erithacus rubecula*.

Le tableau ci-après présente pour chaque espèce retrouvée morte lors du suivi de mortalité, son statut patrimonial (régional et national) ainsi que sa sensibilité à l'éolien évaluée selon le Protocole du suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (2015).

Espèces concernées	Statut patrimonial		Cas de collision en France ³	Cas de collision en Europe ³	Sensibilité à l'éolien au niveau national ⁴
	LRR ¹	LRN ²			
Bergeronnette printanière <i>Motacilla flava</i>	LC	LC	4	12	0
Faucon crécerelle <i>Falco tinnunculus</i>	LC	NT	108	614	3
Rougegorge familier <i>Erithacus rubecula</i>	LC	LC	34	164	0
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC	NT	1012	2435	4
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>		NT	276	1623	4

Tableau 18. Patrimonialité et sensibilité à l'éolien des espèces retrouvées lors du suivi mortalité

¹ Liste Rouge Régionale

² Liste Rouge Nationale

³ Dürr, 2021

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

Le tableau ci-dessus montre que certaines espèces découvertes au pied des éoliennes du parc éolien les Gargouilles de Gommerville présentent une sensibilité à l'éolien importante (selon le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, novembre 2015). C'est le cas du Faucon crécerelle *Falco tinnunculus*, de la Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus* et de la Pipistrelle de Nathusius *Pipistrellus nathusii*. De plus, ces 3 espèces sont « quasi-menacées » sur liste rouge au niveau national.

D'après les observations opportunistes faites au cours des suivis mortalités, le Faucon crécerelle est très commun sur le parc éolien et niche aux environs du parc. Plusieurs individus juvéniles ont été observés en vol au dessus des parcelles entre CEGAR 11, 12 et 13 à partir d'août.

5.1.1.7 Analyse quantitative : Estimation de la mortalité

■ Résultats des différents indices

Les figures ci-dessous présentent la mortalité estimée du parc de Gommerville sur l'année 2021.

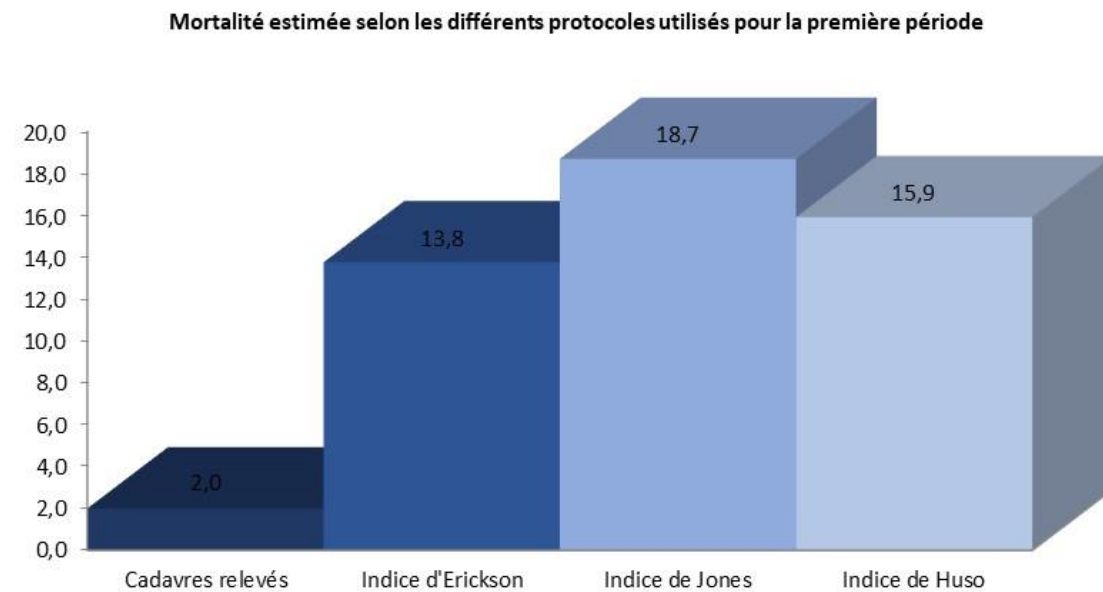


Figure 16. Mortalité estimée selon les différents protocoles utilisés sur l'année 2021 au cours de la première période

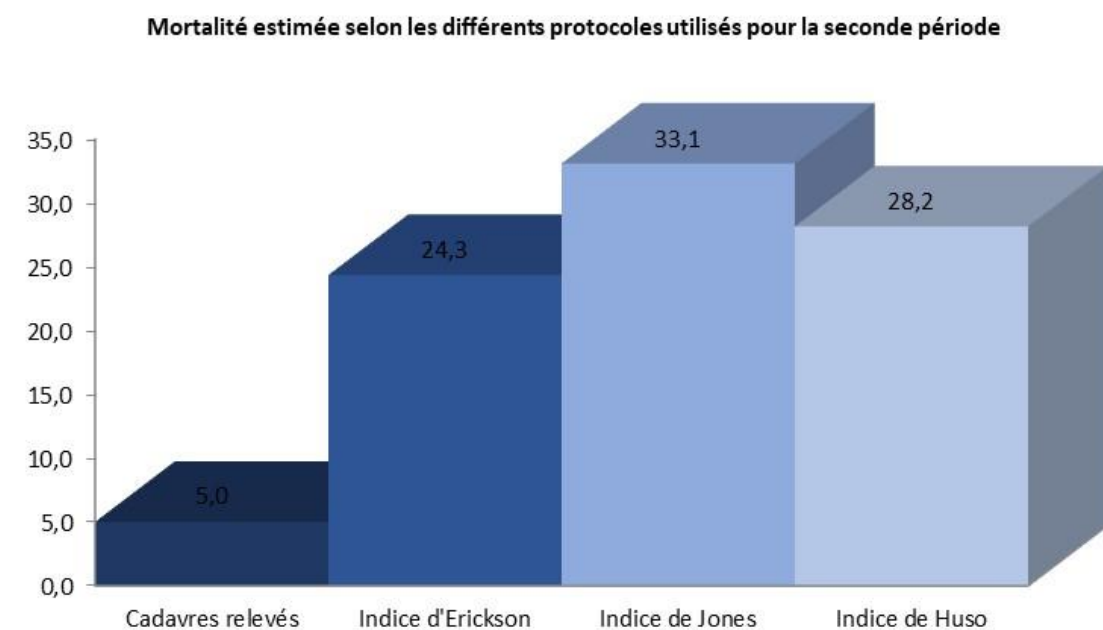


Figure 17. Mortalité estimée selon les différents protocoles utilisés sur l'année 2021 au cours de la seconde période

Selon les différentes formules, le nombre estimé de chiroptères et d'oiseaux confondus tués par le parc éolien de Gommerville, varie de **13,8 à 18,7 individus sur la première période (pour un total de 7 sorties du 17 mai 2021 au 28 juillet 2021), et de 24,35 à 33,09 individus sur la seconde période (pour un total de 13 sorties du 05 août 2021 au 27 octobre 2021).**

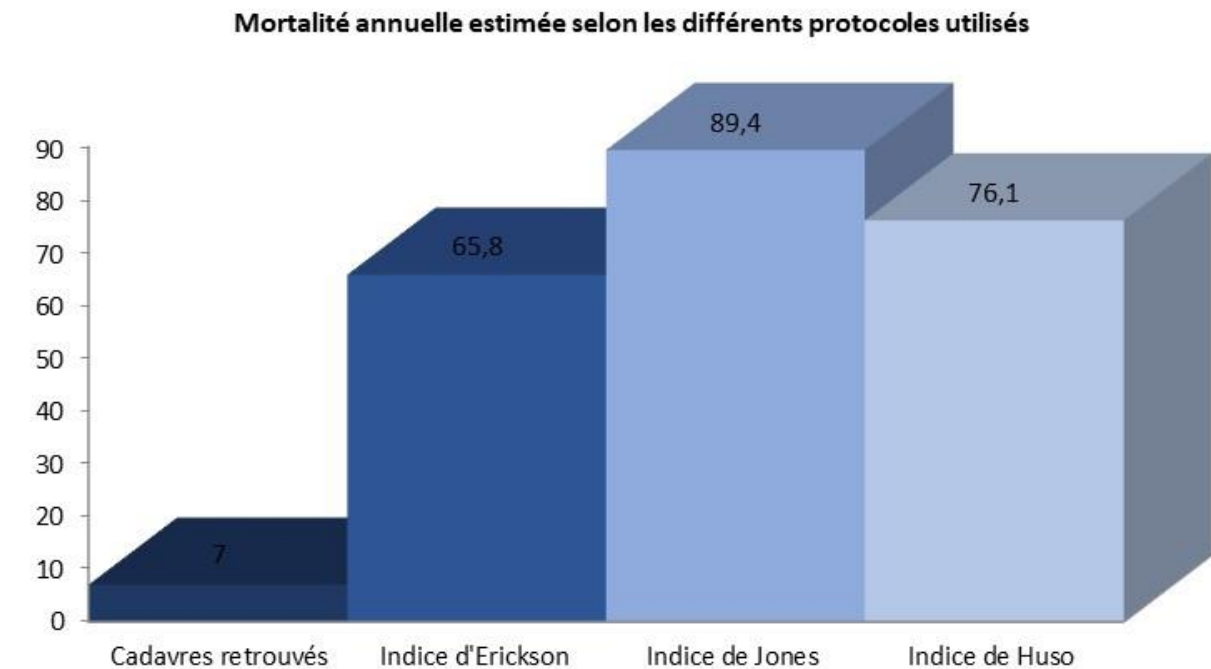


Figure 18. Mortalité annuelle estimée selon les différents protocoles

D'après la figure ci-dessus, le nombre estimé de **chiroptères et d'oiseaux confondus tués par le parc éolien de Gommerville sur l'ensemble de l'année 2021 varie de 65,8 à 89,2 individus**. En considérant uniquement cette mortalité par groupe, on obtient des estimations entre 38,2 et 51,9 individus chiroptères et entre 27,6 et 37,5 individus oiseaux (graphiques ci-après). Le nombre de cadavres est trop faible pour assurer la robustesse des tests en considérant séparément la mortalité de l'avifaune et la mortalité des chiroptères sur la 1^{ère} et la 2^{nde} période.

Mortalité annuelle des chiroptères estimée selon les différents protocoles utilisés

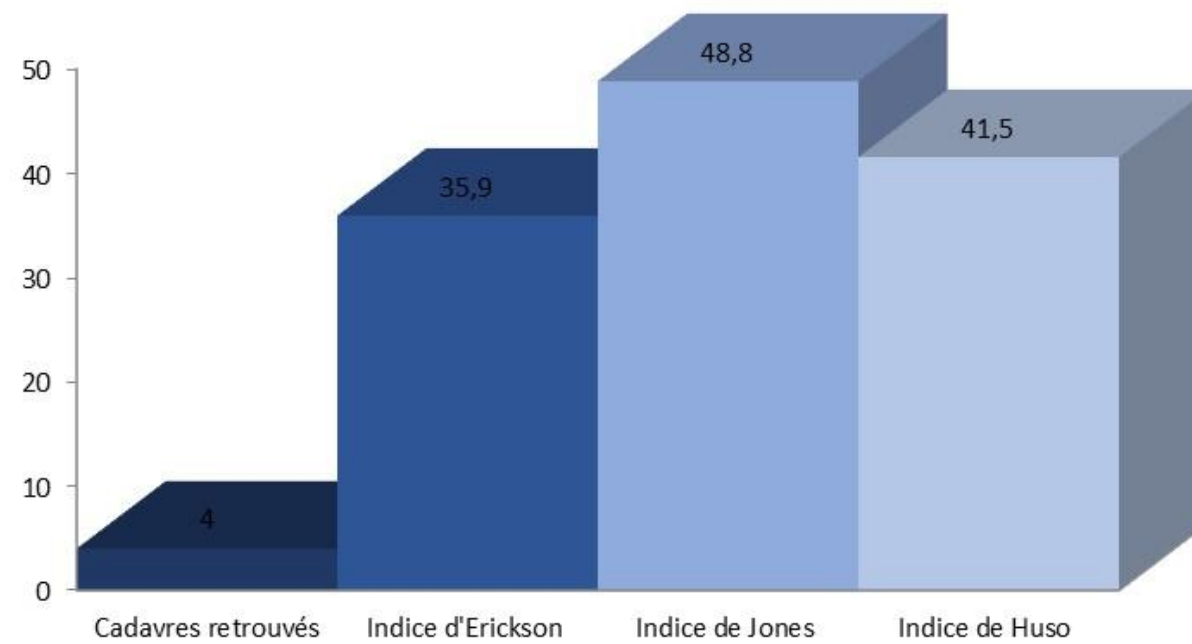


Figure 19. Mortalité annuelle des chiroptères estimée selon les différents protocoles

Mortalité annuelle des oiseaux estimée selon les différents protocoles utilisés

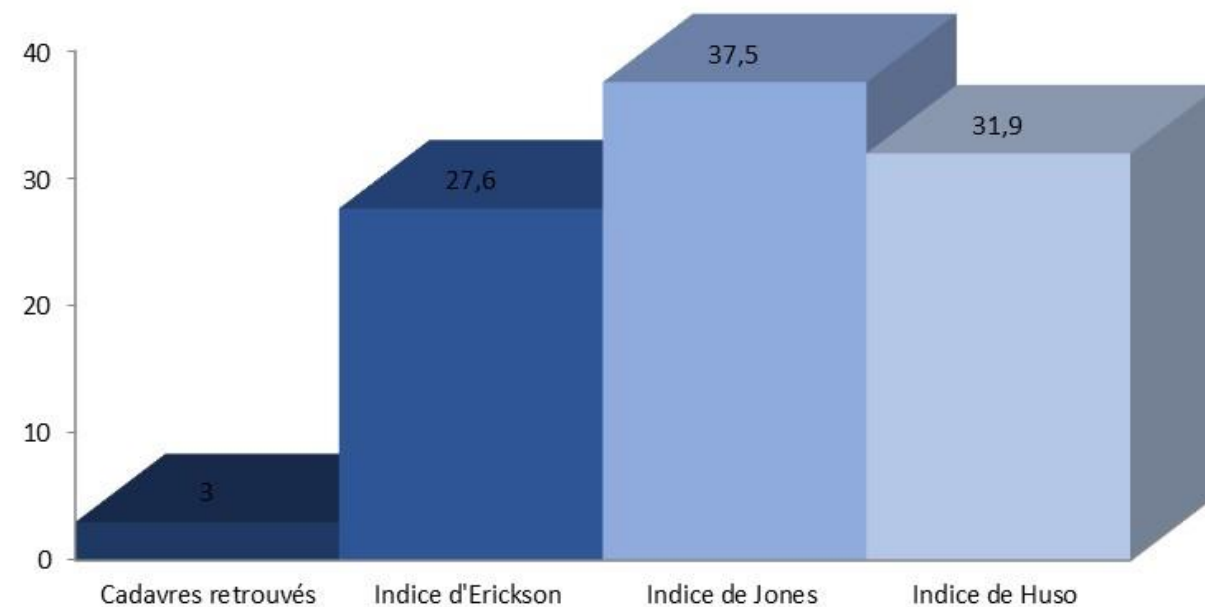


Figure 20. Mortalité annuelle des oiseaux estimée selon les différents protocoles

■ 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.

Les auteurs indiquent également que le modèle d'Huso est assez robuste pour des cas où la durée de persistance des cadavres est élevée (tel qu'en Amérique du Nord, en moyenne 32 jours (Arnett et al., 2009)) et la fréquence de prospection supérieure à 14 jours. En revanche, pour des cas où la persistance est plus faible (comme en Europe centrale, en moyenne 4,2 jours (Niermann et al., 2011)) et la fréquence de prospection allant de 1 à 7 jours, 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 est hétérogène dans le temps, c'est-à-dire qu'elle diminue au fur et à mesure des recherches (Huso, 2010).

Plusieurs études (Roux et al., 2013, Aves & GCP, 2010, 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 inférieur à 10, la précision des modèles s'avère faible. **Dans le cas présent, huit cadavres ont été trouvés, la précision des modèles est donc faible, ces derniers ne devant être utilisés qu'à titre indicatif.**

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, on peut estimer que le parc éolien de Gommerville est à l'origine de la mortalité de 76 à 89 individus (chauve-souris et oiseaux confondus) par an. Cela équivaut à un taux de mortalité de 10 à 11 individus par éolienne, le parc comptant 8 éoliennes. **En prenant les groupes séparément, le taux de mortalité est estimé à environ 5-6 chiroptères et 3-4 oiseaux par éolienne et par an.**

Ces chiffres sont à nuancer car ils prennent en compte une faible surface prospectable au cours de la première période. L'indice d'efficacité étant assez élevé (70 %), les résultats sont censés être fiables. Néanmoins, étant donné le taux de persistance assez faible (forte prédation) sur la moyenne des deux périodes (22,5 % au bout de 7 jours), les résultats des indices de Jones et Huso tendraient à surestimer la mortalité (Huso, 2010). Ainsi **si l'on s'affranchit des modèles, le taux de mortalité est estimé à 0,4 oiseaux par éolienne et par an et 0,6 chiroptères par éolienne et par an.**

5.1.2 Discussion sur les données de 2021

Le parc éolien se situe dans un milieu peu favorable aux chauves-souris. Rydell et al (2012) ont passé en revue un ensemble d'études menées en Europe occidentale et ont pu constater un **nombre relativement faible de chauves-souris tués par an et par éolienne en milieu ouvert (entre 0 et 3)**. Cela corrobore les résultats obtenus cette année sur le parc de Gommerville si l'on ne conserve pas les résultats des indices. D'après leur étude, plus l'hétérogénéité du paysage augmente, plus le taux de mortalité s'accroît, et les taux de mortalité seraient maximum dans les zones forestières ou cotières (entre 5 et 20).

Selon Rydell et al. (2012), le nombre moyen de **chauves-souris** tuées par les éoliennes en Europe et en Amérique du Nord est de **2,9 individus par machine et par an** et de **2,3** pour les oiseaux. En Allemagne, il a été estimé une mortalité de **10 à 12 chauves-souris tuées par éolienne par an** (Korner Nievergelt et al., 2011). En Grande Bretagne, une étude nationale sur 46 parcs éoliens (Mathews F, 2011) a estimé un taux de mortalité moyen à **7,92 chauves-souris/éolienne/an**. En France nous ne disposons pas d'étude centralisant un grand nombre de données de mortalité des chauves-souris sur plusieurs parcs.

Concernant les oiseaux, si l'on s'intéresse à la situation française, le dernier rapport de la LPO (2017) fait état de **1,24 oiseau par éolienne et par année de suivi**. Ces chiffres se basent sur les 31 parcs qui ont fait l'objet d'un suivi de mortalité d'au moins 26 semaines, à raison d'au moins une prospection par semaine sur un rayon de prospection théorique d'au moins 50 mètres autour de chaque éolienne.

A la lueur des résultats obtenus, le faible nombre de cadavre trouvé au pied des éoliennes et le faible taux de persistance moyenne des cadavres (22,5% au bout de 7 jours) rendent l'utilisation de modèles (Jones et Huso) peu précis pour estimer la mortalité sur le parc éolien de Gommerville. **Le taux de mortalité obtenu en s'affranchissant de ces modèles est estimé à 0,4 oiseaux par éolienne et par an et 0,6 chiroptères par éolienne et par an, ce qui est largement inférieur** à la moyenne estimée en Europe dans l'étude de Rydell et al. (2012), et aux moyennes citées précédemment dans les études réalisées en Allemagne et en Grande Bretagne.

Au vu de ce constat, des mesures de réduction des impacts (bridage...) ne semblent pas nécessaires pour le moment.

CHAPITRE 6. CONCLUSION

La mortalité du parc est faible pour l'avifaune et les chiroptères, 7 cadavres (dont 4 concernent l'avifaune, et 5 concernent les chiroptères) ont été trouvés sur le parc éolien de Gommerville au cours de l'année 2021.

Ce faible chiffre s'explique par une faible activité des chiroptères, comme le relatent les résultats de l'étude en hauteur, et par une faible activité des oiseaux (chasse et mouvements migratoires) dans ce secteur (plaine agricole).

Des passages marqués de Pipistrelle commune ont tout de même été enregistrés en période de parturition. Un de ces passages, la nuit du 01/07 coïncide avec la découverte d'un cadavre de Pipistrelle commune sur la parcelle jouxtant l'éolienne CEGAR13. Même s'ils n'ont pas été détectés au cours de l'étude en hauteur sur l'éolienne CEGAR13, d'autres passages notables de Pipistrelles ont lieu sur le parc en période de transit automnal comme en témoigne les trois cadavres trouvés au pied des autres éoliennes la journée du 13/09.

Parmi les espèces recensées en mortalité, trois espèces sont quasi menacées sur liste rouge en France : La Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius et le Faucon crécerelle qui a été observé régulièrement en chasse sur le parc au cours des sorties. Ces espèces connaissent de nombreux cas de mortalité éolien en France et en Europe d'après les derniers chiffres de Durr (2021). La Noctule de Leisler et la Noctule commune, recensées sur le parc au cours de l'étude en hauteur, ne l'ont pas été au cours du suivi de mortalité. Cependant ces espèces connaissent également de nombreux cas de mortalité éolien en France et en Europe d'après Durr. La Noctule commune est classée vulnérable sur liste rouge nationale.

Le tableau ci-dessous récapitule l'ensemble des espèces détectées lors du suivi en hauteur, et trouvées sous les éoliennes du parc les Gargouilles de Gommerville en précisant leur statut patrimonial et le nombre de cadavres total.

Espèces concernées	Statut patrimonial		Nomvbre de cadavres par espèces	Cas de collision en France ³	Cas de collision en Europe ³
	LRR ¹	LRN ²			
Bergeronnette printanière <i>Motacilla flava</i>	LC	LC	1	4	12
Faucon crécerelle <i>Falco tinnunculus</i>	LC	NT	1	108	614
Rougegorge familier <i>Erithacus rubecula</i>	LC	LC	1	34	164
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	NT	NT	0	104	1565
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	NT	VU	0	153	719
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC	NT	3	1012	2435
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	/	NT	1	276	1623

¹ Liste Rouge Régionale

² Liste Rouge Nationale

³ Durr, 2021

Tableau 19. Patrimonialité des espèces retrouvées lors du suivi de mortalité en 2021

Etant donné le faible nombre de cadavres retrouvés (moins du seuil de 10), les indices de Jones et Huso, considérés comme étant les plus robustes pour estimer la mortalité du parc ne sont pas suffisamment fiables pour

être conservés. En s'affranchissant de ces indices, le taux de mortalité est estimé à 0,4 oiseaux par éolienne et par an et 0,6 chiroptères par éolienne et par an.

Au vu de ce constat, le parc n'occasionne pas de mortalité significative pour que des mesures de réduction des impacts (bridage) soient jugées nécessaires pour le moment.

CHAPITRE 7. BIBLIOGRAPHIE

- Albouy S, Dubois Y, Picq H Abies, LPO aude, 2001. Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue Haute (Aude). 76p.
- 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.
- 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., 2012. *Ecologie 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 p.*
- 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.*
- Cornut J. & Vincent S. 2010. Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes. LPO Drôme/CN’Air, 43p.
- Dahl, E.L., Bevanger, K., Nygård, T., Røskaft, 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., Røskaft, 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., 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.
- 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 p.*
- Dürr T., 2021. *Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. Stand: 21 May 2021. 1p.*
- Drewitt, A., Rowena, H., & Langston, H., 2006. Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis*, vol 148, 29-42.
- Erickson, W.P., Johnson, G.D. & Young, JR. – 2005. A Summary and Comparison of Birds Mortality from Antropogenic 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 p.
- 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.
- 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, Bergenhusen, 65 p.
- 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.
- 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.
- Huso M. 2010. An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics* 22 : 318-329.
- Jones G., Cooper-Bohannon R., Barlow K. & Parsons K., 2009. Scoping and method development report. Determining the potential ecological impact of wind turbine bat populations in Britain. University of Bristol et 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 O., Brinkmann R. & Hellriegel B. 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildl. Biol.* 17 : 350-363. 14p.
- 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: 2487-249.
- 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.
- 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
- LPO., 2017. Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune. Etude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015. 92p.

- 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 : 201-20
- 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.
- Marti, M.R. - 1995. Incidencia de las plantas de aerogeneradores sobre la avifauna en la comarca del Campo de Gibraltar. *SEO/BirdLife*, 13 pp.
- 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.
- 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 p.
- ONCFS -2004. Impact des éoliennes sur les oiseaux. Synthèse des connaissances actuelles – Conseils et recommandations. STRASS Production, 40 p.
- 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. & Poulsen, 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.
- 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): 37–7
- 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 : 10-16.
- Rydell J., Engstrom H., Hedenstrom A., Kyed Larsen J., Pettersson J et Green M., 2012. The effect of wind power on birds and bats. Report 6511. Swedish Environmental Protection Agency. 152p
- 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.
- Shaffer, J. & Buhl, D. - 2015. Effects of Wind-Energy Facilities on Breeding Grassland Bird Distributions. *Conservation Biology*, In Press, 13.
- 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 p.
- 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

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, BonnWinkelman, 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




ANNEXES

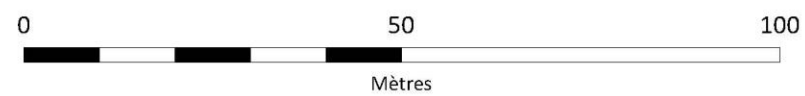
Annexe 1 Localisation des cadavres

Cadavre	Nom vernaculaire	Nom latin	Sexe	Age	Classe animale	Statut de la découverte	Date de la découverte	Etat de la découverte	Eolienne responsable de la mort	Cause de la mort	Distance cadavre éolienne	Environnement de recherche
C1	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Mâle	Adulte	Chiroptères	Mort	01/07/2021	Frais	CEGAR 13	Barotraumatisme	1 m au nord-est du mât	Plateforme
C2	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	?	Adulte	Chiroptères	Mort	13/09/2021	Sec	CEGAR 23	Choc pâle éolienne	33 m à l'est du mât	Terre agricole à nue
C3	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Mâle	Adulte	Chiroptères	Mort	13/09/2021	Avancé	CEGAR 11	Barotraumatisme	20 m au sud du mât	Plateforme
C4	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Femelle	Adulte	Chiroptères	Mort	13/09/2021	Avancé	CEGAR 14	Barotraumatisme	41 m au sud du mât	Plateforme
O1	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Mâle	Adulte	Oiseaux	Mort	03/06/2021	Frais	CEGAR 12	Choc pâle éolienne	19 m au nord-ouest du mât	Plateforme
O2	Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	Femelle	Adulte	Oiseaux	Mort	06/09/2021	Frais	CEGAR 11	Choc pâle éolienne	52 m au sud-est du mât	Chemin agricole
O3	Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	Inconnu	Adulte	Oiseaux	Mort	13/09/2021	Avancé	CEGAR 22	Choc pâle éolienne	4 m au nord-est du mât	Plateforme




Tableau 20. Récapitulatif des cadavres découverts lors du suivi de mortalité du Parc les Gargouilles à Gommerville en 2021

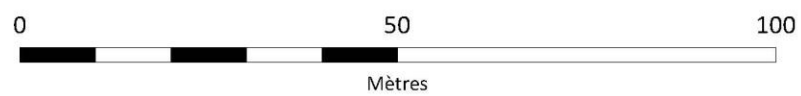
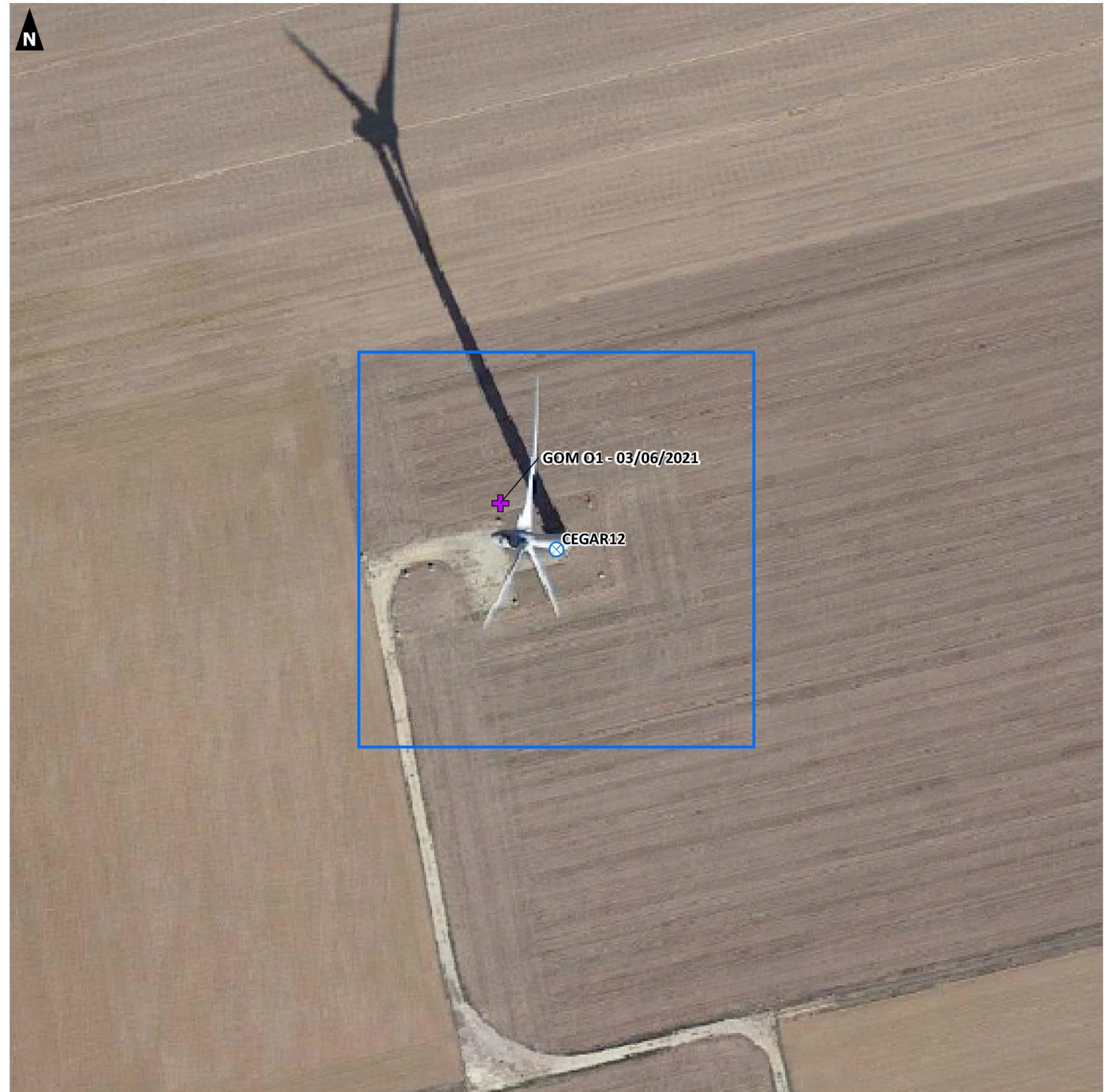
Localisation des cadavres
- Eolienne CEGAR11 -

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



Localisation des cadavres
- Eolienne CEGAR12 -




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

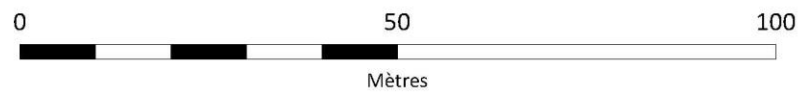


Parc éolien Les Gargouilles (28)



Suivi environnemental de mortalité
de l'avifaune et des chiroptères

Localisation des cadavres
- Eolienne CEGAR13 -



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

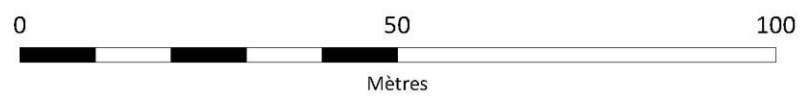


Localisation des cadavres
- Eolienne CEGAR14 -

-  Eolienne
-  Maille de 100 m de côté

Type de cadavre




-  Chiroptère
-  Oiseau

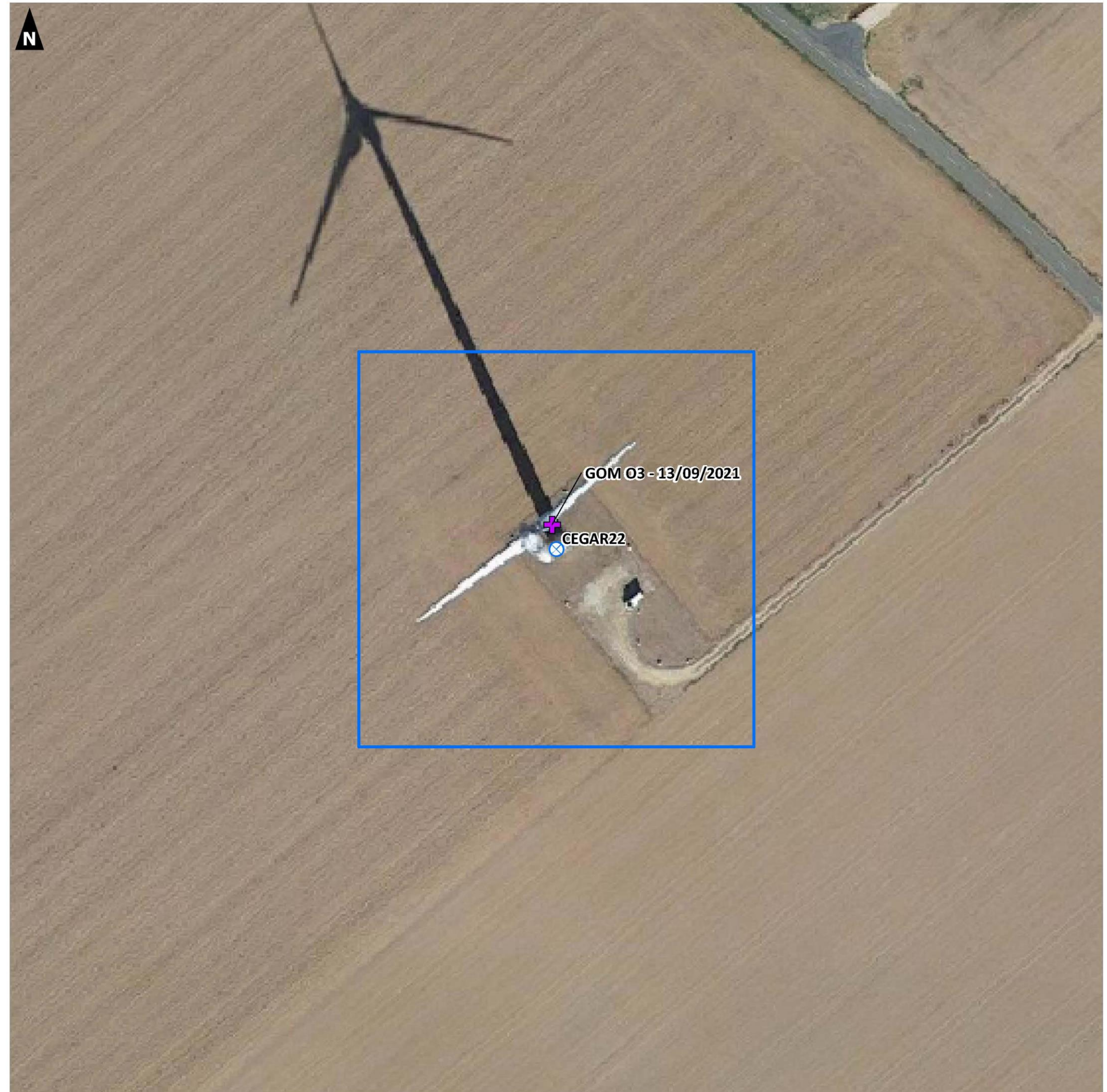


Parc éolien Les Gargouilles (28)

Suivi environnemental de mortalité
de l'avifaune et des chiroptères

Localisation des cadavres
- Eolienne CEGAR22 -

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






0 50 100
Mètres

Parc éolien Les Gargouilles (28)

Suivi environnemental de mortalité
de l'avifaune et des chiroptères

Localisation des cadavres
- Eolienne CEGAR23 -

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

