

PARC EOLIEN DE FONTAINE LA GUYON

Suivi environnemental 2022



Parc éolien De Fontaine la Guyon

Suivi environnemental 2022



Rapport final

EDF Renouvelables

Version	Date	Description
Rapport final	16/06/2023	Suivi de la mortalité 2022 du Parc éolien de Fontaine (28)
Rapport final	16/06/2023	Prise en compte des remarques et corrections

	Nom - Fonction	Thématique
Florian GUILLAUME	Chef de projet	Validation du dossier
Kilien DE CHATEAUVIEUX	Ecologue	Suivi de la mortalité de la faune volante (avifaune et chiroptères)
Maxian MARADENNE	Chargé d'études faune	Rédaction du rapport
Jean-Marie PLESSIS	Cartographe	Elaboration des cartes du dossier

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 1. PRESENTATION DU SUIVI	6
1.1 Contexte général	7
1.1.1 Contexte politique international, européen et national	7
1.1.2 Contexte régional, départemental et local	7
1.2 Présentation du parc éolien	8
1.2.1 Situation géographique	8
1.2.2 Les aérogénérateurs	8
CHAPITRE 2. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	10
2.1 Impact des éoliennes sur l'avifaune	11
2.1.1 Impact direct des éoliennes par collisions	11
2.1.2 Impacts indirects des éoliennes	13
2.1.3 Facteurs influençant la sensibilité des oiseaux aux éoliennes	15
2.2 Impact des éoliennes sur les chiroptères	17
2.2.1 Impacts directs : collisions et barotraumatisme	17
2.2.2 Impacts indirects	18
2.2.3 Facteurs influençant la sensibilité des chauves-souris aux éoliennes	19
CHAPITRE 3. METHODOLOGIE	20
3.1 Justification du protocole de suivi environnemental	21
3.2 Suivi de mortalité	21
3.2.1 Protocole de terrain	21
3.2.2 Estimation de la mortalité	22
CHAPITRE 4. ETUDE DE LA MORTALITÉ	24
4.1 Première période – du 03 mai au 15 août 2022	25
4.1.1 Résultats bruts	25
4.1.2 Discussion	27
4.2 Deuxième période – du 16 août au 03 novembre 2022	28
4.2.1 Résultats bruts	28
4.2.2 Discussion	31
4.3 Résultats bruts de la mortalité sur l'année 2022	32
4.4 Estimation de la mortalité sur les deux périodes suivies	32
CHAPITRE 5. ANALYSE DES RESULTATS DES TROIS ANNEES SUIVIES	34
CONCLUSION	37
ANNEXES	39
Annexe 1 - Récapitulatif des cadavres trouvés en 2022	40
Annexe 2 - Localisation des cadavres découverts lors des suivis précédents (2020-2021)	41
Annexe 3 - Localisation des cadavres découverts entre le 03 mai et le 03 novembre 2022	47
BIBLIOGRAPHIE	53

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) ...	11
Tableau 3. Dates et conditions météorologiques des suivis de mortalité	25
Tableau 4. Résultats du test d'efficacité du 27/06/2022	25
Tableau 5. Résultats du test de prédation du 13/06/2022	25
Tableau 6. Coefficients correcteurs de surface pour la première période	25
Tableau 7. Récapitulatif des cadavres découverts lors de la première période – Début mai à mi-août 2022	26
Tableau 8. Répartition des cadavres par éolienne	26
Tableau 9. Patrimonialité et sensibilité à l'éolien des espèces retrouvées lors du suivi mortalité	26
Tableau 10. Dates des suivis de mortalité au cours de la deuxième période	28
Tableau 11. Résultats du test d'efficacité du 26/09/2022	28
Tableau 12. Résultats du test de persistance du 26/09/22	28
Tableau 13. Coefficients correcteurs de surface pour la deuxième période	29
Tableau 14. Récapitulatif des cadavres découverts lors de la deuxième période	29
Tableau 15. Répartition des cadavres par éolienne	30
Tableau 16. Patrimonialité et sensibilité à l'éolien des espèces retrouvées lors du suivi mortalité	30
Tableau 17. Répartition des cadavres retrouvés sous les éoliennes – Période du 03/05 au 03/11/22	32
Tableau 18. Récapitulatif des cadavres observés lors des trois saisons de prospections	35

LISTE DES CARTES

Carte 1. Localisation du parc éolien de Fontaine-la-Guyon	9
Carte 2. Localisation des cadavres découverts (suivis 2020 et 2021) - Éolienne E1	41
Carte 3. Localisation des cadavres découverts (suivis 2020 et 2021) - Éolienne E2	42
Carte 4. Localisation des cadavres découverts (suivis 2020 et 2021) - Éolienne E3	43
Carte 5. Localisation des cadavres découverts (suivis 2020 et 2021) - Éolienne E4	44
Carte 6. Localisation des cadavres découverts (suivis 2020 et 2021) - Éolienne E5	45
Carte 7. Localisation des cadavres découverts (suivis 2020 et 2021) - Éolienne E6	46
Carte 8. Cadavres découverts entre le 03 mai et le 03 novembre 2022 – Éolienne E1	47
Carte 9. Cadavres découverts entre le 03 mai et le 03 novembre 2022 – Éolienne E2	48
Carte 10. Cadavres découverts entre le 03 mai et le 03 novembre 2022 – Éolienne E3	49
Carte 11. Cadavres découverts entre le 03 mai et le 03 novembre 2022 – Éolienne E4	50
Carte 12. Cadavres découverts entre le 03 mai et le 03 novembre 2022 – Éolienne E5	51
Carte 13. Cadavres découverts entre le 03 mai et le 03 novembre 2022 – Éolienne E6	52

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Cas connus de collisions d'oiseaux avec des éoliennes en France (Dürr, 2021).....	12
Figure 2.	Réactions des oiseaux en vol confrontés à un champ d'éoliennes sur leur trajectoire	14
Figure 3.	Cas connus de collisions éoliennes de chauves-souris en Europe (Dürr, mai 2022)	17
Figure 4.	Cas connus de collisions éoliennes de chauves-souris en France (Dürr, mai 2022).....	18
Figure 5.	Parcours réalisé lors des prospections	21
Figure 6.	Schéma représentatif des carrés concentriques dont la surface réellement prospectée est à renseigner pour le calcul du coefficient correcteur « a »	23
Figure 7.	Mortalité estimée selon les différents indices statistiques	27
Figure 8.	Mortalité aviaire estimée selon les différents indices statistiques	27
Figure 9.	Mortalité des chiroptères estimée selon les différents indices statistiques	27
Figure 10.	Mortalité estimée en seconde période	30
Figure 11.	Mortalité des chiroptères estimée en seconde période	30
Figure 12.	Mortalité aviaire estimée en seconde période.....	31
Figure 13.	Mortalité estimée sur l'ensemble du suivi	32
Figure 14.	Mortalité aviaire estimée sur l'ensemble du suivi.....	32
Figure 15.	Mortalité des chiroptères estimée sur l'ensemble du suivi	33
Figure 16.	Nombre d'individus retrouvés en fonction de la date.....	36

INTRODUCTION

Le présent document porte sur la mortalité après implantation du parc éolien de Fontaine, situé sur la commune de Fontaine-la-Guyon, dans le département de l'Eure et Loire (28) et mis en service au printemps 2020.

Cette étude, menée par Auddicé environnement, vise l'estimation de la mortalité des espèces aviaires et des chiroptères, engendrée par le parc éolien. Elle fait suite à deux suivis environnementaux réalisés en 2020 et 2021 ayant montré une mortalité significative et permet de vérifier l'efficacité des mesures correctrices mises en place précédemment.

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

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

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

Ainsi, cette étude, portant sur l'année 2022 et s'appuyant sur le protocole national de suivi des parcs éoliens terrestre essayera de définir les impacts que les éoliennes du parc éolien de Fontaine-la-Guyon ont sur l'avifaune et les chauves-souris.

CHAPITRE 1. PRESENTATION DU SUIVI

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 (20,2 % atteints en 2019).

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.

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 d'avoir 24 600 MW de puissance éolienne terrestre et 2 400 MW de puissance éolienne en mer d'ici fin 2023 (Observ'ER, 2022).

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

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

1.1.2 Contexte régional, départemental et local

Le dispositif d'obligation d'achat pour les parcs éoliens métropolitains a été modifié par la loi de Programme fixant les Orientations de la Politique Énergétique (loi « POPE » du 13 juillet 2005). Il sera réservé aux installations implantées dans le périmètre des Zones de Développement de l'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 de l'objectif à l'horizon 2050 pourra se faire par :

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

Dans la région Centre Val de Loire, 1430 MW étaient en production au 30 juin 2022. Le schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) a fixé l'objectif d'atteindre 2600 MW d'ici à 2025.

1.2 Présentation du parc éolien

1.2.1 Situation géographique

Le parc éolien de Fontaine-la-Guyon est constitué de 6 aérogénérateurs dont l'implantation est située sur la commune de Fontaine-la-Guyon, dans le département de l'Eure et Loire (28).

La cartographie du parc est visible page suivante.

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

1.2.2 Les aérogénérateurs

1.2.2.1 Descriptif général

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

Une éolienne est composée de différentes parties :

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

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

■ La nacelle

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

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

La nacelle est posée sur un roulement au sommet du 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 2,2 MW.

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

Au niveau du parc éolien de Fontaine la Guyon, les 6 éoliennes sont toutes identiques, dont les caractéristiques sont présentées dans le Tableau 1 ci-après.

Rotor	Diamètre	100 m
	Hauteur du moyeu	80 m
	Nombre de pales	3

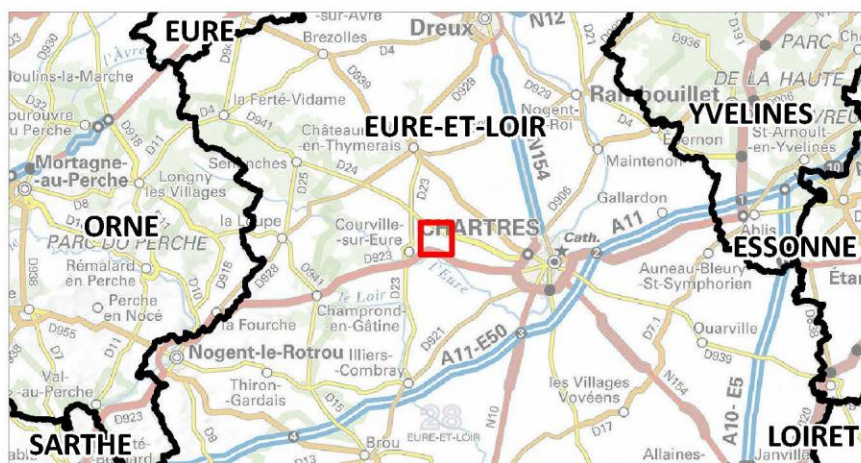
Tableau 1. Caractéristiques des éoliennes

SAS EOLIS

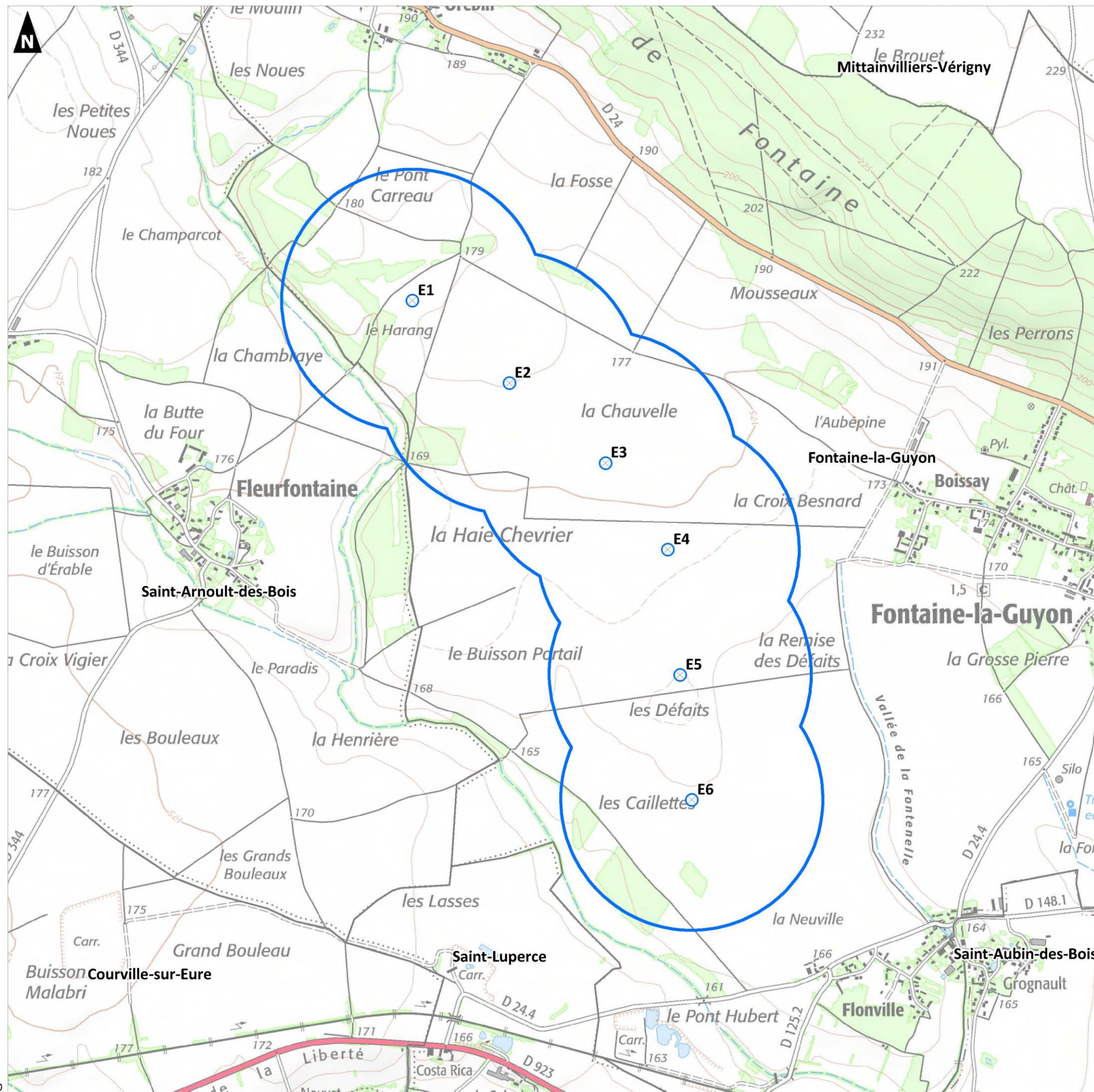
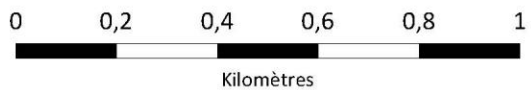
Parc éolien de Fontaine-la-Guyon (28)

Suivi environnemental

Localisation du parc éolien



- Eolienne
- Aire d'étude (500 m)
- Limite communale



CHAPITRE 2. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

2.1 Impact des éoliennes sur l'avifaune

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

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

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

2.1.1 Impact direct des éoliennes par collisions

La présence des éoliennes peut avoir un impact négatif sur les populations d'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.

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

Caluert *et al.* (2013) ont analysé les causes de mortalités de l'avifaune liées aux activités humaines au Canada. Cette mortalité est causée à 95 % par les Chats domestiques et harets, les collisions routières, avec les bâtiments et les lignes 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 harets	2,4 milliards d'oiseaux
Surfaces vitrées des bâtiments	599 millions d'oiseaux
Automobiles	200 millions d'oiseaux
Lignes électriques	30,6 millions d'oiseaux
Tours de communication	6,6 millions d'oiseaux
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 arrivent à une moyenne de 8,2 oiseaux par an et par éolienne (intervalle de confiance de 1,4

pour 95 % des cas) avec de grandes différences entre les parcs (variation de 0 à 26,9 oiseaux par an et par éolienne).

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

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

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

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

La Figure 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'État fédéral de Brandenburg (Allemagne) qui tient à jour **une base de données participative et donc non exhaustive des cas de mortalité éoliens** (Dürr, juin 2022).

D'après cette base de données, 16 557 cadavres d'oiseaux, victimes de collisions avec des éoliennes, ont déjà été signalés en Europe dont 1 876 en France sur la période 2003-2021.

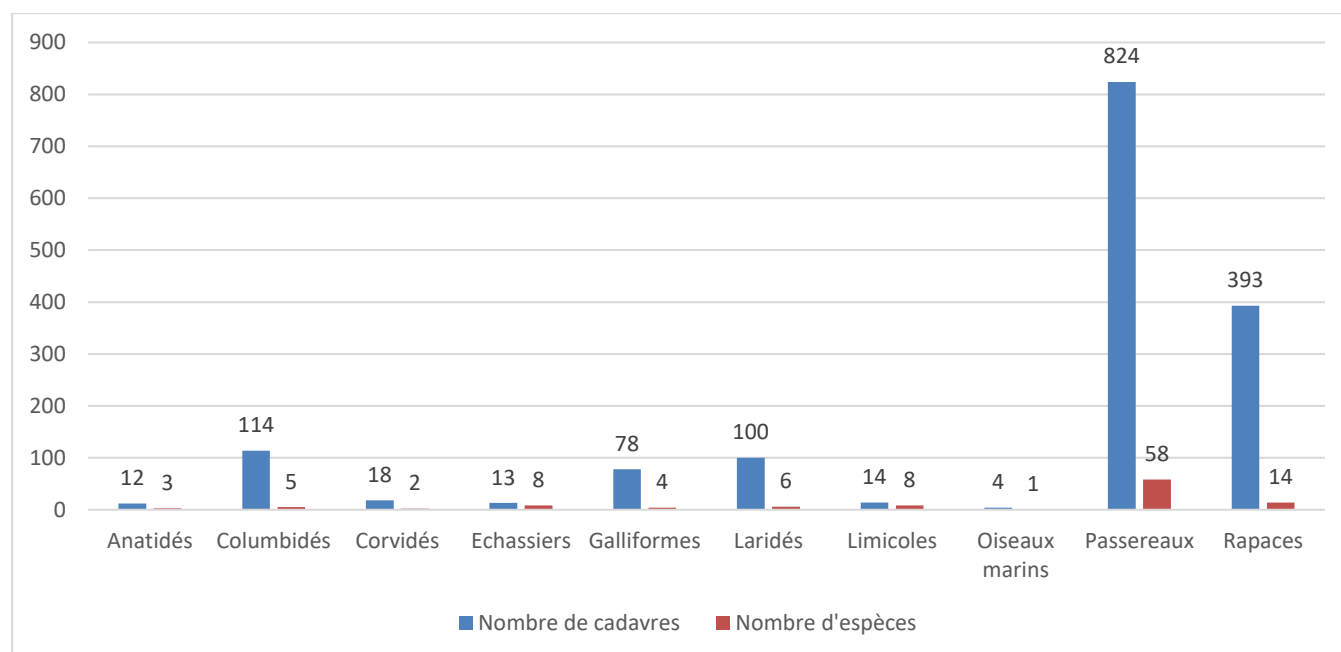


Figure 1. Cas connus de collisions d'oiseaux avec des éoliennes en France (Dürr, 2021)

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

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

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

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

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

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

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

2.1.2 Impacts indirects des éoliennes

2.1.2.1 En phase chantier

■ Dérangements liés à la construction

Durant la phase chantier, le dérangement est occasionné principalement par la présence de personnes et la circulation d'engins de chantiers et de transport. En effet, un chantier éolien nécessite la présence quotidienne de nombreuses personnes et un nombre significatif de véhicules. Les nuisances sonores associées peuvent donc entraîner une diminution de la fréquentation du site par l'avifaune voire une désertion pouvant aboutir à l'échec de couvées.

■ Perte, dégradation et modification d'habitats

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

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

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

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

2.1.2.2 En phase d'exploitation

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

■ Modification de l'utilisation des habitats

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Au contraire Reichenbach & Steinborn, 2006 mettent en évidence une diminution prononcée des effectifs de Vanneau huppé (*Vanellus vanellus* mais aucune chez la Barge à queue noire *Limosa limosa* et le Courlis cendré *Numenius arquata* bien qu'une forme d'évitement soit visible chez ses deux espèces. Pearce-Higgins *et al.*, 2009 ont étudié 10 parcs éoliens en Grande-Bretagne (mâts de 30 à 60 m de hauteur) en milieux ouverts (landes, prairie, culture...) avec des diminutions significatives des activités des oiseaux autour des éoliennes pour 7 sur 12 espèces étudiées (effets moindres sur les passereaux, notamment l'Alouette des champs *Alauda arvensis*, le Lagopède d'Ecosse *Lagopus lagopus scotica* et le Faucon crécerelle *Falco tinnunculus*). De même Shaffer & Buhl, 2015 ont montré un impact significatif sur la majorité des espèces des plaines du Dakota (USA) deux à cinq ans après l'installation des éoliennes mais un effet négatif moindre un an après le chantier.

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

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

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

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

■ Perturbation des trajectoires des migrants 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 90 mètres (Pedersen & Poulson, 1991). Cette étude a révélé que les passereaux et petits rapaces tendent à changer leur route de vol quelques 100 à 200 m avant d'arriver sur une éolienne, de façon à la survoler ou à la contourner.

Un suivi ornithologique du parc éolien de Port-la-Nouvelle (Albouy *et al.*, 1997 & 2001), situé sur un axe migratoire important, a permis de mettre en évidence les stratégies de franchissement des éoliennes par les oiseaux migrateurs. Ainsi, 5 réactions sont possibles (Figure 2) :

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

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

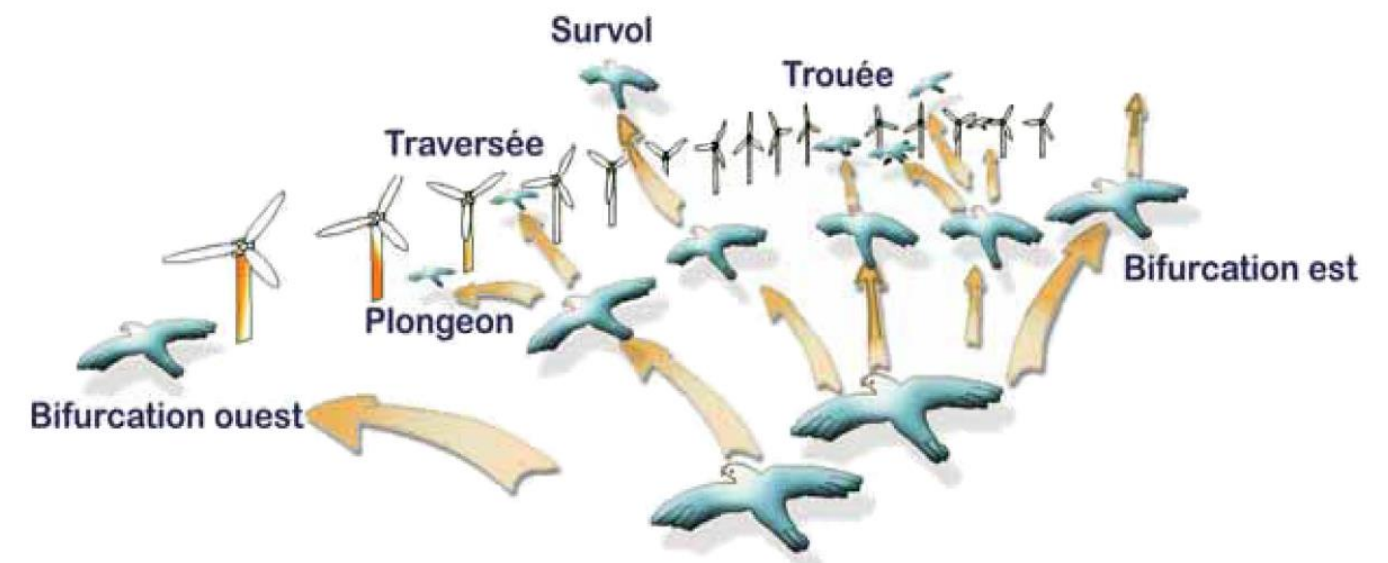


Figure 2. Réactions des oiseaux en vol confrontés à un champ d'éoliennes sur leur trajectoire (d'après Albouy *et al.*, 2001)

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

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

Une étude menée par la LPO Champagne-Ardenne en 2010 sur 5 parcs éoliens champenois a montré que 57 % des migrateurs contactés ont réagi à l'approche des éoliennes en contournant le parc, en modifiant leur altitude de vol voire en faisant demi-tour.

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

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

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

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

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

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

2.1.3 Facteurs influençant la sensibilité des oiseaux aux éoliennes

2.1.3.1 Caractéristiques du parc éolien

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

Concernant la taille des machines, plusieurs auteurs ont suggéré un impact négatif plus important pour les éoliennes présentant des 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 (bordé d'habitats relativement préservés de toute activité anthropique), plus les espèces y vivant étaient sensibles au risque éolien (Pearce-Higgins *et al.*, 2009).

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

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

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

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

2.1.3.3 Caractéristiques des espèces

Plusieurs études ont identifié les 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 une zone de chasse préférentielle pour plusieurs espèces relativement communes)...

2.1.3.4 Facteurs saisonniers et météorologiques

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

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

Les rapaces sont également particulièrement vulnérables durant les périodes 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, 11017 cadavres de chauves-souris victimes des éoliennes (dont 3106 en France) 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*, la Pipistrelle commune seule avec 2 569 cas, la Pipistrelle de Nathusius *Pipistrellus nathusii* avec 1 662 cas, et les noctules, avec 1 662 cas pour la Noctule commune *Nyctalus noctula* et 753 cas pour la Noctule de Leisler *Nyctalus leisleri*.

En France, les espèces les plus impactées sont la Pipistrelle commune (1 124 cas de mortalité observés), la Pipistrelle de Nathusius (303 cas), la Pipistrelle de Kuhl (221 cas), la Pipistrelle pygmée (176 cas), la Noctule de Leisler (186 cas) et la Noctule commune (147 cas).

Les figures ci-après récapitulent, espèce par espèce, le nombre de cas connus de collisions de chauves-souris avec des éoliennes en Europe et en France d'après la dernière base de données du Ministère du Développement Rural, de l'Environnement et de l'Agriculture de l'Etat fédéral de Brandebourg (Allemagne) qui répertorie l'ensemble des cas connus de collisions en Europe (Dürr, 2022).

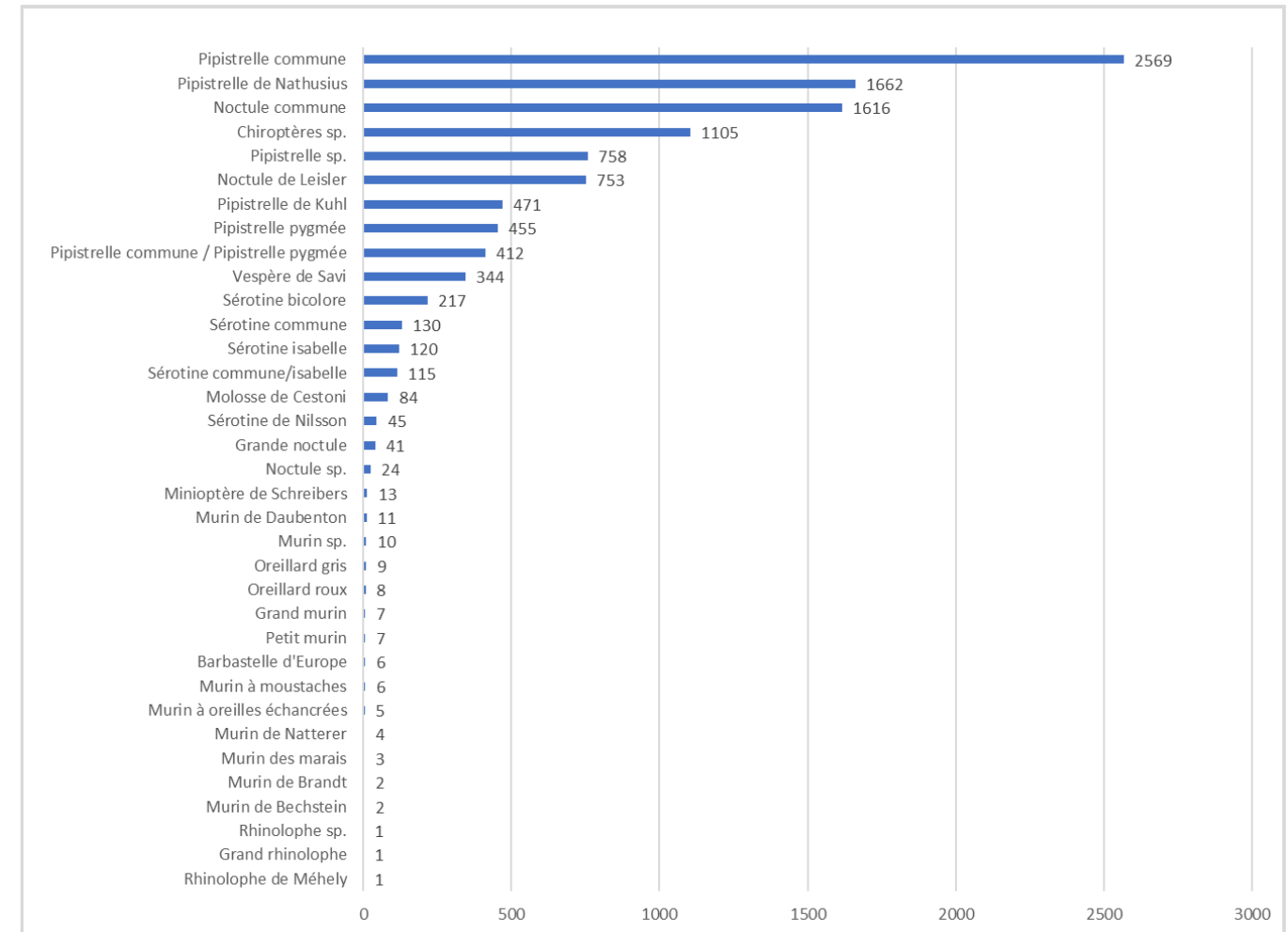


Figure 3. Cas connus de collisions éoliennes de chauves-souris en Europe (Dürr, mai 2022)

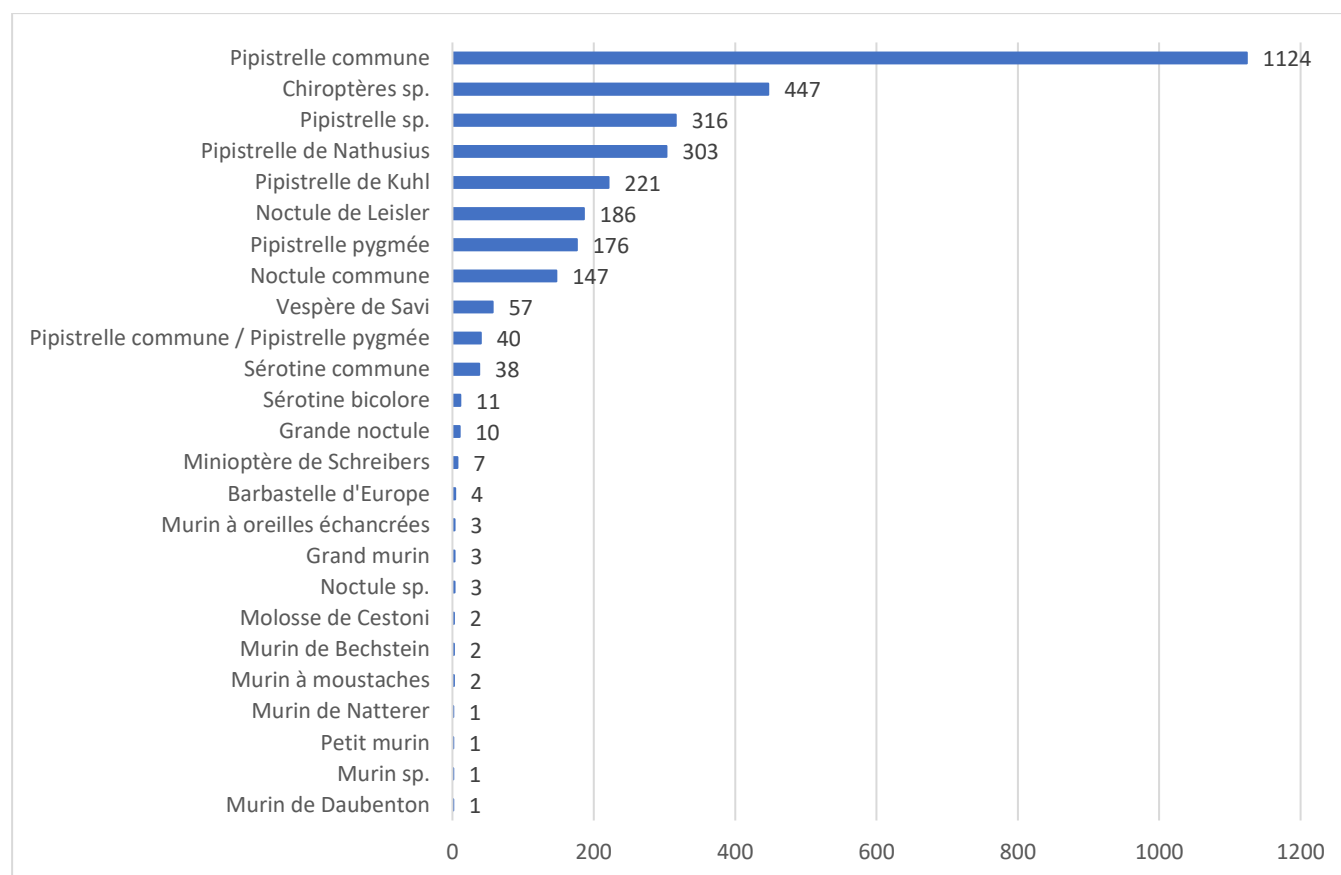


Figure 4. Cas connus de collisions éoliennes de chauves-souris en France (Dürr, mai 2022)

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

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

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

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

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

Tout d'abord, la modification des paysages inhérente à l'installation des machines ainsi que leur éclairage créent des conditions favorables pour les insectes volants, attirant ainsi les chauves-souris qui s'en nourrissent (Ahlén, 2003). Horn *et al.* (2008) ont ainsi observé une corrélation significative entre l'activité des chauves-souris

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

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

2.2.2 Impacts indirects

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

Lors de la phase de chantier, et en particulier lors de la création des chemins d'accès et des lieux de stockage de matériel, la mise en place d'un projet éolien provoque généralement un impact de type destruction d'habitats : abattage d'arbres, dégradation de milieux utilisés par les chiroptères pour leurs activités de chasse ou de reproduction, 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 ; Hötter *et al.*, 2006).

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

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

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

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

2.2.3 Facteurs influençant la sensibilité des chauves-souris aux éoliennes

2.2.3.1 Facteurs météorologiques

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

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

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

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

2.2.3.2 Facteurs saisonniers

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

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

2.2.3.3 Facteurs paysagers

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

Rydell *et al.*, (2010a) ont passé en revue un ensemble d'études menées en Europe occidentale et comparant la mortalité des chauves-souris liée à l'éolien en fonction d'un gradient paysager. Ils ont ainsi pu constater qu'un nombre relativement faible de chauves-souris (entre 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.* (2010a), 98 % des chauves-souris tuées sont des espèces de haut vol chassant en milieu dégagé alors que 60 % des espèces de chauves-souris ont peu, voire pas de risques de collisions étant donné qu'elles volent à des altitudes bien inférieures à la hauteur des pales. Les Murins *Myotis sp.* et les Oreillardes *Plecotus sp.*, plus forestiers et moins enclins à fréquenter les zones ouvertes, sont ainsi très peu affectés par les collisions avec les pales d'éoliennes (Jones *et al.*, 2009).

CHAPITRE 3. METHODOLOGIE

3.1 Justification du protocole de suivi environnemental

L'étude concerne un suivi de la mortalité du parc éolien de Fontaine-la-Guyon, dans le département de l'Eure et Loire (28). Le suivi permet ainsi d'avoir une estimation de l'impact des éoliennes sur les populations aviaires et des chiroptères suite à la mise en place de mesures correctrices en faveur des chiroptères (mise en place d'arrêts nocturnes).

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

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

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

Procédure mise en place pour l'installation du Parc éolien de Fontaine-la-Guyon (6 éoliennes pour le parc d'une puissance de 2.2 MW chacune) :

- Etude d'impact réalisée en 2005,
- Mise en service au printemps 2020

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

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

- Etude de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux permettant notamment de vérifier l'efficacité des mesures mises en place l'année précédente (notamment les paramètres d'arrêts pour les chiroptères).

3.2 Suivi de mortalité

3.2.1 Protocole de terrain

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

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

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

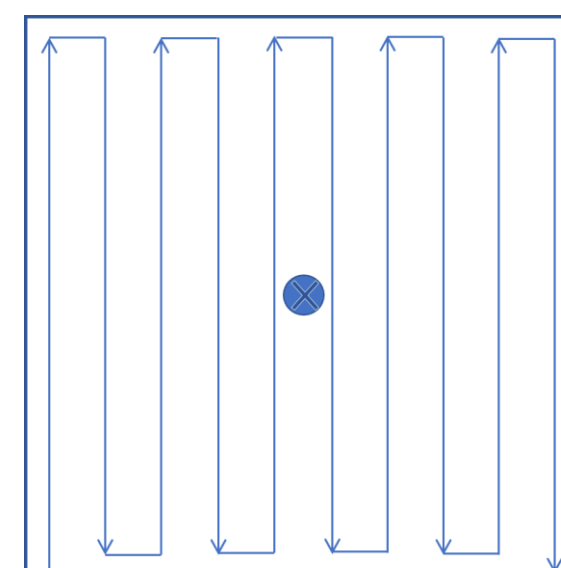


Figure 5. Parcours réalisé lors des prospections

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

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

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

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

Les fiches spécifiques aux cadavres contiennent plusieurs paramètres dont :

- la localisation de l'animal : distance et position par rapport au 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 six éoliennes.

Pour chacune des éoliennes, un passage par semaine a été réalisé entre début mai et fin juillet (semaine 18 à 30) soit 13 sorties et deux passages par semaine entre début août et fin octobre (semaine 31 à 43) soit 26 sorties. Au total, 39 dates de prospections ont été réalisées pour ce suivi.

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

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

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 :

$$p = tm \times (1 - e^{-I/tm}) / I$$

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

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

■ TEST D'EFFICACITE

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

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

Vingt carcasses-tests ont été utilisées pour chaque test.

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

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

■ TEST DE PERSISTANCE = 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 nombre de jours où un cadavre reste sur le lieu de sa chute avant sa consommation par les animaux nécrophages. Les estimations des taux de persistance des carcasses servent au rajustement du nombre de cadavres trouvés au cours des suivis afin de corriger le biais de prédation.

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

Au total, 38 carcasses-tests (poussins achetés congelés en animalerie) ont été utilisées. Celles-ci sont disposées dans les zones susceptibles de recevoir les cadavres d'oiseaux victimes de collision avec les pales (autour des éoliennes) et dans l'ensemble des habitats prospectables présents. Elles sont ensuite suivies jusqu'à leur disparition afin de déterminer le taux de persistance en fonction du temps écoulé.

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

- j0 : dépôt des cadavres ;
- j+1 : première recherche ;
- j+4 : deuxième recherche ;
- j+7 : troisième recherche ;
- j+10 : quatrième recherche ;
- j+14 : cinquième recherche.

■ 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...). L'utilisation de carcasses congelées peut également influencer sur les résultats.

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

■ 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 non prospectée.

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

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

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

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

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

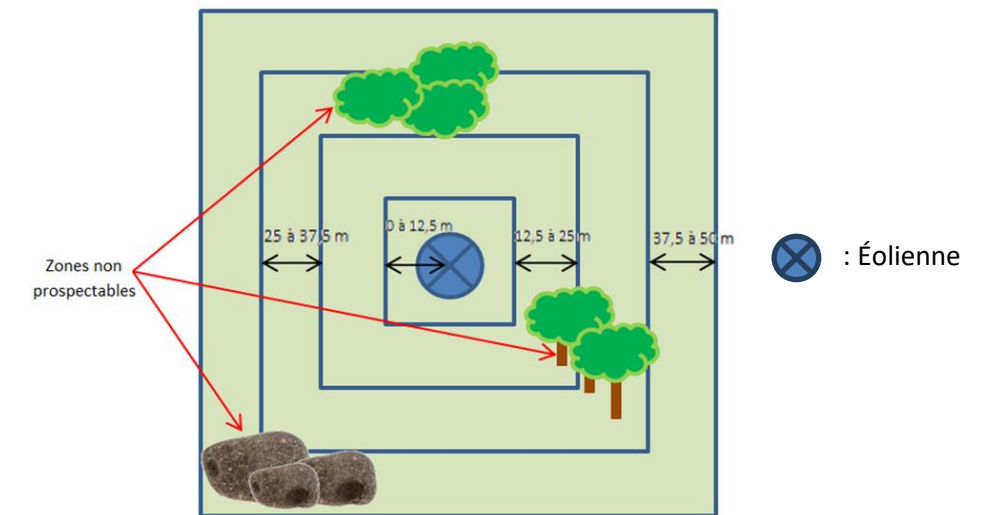


Figure 6. Schéma représentatif des carrés concentriques dont la surface réellement prospectée est à renseigner pour le calcul du coefficient correcteur « a »

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 cadavres trouvés au-delà du carré de 100 mètres de côté seront intégrés dans le carré de 37,5 à 50 m. Les surfaces des carrés ne se superposent pas afin de ne pas comptabiliser plusieurs fois une même surface.

CHAPITRE 4. ETUDE DE LA MORTALITE

4.1 Première période – du 03 mai au 15 août 2022

4.1.1 Résultats bruts

4.1.1.1 Dates d'observations

Les inventaires ont été réalisés sur les six éoliennes aux dates indiquées dans le Tableau 3. Chaque éolienne possède sa propre dénomination : E1, E2, E3, E4, E5 et E6. La périodicité entre chaque passage est de 7,1 jours.

Date	Température min	Température max	Force du vent	Direction du vent
03/05/2022	13	17	4	Sud-Ouest
11/05/2022	8	23	/	/
19/05/2022	16	18	5	Sud-Ouest
25/05/2022	14	16	3	Ouest
02/06/2022	10	25	3	Est
09/06/2022	16	19	3	Ouest
13/06/2022	17	20	2	Sud
20/06/2022	13	15	3	Nord
27/06/2022	19	21	4	Est
07/07/2022	10	24	3	Sud-Ouest
12/07/2022	32	32	3	Ouest
20/07/2022	22	24	4	Est
27/07/2022	22	24	2	Sud
03/08/2022	23	35	1	Sud-Est
11/08/2022	19	33	4	Nord-Ouest

Tableau 3. Dates et conditions météorologiques des suivis de mortalité

4.1.1.2 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 27/06/2022. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après.

Eolienne	Nb carcasses		Z
	Déposée(s)	Retrouvée(s)	
E1	4	4	1
E2	5	4	0,8
E3	2	2	1
E4	3	3	1
E5	4	3	0,75
E6	2	2	1
Parc	20	18	0,9

Tableau 4. Résultats du test d'efficacité du 27/06/2022

Pour la première période, le coefficient Z est de **0,9**.

4.1.1.3 Les tests de persistance (coefficient correcteur P)

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

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

Eolienne	Carcasses déposées (J0)	Carcasses restantes (Test 1)			Durée moyenne de persistance des cadavres
		J+1	J+4	J+7	
E1	3	3	2	1	4
E2	4	4	0	0	1
E3	3	3	1	1	3
E4	4	4	2	2	4
E5	3	0	0	0	0
E6	3	1	0	0	0,33
Parc	20	15	5	4	2,41

Tableau 5. Résultats du test de prédation du 13/06/2022

Le taux de persistance pour la première période est de **P=0,20 à J+7** (P=0,25 à J+4 et P=0,75 à J+1) ce qui signifie que seul 20 % des cadavres persiste sur une durée de 7 jours (approximativement l'intervalle entre deux passages).

La durée moyenne de persistance des cadavres est de 2,41 jours.

4.1.1.4 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.

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	
E1	92	0	45,68	0	36,63	2	34,19	0	2,46
E2	95	1	83,8	0	75,33	1	73,93	1	1,29
E3	88,67	1	49,16	1	41,53	1	41,12	0	2,19
E4	91,33	0	51,51	0	38,5	0	34,58	0	2,35
E5	96,67	0	54,46	0	48,32	0	47,05	0	1,93
E6	90	0	37,2	0	29,32	0	25,85	0	3,02
Parc	92,3	2	53,6	1	44,9	5	46,2	0	2,1

Tableau 6. Coefficients correcteurs de surface pour la première période

Le coefficient correcteur de surface est égal à 2.1 pour l'ensemble des éoliennes suivies pour la première période. Au cours de cette période environ 58.4 % de la surface totale a été prospectée.

4.1.1.5 Cadavres découverts

Cadavre	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Classe animale	Eolienne concernée	Date de découverte
FONO1	Martinet noir	<i>Apus apus</i>	Oiseau	E2	19/05/2022
FONC1	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Chiroptère	E3	02/06/2022
FONO2	Sittelle torchepot	<i>Sitta europaea</i>	Oiseau	E3	13/06/2022
FONO3	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Oiseau	E5	20/07/2022
FONC2	Pipistrelle indéterminée	<i>Pipistrellus sp.</i>	Chiroptère	E2	27/07/2022
FONO4	Martinet noir	<i>Apus apus</i>	Oiseau	E3	27/07/2022
FONO5	Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Oiseau	E1	03/08/2022
FONO6	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Oiseau	E1	11/08/2022

Tableau 7. Récapitulatif des cadavres découverts lors de la première période – Début mai à mi-août 2022



Photo 1. Photographies de différents cadavres retrouvés lors de la 1^{ère} période du suivi De gauche à droite : Sittelle torchepot, Pipistrelle sp., Martinet noir

Il est important de préciser que la faible persistance des cadavres a probablement créé un fort biais dans les recherches. Ce biais devrait être pris en compte dans les estimations de la mortalité sur cette période.

Annexe 1 - Récapitulatif des cadavres trouvés en 2022 – Page 40

4.1.1.6 Analyse qualitative

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

Le suivi de mortalité (réalisé entre le 03/05/22 et le 15/08/2022) met en avant un total de huit cadavres.

Eoliennes	Espèces	Total cadavre
E1	Pigeon ramier (1), Faucon crécerelle (1)	2
E2	Martinet noir (1), Pipistrelle sp. (1)	2
E3	Pipistrelle commune (1), Sittelle torchepot (1), Martinet noir (1)	3
E4	Aucun individu découvert	0
E5	Faucon crécerelle (1)	1
E6	Aucun individu découvert	0

Tableau 8. Répartition des cadavres par éolienne

Sur l'ensemble des cadavres trouvés, trois appartiennent à des espèces très régulièrement observées sous les parcs éoliens français : le Faucon crécerelle *Falco tinnunculus*, le Martinet noir *Apus apus* et la Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus*.

Espèces concernées	Statut patrimonial		Cas de collision recensés par Auddicé (16/01/2023, non publiées)	Cas de collision recensés en France (Dürr, 2022)	Cas de collision recensés en Europe (Dürr, 2022)	Sensibilité à l'éolien au niveau national*
	Liste rouge régionale	Liste rouge nationale				
Faucon crécerelle <i>Falco tinnunculus</i>	NT	LC	49	160	673	3
Martinet noir <i>Apus apus</i>	NT	LC	28	153	446	1
Pigeon ramier <i>Columba palumbus</i>	LC	LC	17	279	39	1
Sittelle torchepot <i>Sitta europaea</i>	LC	LC	1	1	4	0
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC	NT	143	1124	2569	3
Pipistrelle indéterminée <i>Pipistrellus sp.</i>	NE	NE	55	316	758	/

Tableau 9. Patrimonialité et sensibilité à l'éolien des espèces retrouvées lors du suivi mortalité

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

Légende :

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

Sur les cinq espèces identifiées, trois peuvent être définies comme « patrimoniales » avec un indice de menace régionale ou national d’au moins « quasi-menacé ».

4.1.1.7 Analyse quantitative : Estimation de la mortalité

■ Résultats des différents indices

La Figure 7 présente la mortalité estimée sur le parc de Fontaine la Guyon au cours de la première période.

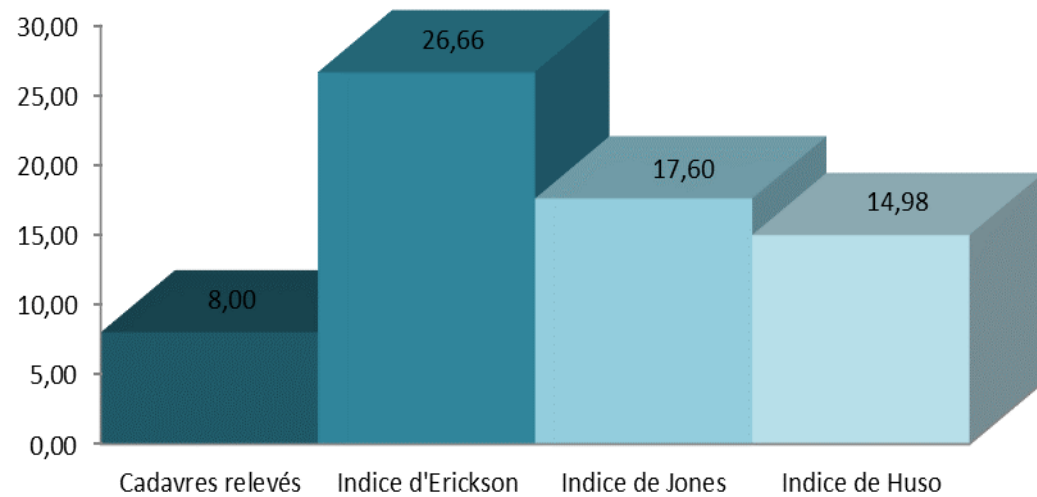


Figure 7. Mortalité aviaire estimée selon les différents indices statistiques

Selon les différents indices, le nombre estimé d’individus tués par le parc éolien de Fontaine-la-Guyon sur la première période considérée (de début mai à mi-août), totalisant 13 sorties, est compris entre 15 et 27 individus soit entre 2,5 et 4,5 individus estimés morts par éolienne.

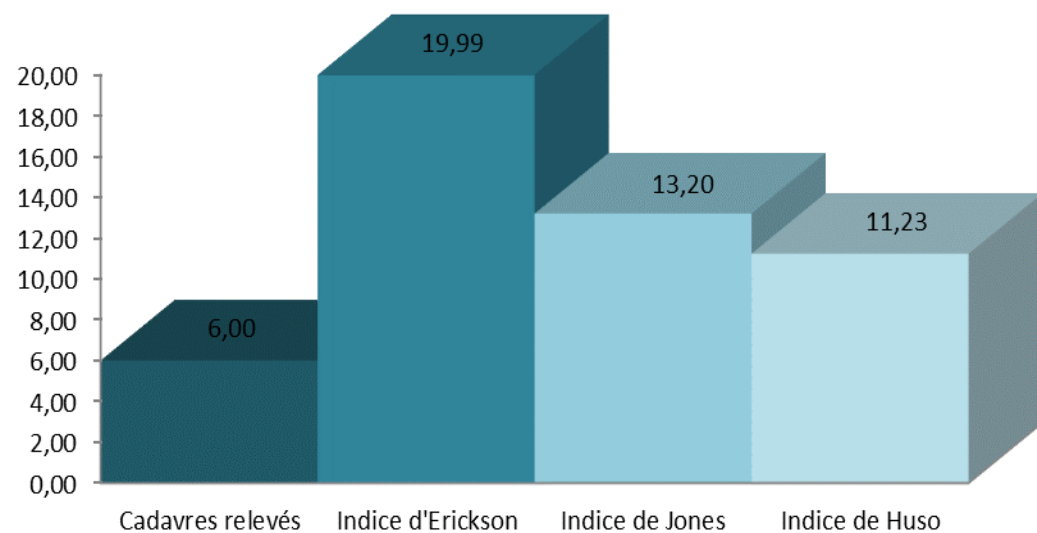


Figure 8. Mortalité aviaire estimée selon les différents indices statistiques

Les indices permettent de définir que le nombre d’oiseaux impactés par les éoliennes du parc de Fontaine-la-Guyon varie entre 11 et 20 soit entre 1,8 et 3,3 oiseaux estimés impactés par éolienne.

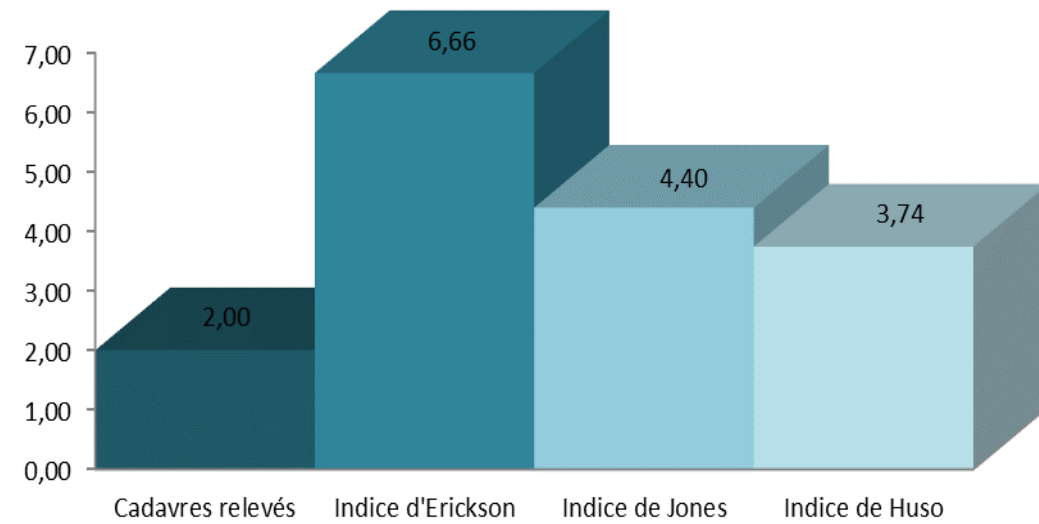


Figure 9. Mortalité des chiroptères estimée selon les différents indices statistiques

Le nombre de chiroptères estimés impactés par le parc varie, selon les indices, entre 4 et 7 individus, soit entre 0,7 et 1,2 individus par éolienne.

4.1.2 Discussion

Lors de cette première période, sous les six éoliennes du Parc éolien de Fontaine-la-Guyon, 8 individus (6 oiseaux et 2 chiroptères) ont été retrouvés durant les prospections hebdomadaires, ce qui correspond à une mortalité peu importante. De plus, les indices statistiques d’Erickson, de Jones et d’Huso permettent d’estimer entre 2,5 et 4,5 cas de mortalité par éolienne sur les six éoliennes du parc soit entre 15 et 27 individus pour l’ensemble du parc éolien et cela entre le 03 mai et le 15 août 2022. Ces indices cherchent à corriger les différents biais présents lors de l’étude (prospection restreinte aux plateformes, durée de persistance des cadavres sur les plateformes, compétence de l’observateur...) grâce à plusieurs calculs mais ne donnent que des valeurs indicatives en considérant la mortalité réelle comprise entre la mortalité brute et les valeurs estimées. Notons également que le nombre de cadavres découverts ne permet pas d’estimer « trop faible » pour que ces indices statistiques soient fiables.

L’éolienne E3 est l’éolienne sous laquelle le plus d’individus a été retrouvé (trois). Toutefois, les cultures sous cette éolienne sont similaires à celles que l’on pouvait observer sous E5 qui n’a permis d’observer qu’un cas de mortalité. Il ne semble donc pas y avoir de corrélation entre l’environnement agricole de l’éolienne E3 et ses impacts légèrement supérieurs aux autres aérogénérateurs du parc.

La faible persistance des cadavres durant cette première période peut être un fort biais à ces prospections. En effet, la persistance moyenne étant inférieure à l’écart entre deux passages sur site, il est possible que certains cadavres n’aient donc pas pu être découverts par les prospecteurs.

4.2 Deuxième période – du 16 août au 03 novembre 2022

4.2.1 Résultats bruts

4.2.1.1 Dates d'observations

Les inventaires ont été réalisés sur les six éoliennes aux dates indiquées dans le Tableau 10. La périodicité entre chaque passage est de 3,49 jours.

Date	Température min (°)	Température max (°)	Force du vent	Direction du vent
16/08/2022	16	26	2	Sud
18/08/2022	19	27	1	Nord-Ouest
22/08/2022	13	27	1	Nord
25/08/2022	20	27	4	Nord-Ouest
30/08/2022	21	27	2	Nord-Ouest
01/09/2022	22	26	2	Nord-Ouest
05/09/2022	28	33	4	Sud
08/09/2022	13	21	5	Sud-Ouest
12/09/2022	18	26	2	Nord-Ouest
14/09/2022	18	22	1	Sud-Ouest
19/09/2022	15	25	4	Nord
22/09/2022	13	22	2	Sud-Ouest
26/09/2022	9	14	5	Sud-Ouest
30/09/2022	5	17	4	Sud
03/10/2022	12	18	4	Sud-Est
06/10/2022	10	20	4	Nord-Ouest
11/10/2022	9	17	8	/
14/10/2022	14	17	0	/
18/10/2022	15	17	8	Est
21/10/2022	15	22	5	Sud
24/10/2022	14	22	5	Sud-Ouest
28/10/2022	17	23	3	Nord-Est
31/10/2022	11	17	3	Sud-Est
03/11/2022	8	14	5	Nord

Tableau 10. Dates des suivis de mortalité au cours de la deuxième période

4.2.1.2 Les tests d'efficacité (coefficient correcteur Z)

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

Le test d'efficacité a été réalisé le 26/09/2022. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après.

Eolienne	Nb carcasses		Z
	Déposée(s)	Retrouvée(s)	
E1	3	3	1
E2	4	2	0,5
E3	3	2	0,67
E4	3	2	0,67
E5	3	3	1
E6	4	3	0,75
Parc	20	16	0,75

Tableau 11. Résultats du test d'efficacité du 26/09/2022

Pour la seconde période, le coefficient Z est de **0,8**.

4.2.1.3 Les tests de persistance (coefficient correcteur P)

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

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

Eolienne	Carcasses déposées (J0)	Carcasses restantes (Test 2)			Durée moyenne de persistance des cadavres
		J+1	J+4	J+7	
E1	3	2	1	0	1,67
E2	3	3	3	3	14
E3	3	2	2	2	7
E4	3	3	1	1	6,33
E5	3	3	2	2	5
E6	3	3	0	0	1
Parc	18	16	9	8	4,47

Tableau 12. Résultats du test de persistance du 26/09/22

Le coefficient de persistance pour la deuxième période est de **P=0.44** à J+4 (P=0,88 à J+1) ce qui signifie qu'environ 44 % des cadavres persistent sur une durée de 4 jours (approximativement l'intervalle entre deux passages).

La durée moyenne de persistance des cadavres est de 4,47 jours.

4.2.1.4 Coefficient correcteur de surface (A)

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

Deuxième période									
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	
E1	100	0	96	1	88.3	0	85.8	2	1,12
E2	100	0	79.2	2	79.2	0	79.2	0	1,24
E3	95.7	0	83.7	0	80.9	3	79.4	0	1,22
E4	100	0	84.9	0	81.7	0	80.3	0	1,21
E5	100	0	91.7	0	88.9	1	91.5	0	1,1
E6	100	0	100	1	100	1	100	0	1
Parc	99.3	0	89.2	4	86.5	5	86	2	1,15

Tableau 13. Coefficients correcteurs de surface pour la deuxième période

Le coefficient correcteur de surface est égal à 1,15 pour l’ensemble des éoliennes suivies pour la seconde période. Au cours de cette période environ 90 % de la surface totale a été prospectée.

4.2.1.5 Cadavres découverts

Cadavre	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Classe animale	Eolienne concernée	Date de découverte
FONC3	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Chiroptère	E3	16/08/2022
FONO7	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Oiseau	E1	18/08/2022
FONO8	Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Oiseau	E3	22/08/2022
FONO10	Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Oiseau	E1	08/09/2022
FONO11	Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	Oiseau	E5	26/09/2022
FONO12	Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	Oiseau	E2	11/10/2022
FONC4	Chiro sp.	<i>Chiroptera sp.</i>	Chiroptère	E6	21/10/2022
FONO13	Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	Oiseau	E1	24/10/2022
FONC5	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Chiroptère	E2	24/10/2022
FONO14	Martinet noir	<i>Apus apus</i>	Oiseau	E6	03/11/2022

Tableau 14. Récapitulatif des cadavres découverts lors de la deuxième période



Photo 2. Photographies de différents cadavres retrouvés lors de la 2^{ème} période du suivi
De gauche à droite : Noctule commune, Buse variable, Roitelet à triple bandeau.

Au total, sur cette seconde période allant du 16 août au 03 novembre 2022, 10 cas de mortalité ont été découverts : 3 chiroptères et 7 oiseaux.

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

4.2.1.6 Analyse qualitative

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

La seconde partie du suivi de la mortalité réalisée entre le 16/08/22 et le 03/11/22 a permis de relever **un total de 10 cadavres dont la mortalité est imputable aux éoliennes** (7 oiseaux et 3 chiroptères) :

Eoliennes	Espèces	Total cadavre
E1	Faucon crécerelle (1), Alouette des champs (1), Roitelet à triple bandeau (1)	3
E2	Roitelet à triple bandeau (1), Pipistrelle de Nathusius (1)	2
E3	Noctule commune (1), Buse variable (1)	2
E4	Aucun individu découvert	0
E5	Roitelet à triple bandeau (1)	1
E6	Chiroptère indéterminé (1), Martinet noir (1)	2

Tableau 15. Répartition des cadavres par éolienne

Parmi les individus observés sous les éoliennes du parc, toutes les espèces d'oiseaux sont régulièrement retrouvées sous les parcs éoliens français. C'est également le cas de la Pipistrelle de Nathusius pour les chiroptères.

Espèces concernées	Statut patrimonial		Cas de collision recensés par Auddicé (16/01/2023, non publiées)	Cas de collision recensés en France (Dürr, 2022)	Cas de collision recensés en Europe (Dürr, 2022)	Sensibilité à l'éolien au niveau national*
	Liste rouge régionale	Liste rouge nationale				
Alouette des champs <i>Alauda arvensis</i>	NT	NT	25	97	395	0
Buse variable <i>Buteo buteo</i>	LC	LC	25	115	957	2
Faucon crécerelle <i>Falco tinnunculus</i>	NT	LC	49	160	673	3
Martinet noir <i>Apus apus</i>	NT	LC	28	153	446	1
Roitelet à triple bandeau <i>Regulus ignicapilla</i>	LC	LC	49	196	302	0
Chiroptère indéterminé <i>Chiroptera sp.</i>	NE	NE	22	447	1105	/
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	NT	VU	29	147	1616	3.5
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	NT	NT	33	303	1662	3.5

Tableau 16. Patrimonialité et sensibilité à l'éolien des espèces retrouvées lors du suivi mortalité

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

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

Parmi les espèces impactées lors de la seconde période de suivi (de mi-août à début novembre), 5 sont des espèces « patrimoniales » ayant un indice de menace régionale ou national d'au moins « quasi-menacé ».

4.2.1.7 Analyse quantitative : Estimation de la mortalité-

■ Résultats des différents indices

La Figure 10 présente la mortalité estimée sur le parc Fontaine-la-Guyon au cours de la deuxième période.

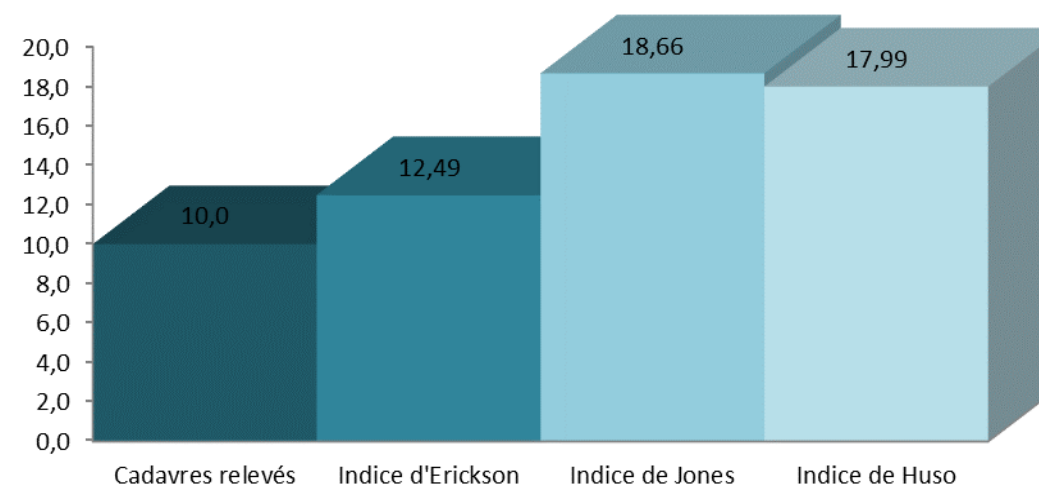


Figure 10. Mortalité estimée en seconde période

Selon les différents indices, le nombre estimé d'animaux tués par le parc éolien de Fontaine-la-Guyon sur la période considérée (du 16 août 2022 au 3 novembre 2022, représentant 26 sorties) varie de **12 à 19 individus, toutes espèces confondues**, soit entre 2 et 3,2 individus impactés par éolienne.

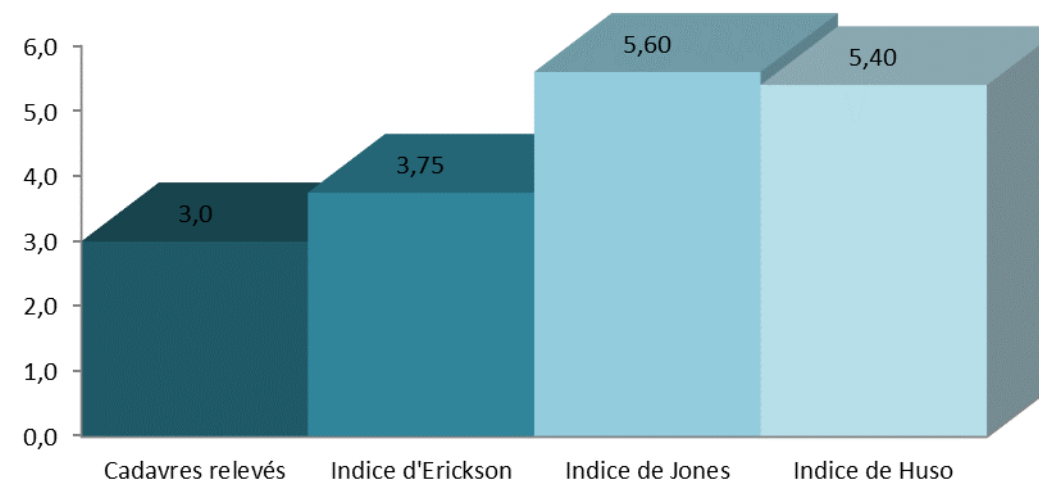


Figure 11. Mortalité des chiroptères estimée en seconde période

En considérant uniquement la mortalité des chiroptères, on obtient **des estimations entre 4 et 6 cas de mortalité** soit entre 0,7 et 1 individus impactés par éolienne.

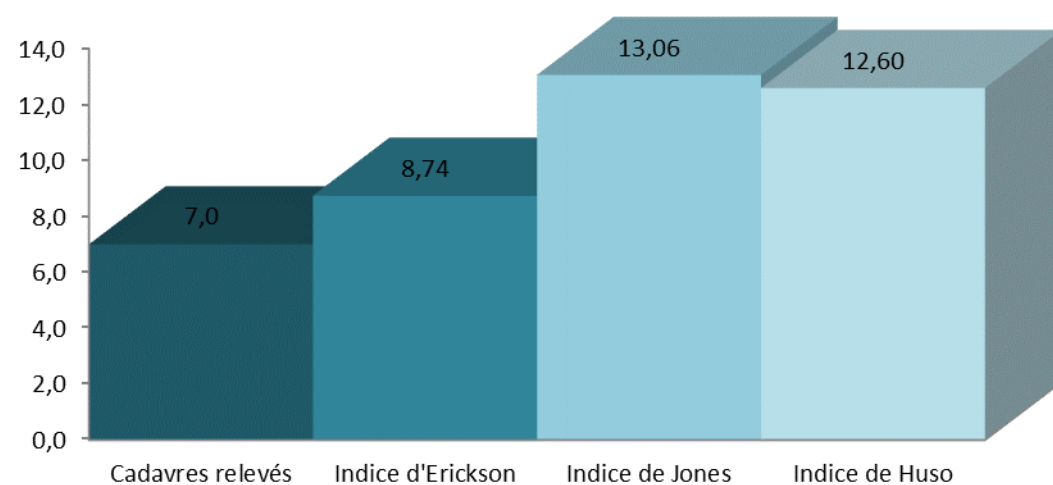


Figure 12. Mortalité aviaire estimée en seconde période

Lors de la seconde période de suivi, allant de mi-août à début novembre, la mortalité de l'avifaune est estimée entre **9 et 13 cas de mortalité aviaire** sur le parc (Figure 12), soit entre 1,5 et 2,2 individus estimés impactés par éolienne.

4.2.2 Discussion

Cette seconde période, s'étalant entre le 16 août et le 03 novembre, a permis de mettre en évidence la présence de 10 cadavres imputables aux éoliennes soit 1,7 cadavres par éolienne sur la période suivie, soit d'après les indices statistiques d'Erickson, Jones et Huso, entre 12 et 18 cadavres sur la période étudiée (entre 4 et 6 chiroptères et entre 9 et 13 oiseaux).

Durant cette période de suivi, le nombre d'espèces détectées ne permet pas de comprendre les différences de mortalité entre les différentes éoliennes du parc.

4.3 Résultats bruts de la mortalité sur l'année 2022

Au total, et sur l'ensemble du suivi de mortalité, les éoliennes de Fontaine-la-Guyon ont impacté 18 individus : 5 chiroptères et 13 oiseaux.

La répartition par éolienne des cas de mortalité retrouvés sous le parc de Fontaine-la-Guyon est présenté dans la Tableau 17.

Éolienne concernée	Espèces d'oiseaux impactées et effectif	Espèces de chiroptères impactées et effectif	Total oiseaux	Total chiroptères	Total
E1	Alouette des champs (1), Faucon crécerelle (2), Pigeon ramier (1), Roitelet à triple bandeau (1)	/	5	0	5
E2	Martinet noir (1), Roitelet à triple bandeau (1)	Pipistrelle indéterminée (1), Pipistrelle de Nathusius (1)	2	2	4
E3	Buse variable (1), Martinet noir (1), Sittelle torchepot (1)	Noctule commune (1), Pipistrelle commune (1)	3	2	5
E4	/	/	0	0	0
E5	Faucon crécerelle (1), Roitelet à triple bandeau (1)	/	2	0	2
E6	Martinet noir (1)	Chiroptère indéterminé (1)	1	1	2

Tableau 17. Répartition des cadavres retrouvés sous les éoliennes – Période du 03/05 au 03/11/22

Le tableau précédent permet de constater que les éoliennes E1 et E3 sont celles sous lesquelles le plus d'impacts sur la faune volante ont été constatés. Les éoliennes E1, E2 et E3 totalisent 78 % de la mortalité toutes espèces confondues. E4, E5 et E6 sont beaucoup moins mortifères d'après les résultats du suivi 2022.

4.4 Estimation de la mortalité sur les deux périodes suivies

Les figures ci-après présentent les cas de mortalité avéré ainsi que les indices d'Erickson, de Jones et d'Huso pour l'ensemble de la période étudiée, à savoir, entre le 03 mai et le 03 novembre 2022.

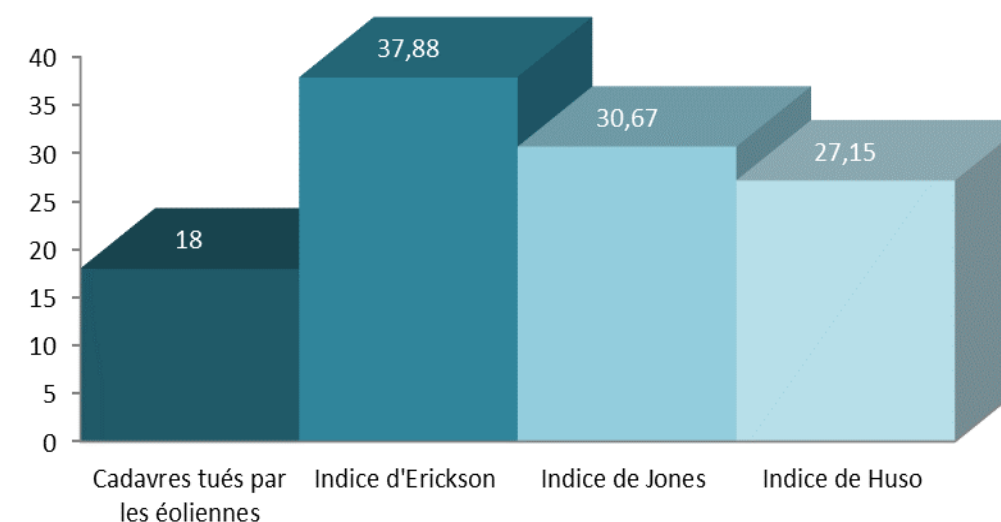


Figure 13. Mortalité estimée sur l'ensemble du suivi

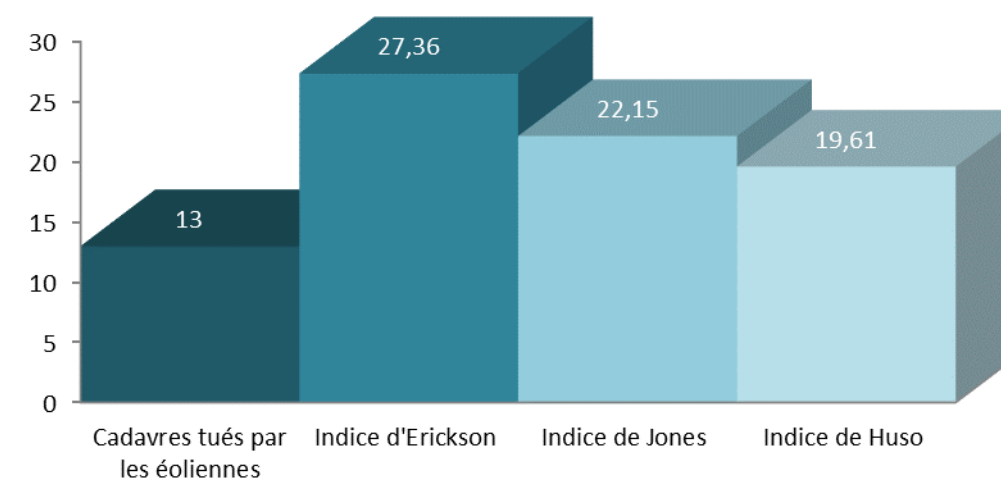


Figure 14. Mortalité aviaire estimée sur l'ensemble du suivi

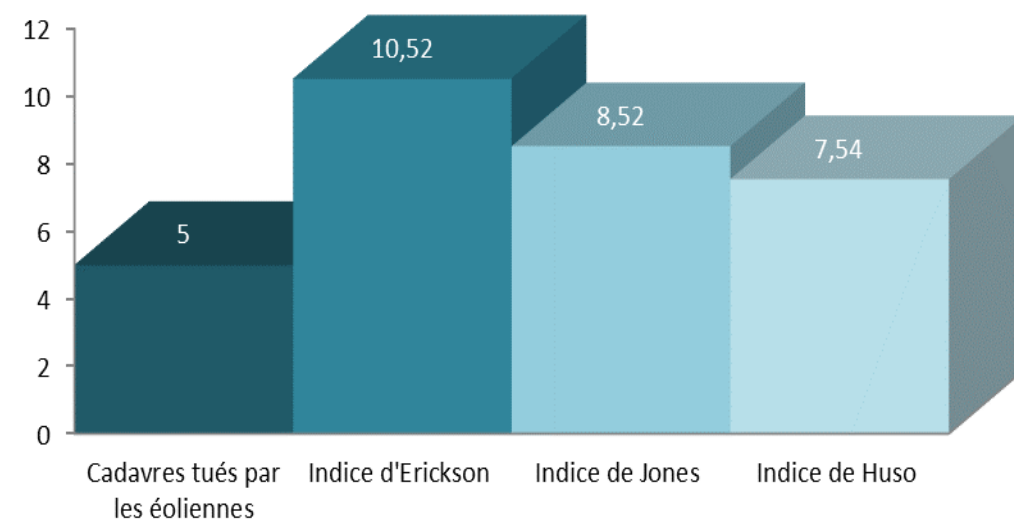


Figure 15. Mortalité des chiroptères estimée sur l'ensemble du suivi

Les différents indices permettent d'obtenir une estimation de la mortalité entre 4,5 et 6,3 individus par éolienne, soit entre 3,3 et 4,5 oiseaux et entre 1,3 et 1,8 chiroptères impactés par éolienne. Le parc éolien de Fontaine-la-Guyon comptabiliserait donc entre 27 et 38 individus tués sur la période de suivi (du 03 mai au 03 novembre), soit entre 20 et 27 oiseaux et entre 8 et 11 chiroptères impactés durant les 6 mois suivis en 2022.

■ Analyse critique des indices utilisés dans les calculs

Dans une étude comparant différents modèles d'estimation, Korner-Nievergelt et al. (2011) montrent que le modèle d'Erickson sous-estime le nombre de cadavres potentiels quand la durée de persistance est faible (3 jours) alors qu'il fait des estimations correctes quand la durée de persistance est importante (30 jours). Dans le cas de cette étude, la durée de persistance estimée est de 4,47 jours. Ce qui est relativement 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 et la fréquence de prospection supérieure à 14 jours. En revanche, pour des cas où la persistance est plus faible et la fréquence de prospection allant de 1 à 7 jours, ce qui est le cas dans la présente étude, le modèle d'Huso tend à surestimer le nombre de cadavres. En outre, la formule d'Huso est particulièrement robuste lorsque l'efficacité de détection diminue au fur et à mesure des recherches (Huso, 2010).

Plusieurs études (Roux et al., 2013, Cornut & Vincent, 2010) conseillent d'utiliser les méthodes de Jones (2009) et d'Huso (2010) qui sont plus robustes dans la plupart des cas et donnent généralement des résultats assez proches. Les méthodes de Jones et d'Huso intègrent la durée moyenne de persistance des cadavres dans une fonction exponentielle inverse, ce qui permet de considérer les cadavres tombant durant l'intervalle. Toutefois, Jones estime que le taux de persistance peut être approché par la probabilité de trouver un cadavre tombé à la

moitié de l'intervalle, tandis qu'Huso utilise la probabilité de trouver un cadavre tombé à n'importe quel moment sur l'intervalle. Cette différence donne un taux de persistance plus faible pour Jones, ce qui conduit par conséquent à des estimations de mortalité plus élevées.

Korner-Nievergelt et al. (2011) montrent enfin que quel que soit le modèle utilisé, il existe une forte corrélation entre la précision des estimations et le nombre de cadavres retrouvés. Si le nombre de cadavres détectés est faible, la précision des modèles s'avère incertaine. Au cours de la période du suivi, dix-huit ont été trouvés, la précision des modèles permet une bonne précision de ces estimations sur l'ensemble du suivi.

Enfin, les biais des tests de prédation (qualité des poussins, faible diversité des carcasses, odeur, températures extérieures, etc.) et d'efficacité (carcasses-tests identiques, résultats dépendant de la dissimulation, travaux agricoles, etc.) sont des facteurs pouvant grandement modifier les estimations retenues dans les formules et donc en influencer les estimations.

Au vu des résultats du présent suivi et des formules de Jones, Huso et Erickson, les six éoliennes du parc de Fontaine-la-Guyon seraient à l'origine de la mortalité de 4,5 à 6,3 individus (chauve-souris et oiseaux confondus) par éolienne entre le 03 mai et le 3 novembre 2022, soit entre 3,3 et 4,5 oiseaux et entre 1,3 et 1,8 chiroptères impactés par éolienne sur la période suivie. La mortalité avérée étant de 2,1 oiseaux par éolienne et 0,8 chiroptère on peut en conclure que la mortalité se situe probablement entre 2,1 et 4,5 oiseaux/éolienne et entre 0,8 et 1,8 chiroptères/éolienne entre le 03 mai et le 3 novembre.

CHAPITRE 5. ANALYSE DES RESULTATS DES TROIS ANNEES SUIVIES

Les suivis précédents permettant de mettre en évidence la mortalité de la faune volante se sont déroulés en 2020 et 2021. Ils avaient permis de mettre en évidence un total de 38 cadavres : 32 chiroptères et 6 oiseaux. Ces suivis ont été décomposés comme suit :

Suivi ICPE :

Le suivi environnemental dans le cadre de la réglementation ICPE s’est déroulé du 14/05/20 au 29/10/20 puis du 01/04/21 au 04/05/21. Suite à un impact fort sur les chiroptères (24 individus retrouvés en 2020), et afin de diminuer la mortalité sur les chiroptères, un programme d’arrêts des machines en faveur des chiroptères (« bridage ») a été mis en place le 26 août 2020 par l’exploitant du parc, selon les conditions suivantes :

- Jusqu’à la fin du mois d’octobre
- Du coucher au lever du soleil
- Pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 4m/s

Après la mise en place de ces arrêts, seulement 3 individus ont été impactés par les éoliennes du parc de Fontaine-la-Guyon en 2020 : 2 chiroptères (dont un retrouvé vivant) et un oiseau. Cependant, « l’activité des chiroptères a fortement diminué en septembre et en octobre (moins de 250 contacts pour les deux mois) »¹.

Suivi 2021 : évaluation du plan de régulation mis en place en 2021

Les prospections réalisées entre le 2 avril 2021 et le 5 mai 2021 ont permis la découverte de 3 oiseaux et d’aucun chiroptère.

Au 1er mai, de nouveaux arrêts en faveur des chiroptères ont été intégrés aux éoliennes dont les paramètres sont les suivants :

- Du 01/05/2021 au 31/10/2021
- Du coucher jusqu’au lever du soleil
- Pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 4,5m/s

Malgré ces arrêts et dans les semaines suivantes, 8 cadavres ont été découverts : 2 oiseaux et 6 chiroptères. Comparé aux chiffres de l’année 2020 et sur un laps de temps équivalent, il semble que la mortalité ait été « divisée par plus de 3. Ce résultat peut être pondéré toutefois du fait de conditions météorologiques plus froides en 2021 par rapport à 2020 mais également par la diminution de l’activité des chiroptères en juillet et août 2021 par rapport à la même période en 2020. » Toutefois, la conclusion de 2021 (cf. Conclusion – Page 82 du Rapport des suivis environnementaux de 2021) indique que malgré une forte diminution de la mortalité concernant les chiroptères, les paramètres des arrêts en faveur des chiroptères doivent être revus à la hausse.

Suivi 2022 : évaluation du nouveau paramétrage du plan de régulation

En 2022, les paramètres intégrés dans les machines étaient les suivants :

- Du 01/05 au 31/10
- Du coucher jusqu’au lever du soleil
- Pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 5,5m/s
- Pour des températures supérieures ou égales à 10°C

Les paramètres intégrés sont donc supérieurs aux préconisations faites en 2021.

Le tableau ci-dessous récapitule le nombre de cas de mortalité recensés dans le cadre des suivis de la mortalité en 2020, 2021 et 2022.

Éolienne concernée	Année	Nombre d'oiseaux impactés	Nombre de chiroptères impactés	Total oiseaux	Total chiroptères	Total
E1	2020	0	5	7	7	14
	2021	2	2			
	2022	5	0			
E2	2020	1	6	3	8	11
	2021	0	0			
	2022	2	2			
E3	2020	0	1	4	3	7
	2021	0	0			
	2022	4	2			
E4	2020	0	3	1	5	6
	2021	1	2			
	2022	0	0			
E5	2020	0	6	3	8	11
	2021	1	2			
	2022	2	0			
E6	2020	0	5	2	6	8
	2021	1	0			
	2022	1	1			
Parc	2020	1	26	20	37	57
	2021	5	6			
	2022	14	5			

Tableau 18. Récapitulatif des cadavres observés lors des trois saisons de prospections

Au cours des trois années suivies, la mortalité des chiroptères a fortement réduit grâce aux mesures de régulations mise en place par l’exploitant du parc éolien (environ – 80 % de mortalité pour les chiroptères). Au contraire l’avifaune semble montrer une augmentation de la mortalité des espèces communes en milieux agricoles.

¹ Voir : Suivi environnemental du Parc éolien de Fontaine-la-Guyon (28), 01/02/2022, Rapport final V3 – auddicé environnement.

Répartition temporelle et spatiale des cadavres

Le diagramme ci-après reprend le nombre de cas découvert au fil des prospections sur les 3 années suivies.

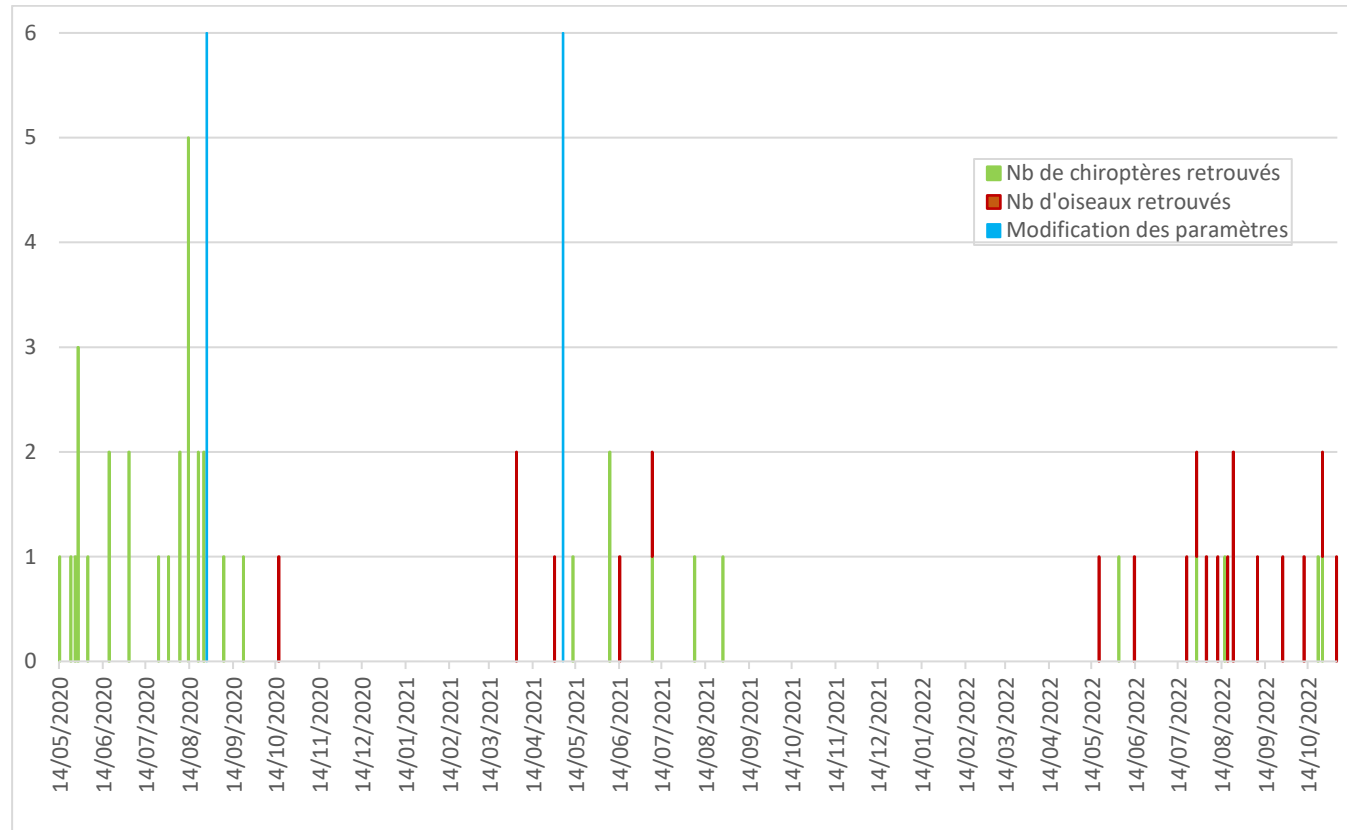


Figure 16. Nombre d’individus retrouvés en fonction de la date

La localisation des individus retrouvés sous les éoliennes du parc de Fontaine-la-Guyon, en 2020 et 2021 est présentée en Annexe 2 - .

Les cartes présentées à l’Annexe 3 - montrent la disposition des cadavres découverts au pied des éoliennes de Fontaine-la-Guyon, dans le cadre du suivi réalisé entre le 03 mai et le 03 novembre 2022.

La disposition des individus retrouvés impactés sous chaque éolienne semble aléatoire et relativement homogène. Dans l’état actuel de nos connaissances, nous ne pouvons pas conclure ou apporter d’éléments justifiant le positionnement des individus sous les éoliennes du parc.

Annexe 2 - Localisation des cadavres découverts lors des suivis précédents (2020-2021) – Page 41

Annexe 3 - Localisation des cadavres découverts entre le 03 mai et le 03 novembre 2022 – Page 47

Sur l’ensemble des périodes suivies, l’éolienne ayant engendré le plus d’impacts sur la faune volante est l’éolienne E1. C’est également l’éolienne ayant impacté le plus d’oiseaux. Pour les chiroptères, les deux éoliennes les plus impactantes sont la E2 et la E5.

Tableau 18 – Récapitulatif des cadavres observés lors des trois saisons de prospections – Page 35

Concernant l’avifaune, l’environnement de l’éolienne E1 pourrait expliquer cette mortalité. En effet, il est probable que la proximité de l’éolienne avec les boisements proches (<100m) et son emplacement coupant un éventuel axe de passage entre le boisement situé au nord de l’éolienne et celui au sud-ouest de la turbine soient deux facteurs augmentant son impact sur les oiseaux. Cependant, aucun axe n’a été mis en évidence durant le suivi comportemental de l’avifaune réalisé en 2020/2021.

Concernant les chiroptères, aucun élément de paysage ne permet d’expliquer cette différence de mortalité. Toutefois, 22 individus ont été retrouvés entre les mois de juillet et septembre, période de mise-bas et d’élevage des jeunes et début du transit automnal. De manière générale, c’est durant ces mois que les chiroptères sont les plus actifs (plus d’émergences d’insectes, plus d’individus du fait que les jeunes soient volants, conditions météorologiques plus favorables, etc.). L’analyse de l’activité des chiroptères enregistrée à hauteur de nacelle durant les suivis 2020 et 2021 vérifient cette activité accrue durant les mois estivaux. Aucune écoute en continue à hauteur de nacelle n’a été réalisée sur le parc éolien en 2022 permettant de confirmer ou d’infirmier cela sur cette même année.

Rydell et al. (2012) indique que chaque éolienne Européenne et Nord-Américaine tuerait en moyenne 2,9 chiroptères et 2,3 oiseaux par an. En Grande Bretagne, sur 46 parc éoliens étudiés, Heitz et al (2017) estime à 7,92 chiroptères impactés par éolienne et par an. Wiley et al. (2006) indique qu’en Navarre, entre 3,6 et 64,3 oiseaux seraient impactés par an et par éolienne.

D’une étude à l’autre, les chiffres diffèrent et sont très variables. **Dans le cas du suivi réalisé en 2022 sur le parc éolien de Fontaine-la-Guyon, la mortalité découverte moyenne est de 2,3 oiseaux et 0,8 chiroptère par éolienne.**

CONCLUSION

L'étude présentée dans ce rapport a été réalisée afin de vérifier l'efficacité de la mise en place des arrêts nocturnes en faveur des chiroptères (« bridage »). Initialement, ces arrêts ont été mis en place, selon les paramètres ci-dessous, suite à une mortalité significative découverte durant les premières prospections réalisées entre le 14 mai et le 29 octobre 2020 :

- Du 26/08/2020 au 29/10/2020
- Du coucher jusqu'au lever du soleil (toute la nuit)
- Pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 4m/s

Par la suite, ces arrêts ont été renforcés en 2021 selon les paramètres suivants :

- Du 05/05 au 31/10
- Du coucher jusqu'au lever du soleil
- Pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 4,5m/s

Ces arrêts ont été réhaussés en 2022 de la façon suivante :

- Du 01/05 au 31/10
- Du coucher jusqu'au lever du soleil
- Pour des vitesses de vent inférieures à 5.5m/s
- Pour des températures supérieures à 10°C

Le suivi réalisé entre le 03 mai et le 03 novembre 2022 a permis de mettre en évidence la présence de 18 cadavres imputables aux éoliennes : **13 oiseaux et 5 chiroptères**. En s'aidant des outils statistiques de Jones, Huso et Erickson, permettant de corriger les biais présents dans le protocole (prédations des cadavres, efficacité du/des prospecteur(s), surface non prospectable, décomposition naturelle, etc.) **la mortalité estimée calculée varie entre 27,1 et 55,6 individus soit entre 19,6 et 40,2 oiseaux et entre 7,5 et 15,5 chiroptères impactés durant les 6 mois suivis en 2022. Chaque éolienne du parc aurait donc engendré, d'après ces outils, durant les 6 mois de suivis en 2022, en moyenne, la mortalité de 1,3 à 2,6 chiroptères et de 3,3 à 6,7 oiseaux.**

Comparé à l'étude précédente sur la mortalité réalisée entre le 14 mai 2020 et le 26 août 2021, **il semble que la mortalité sur les chiroptères est considérablement diminuée dès 2021, suite à la mise en place des mesures de régulation nocturnes**. En effet, en 2020, 26 chiroptères ont été retrouvés impactés par les éoliennes du parc de Fontaine-la-Guyon. Après mise en place de mesures correctrices, dès le 05/05/2021, 6 chiroptères ont été retrouvés impactés. En 2022, 5 chiroptères ont été retrouvés sous les éoliennes du parc. **Il semble donc que les paramètres appliqués permettent de protéger une partie non négligeable des chiroptères et donc de réduire les impacts du parc éolien.**

Concernant l'avifaune, le nombre de cas de mortalité imputables aux éoliennes du parc a augmenté au fil des suivis (1 cas la première année, 5 la seconde et 13 en 2022). Il est possible que cela provienne du fait que les individus s'habituent à la présence des éoliennes et qu'ils soient moins vigilant lorsqu'ils sont à proximité. **Les espèces aviaires impactées sont des espèces communes en plaine agricole et leur mortalité ne remet pas en cause le maintien des populations locales, régionales ou nationales. Toutefois la tendance à l'augmentation du nombre de collision avec l'avifaune est à surveiller. Une attention particulière devra être portée sur ce point lors du renouvellement du prochain suivi environnemental réglementaire** (date à fixer selon la réglementation en vigueur).

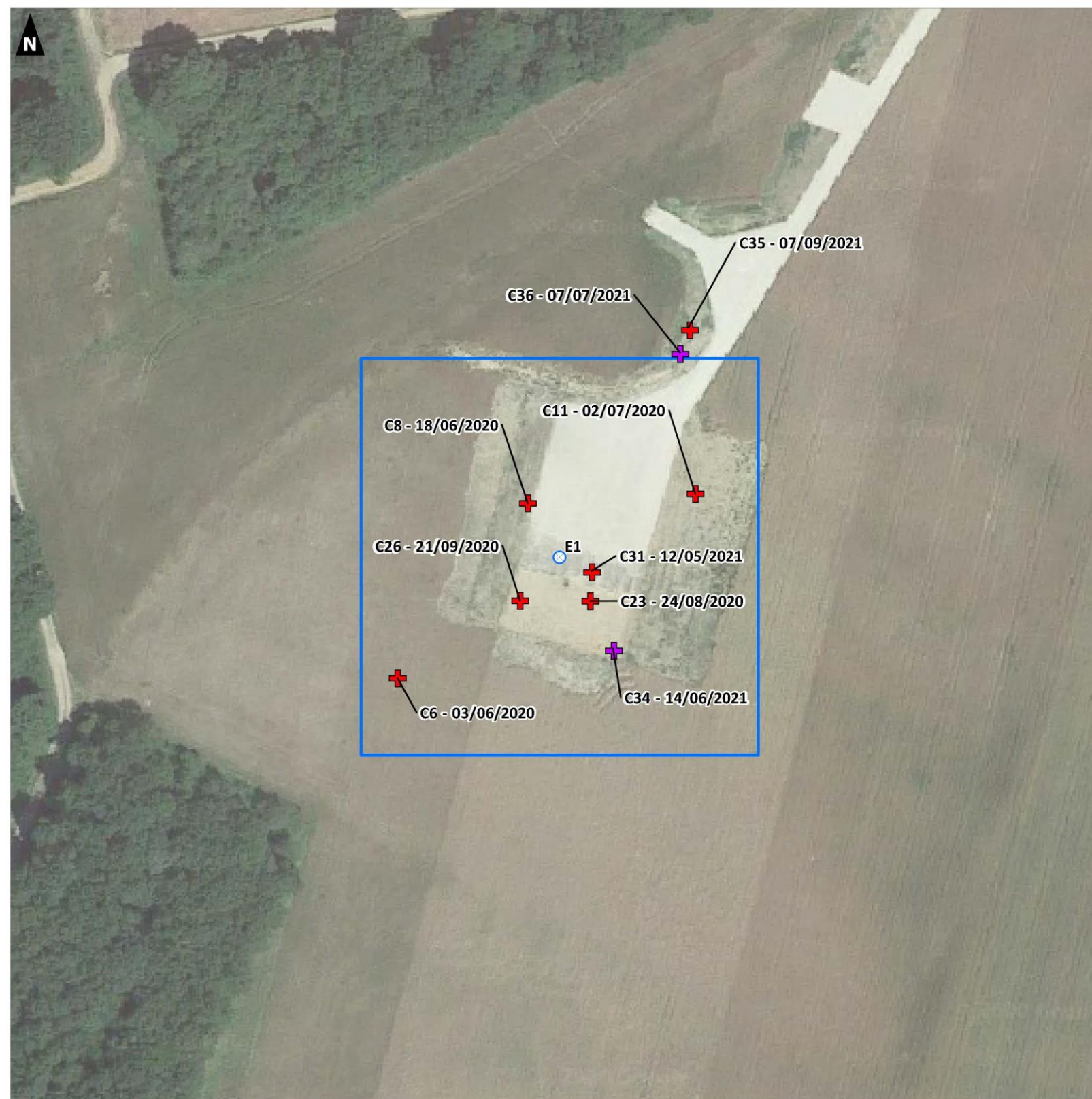
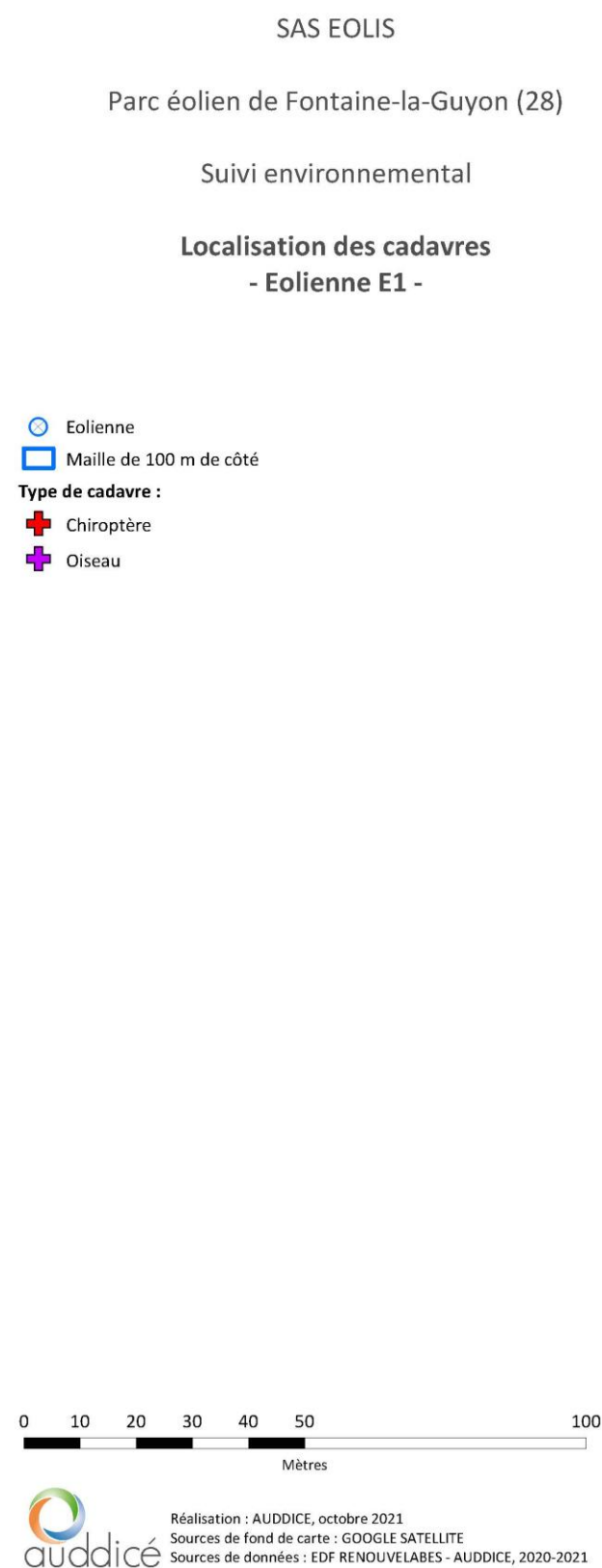
Avec le respect de ces conditions de bridage, le parc éolien de Fontaine-la-Guyon aura un impact non significatif sur les populations locales.

ANNEXES

Annexe 1 - Récapitulatif des cadavres trouvés en 2022





Date	Eolienne	Code	Classe	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Coordonnées WSG84 du cadavre	Position du cadavre
19/05/2022	E2	FON O1	Aves	Martinet noir	<i>Apus apus</i>	1.2811570000 , 48.4781470000	Ouest
02/06/2022	E3	FON C1	Chiroptera	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	1.2865800000 , 48.4753000000	Sud-Est
13/06/2022	E3	FON O2	Aves	Sittelle torchepot	<i>Sitta europaea</i>	1.2863800000 , 48.4752000000	Sud
20/07/2022	E5	FON O3	Aves	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	1.2900996000 , 48.4680930000	Ouest
27/07/2022	E2	FON C2	Chiroptera	Pipistrelle indéterminée	<i>Pipistrellus sp.</i>	1.2812800000 , 48.4779900000	Sud-Ouest
27/07/2022	E3	FON O4	Aves	Martinet noir	<i>Apus apus</i>	1.2866900000 , 48.4750700000	Sud
03/08/2022	E1	FON O5	Aves	Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	1.2755460000 , 48.4804520000	Ouest
11/08/2022	E1	FON O6	Aves	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	1.2771630000 , 48.4808550000	Est
16/08/2022	E3	FON C3	Chiroptera	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	1.2865030000 , 48.4750030000	Sud
18/08/2022	E1	FON O7	Aves	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	1.2771670000 , 48.4805430000	Est
22/08/2022	E3	FON O8	Aves	Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	1.2867600000 , 48.4756920000	Nord
08/09/2022	E1	FON O10	Aves	Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	1.2776330000 , 48.4801330000	Sud Est
26/09/2022	E5	FON O11	Aves	Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	1.2904380000 , 48.4678400000	Sud
11/10/2022	E2	FON O12	Aves	Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	1.2811110000 , 48.4777780000	Sud
21/10/2022	E6	FON C4	Chiroptera	Chiroptère indéterminé	<i>Chiroptera sp.</i>	1.2888890000 , 48.4636110000	Ouest
24/10/2022	E1	FON O13	Aves	Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	1.2812260000 , 48.4784310000	Ouest
24/10/2022	E2	FON C5	Chiroptera	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	1.2812260000 , 48.4784310000	Nord
03/11/2022	E6	FON O14	Aves	Martinet noir	<i>Apus apus</i>	1.2909720000 , 48.4639900000	Ouest

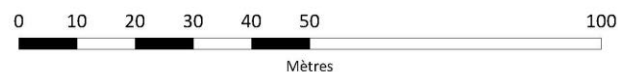
Annexe 2 - Localisation des cadavres découverts lors des suivis précédents (2020-2021)




Carte 2. Localisation des cadavres découverts (suivis 2020 et 2021) - Éolienne E1

SAS EOLIS
Parc éolien de Fontaine-la-Guyon (28)
Suivi environnemental
Localisation des cadavres
- Eolienne E2 -

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






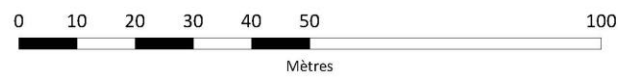
 Réalisation : AUDDICE, octobre 2021
Sources de fond de carte : GOOGLE SATELLITE
Sources de données : EDF RENOUVELABES - AUDDICE, 2020-2021




Carte 3. Localisation des cadavres découverts (suivis 2020 et 2021) - Éolienne E2

SAS EOLIS
Parc éolien de Fontaine-la-Guyon (28)
Suivi environnemental
Localisation des cadavres
- Eolienne E3 -

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



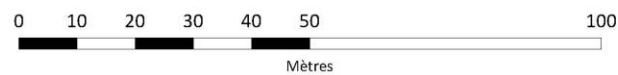
 Réalisation : AUDDICE, octobre 2021
Sources de fond de carte : GOOGLE SATELLITE
Sources de données : EDF RENOUVELABES - AUDDICE, 2020-2021




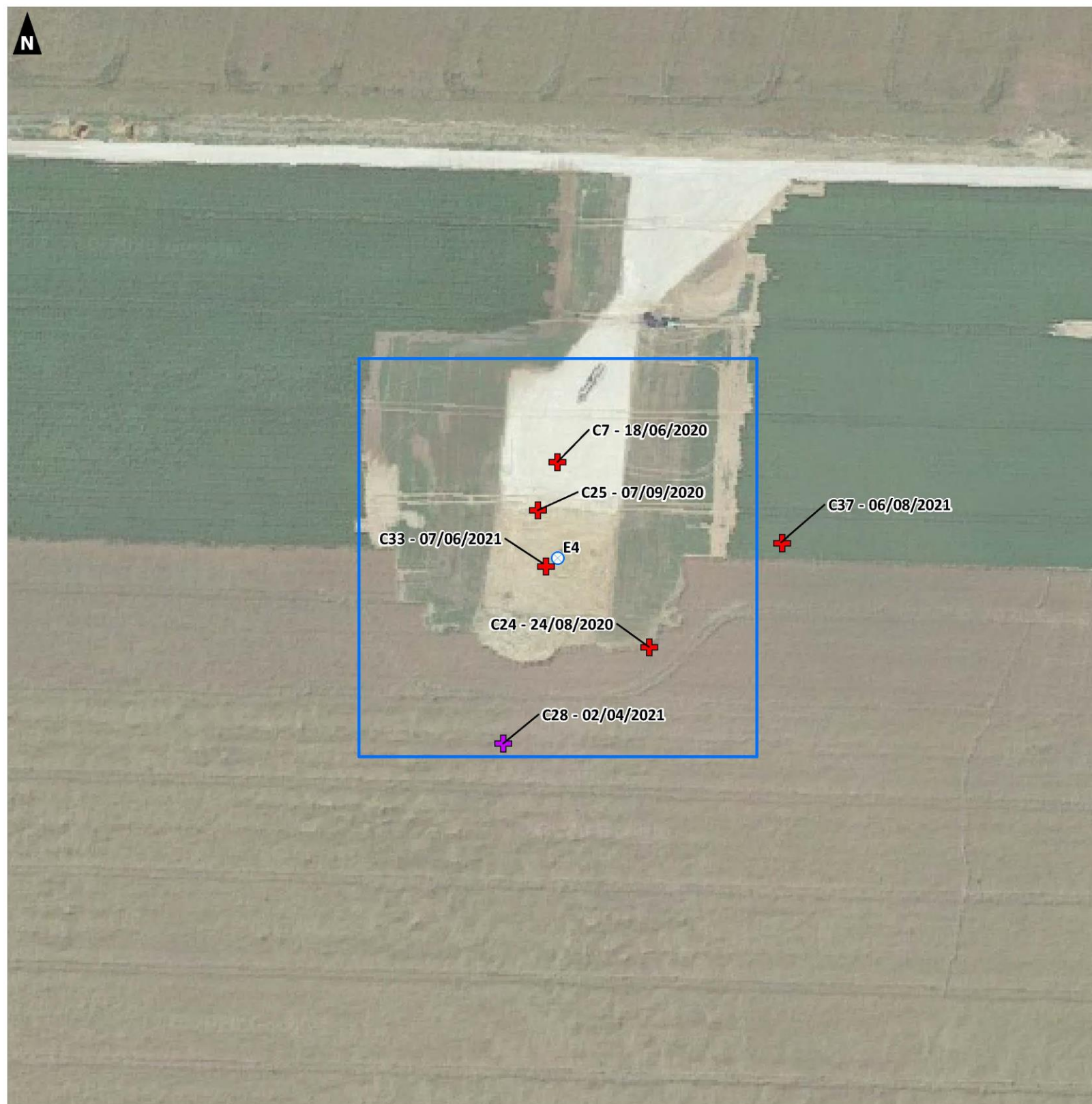
Carte 4. Localisation des cadavres découverts (suivis 2020 et 2021) - Éolienne E3

SAS EOLIS
Parc éolien de Fontaine-la-Guyon (28)
Suivi environnemental
Localisation des cadavres
- Eolienne E4 -

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



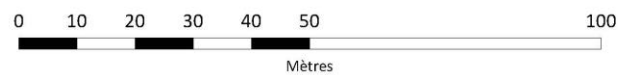
 Réalisation : AUDDICE, octobre 2021
Sources de fond de carte : GOOGLE SATELLITE
Sources de données : EDF RENOUVELABES - AUDDICE, 2020-2021




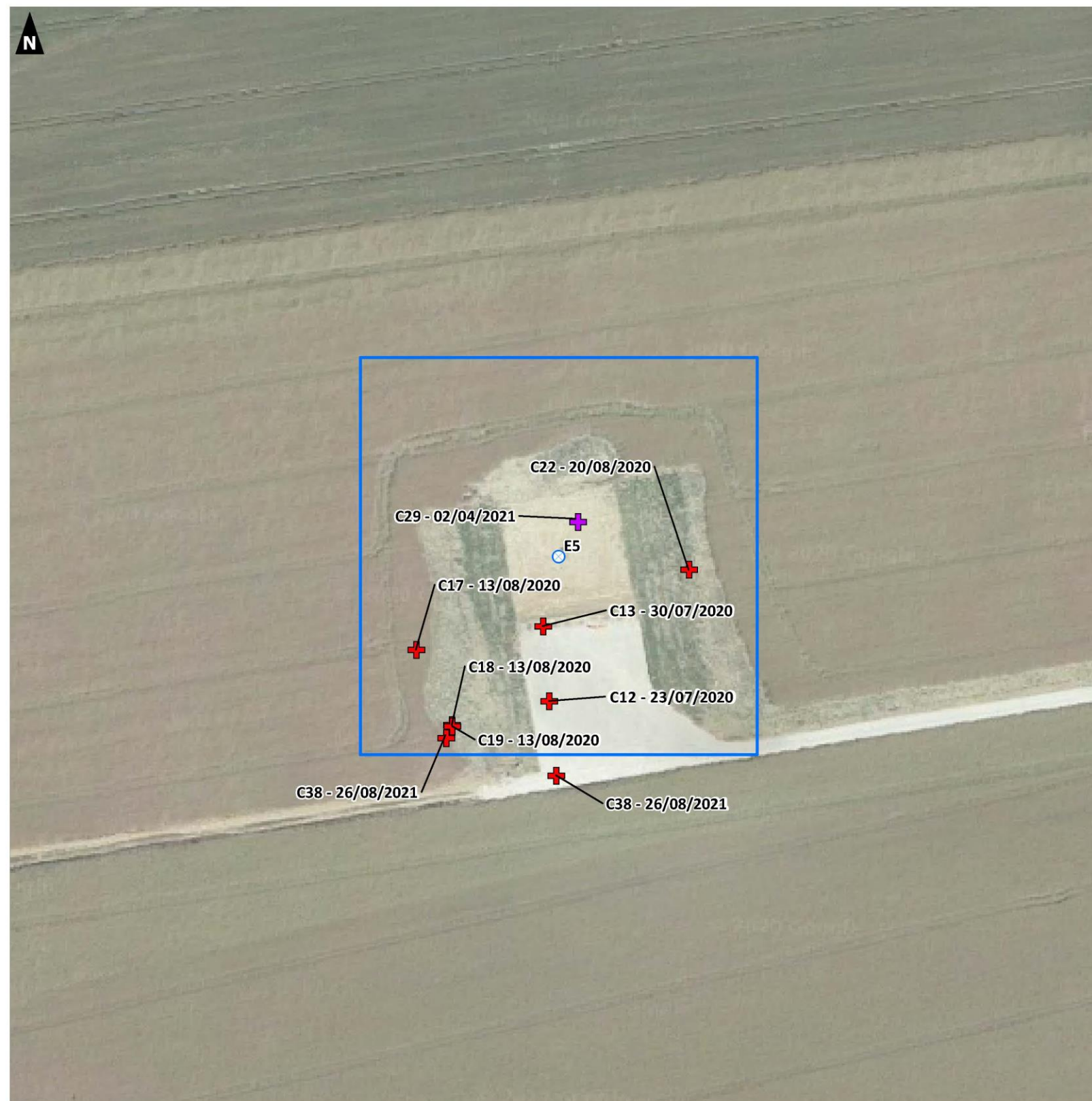
Carte 5. Localisation des cadavres découverts (suivis 2020 et 2021) - Éolienne E4

SAS EOLIS
Parc éolien de Fontaine-la-Guyon (28)
Suivi environnemental
Localisation des cadavres
- Eolienne E5 -

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







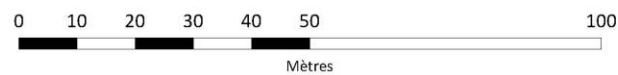
 Réalisation : AUDDICE, octobre 2021
Sources de fond de carte : GOOGLE SATELLITE
Sources de données : EDF RENOUVELABES - AUDDICE, 2020-2021




Carte 6. Localisation des cadavres découverts (suivis 2020 et 2021) - Éolienne E5

SAS EOLIS
Parc éolien de Fontaine-la-Guyon (28)
Suivi environnemental
Localisation des cadavres
- Eolienne E6 -

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



 Réalisation : AUDDICE, octobre 2021
Sources de fond de carte : GOOGLE SATELLITE
Sources de données : EDF RENOUVELABES - AUDDICE, 2020-2021



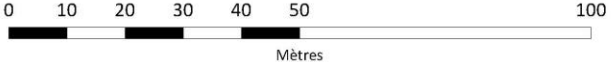
Carte 7. Localisation des cadavres découverts (suivis 2020 et 2021) - Éolienne E6

Annexe 3 - Localisation des cadavres découverts entre le 03 mai et le 03 novembre 2022


SAS EOLIS
Parc éolien de Fontaine-la-Guyon (28)
Suivi de mortalité 2022
Localisation des cadavres
- Eolienne E1 -

● Eolienne
■ Maille de 100 m de côté

Type de cadavre
+ Chiroptère
+ Oiseau



0 10 20 30 40 50 100
Mètres

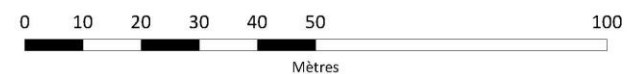
 Réalisation : AUDDICE, janvier 2023
Sources de fond de carte : IGN BD ORTHO, 2020
Sources de données : EDF RENOUVELABES - AUDDICE, 2022




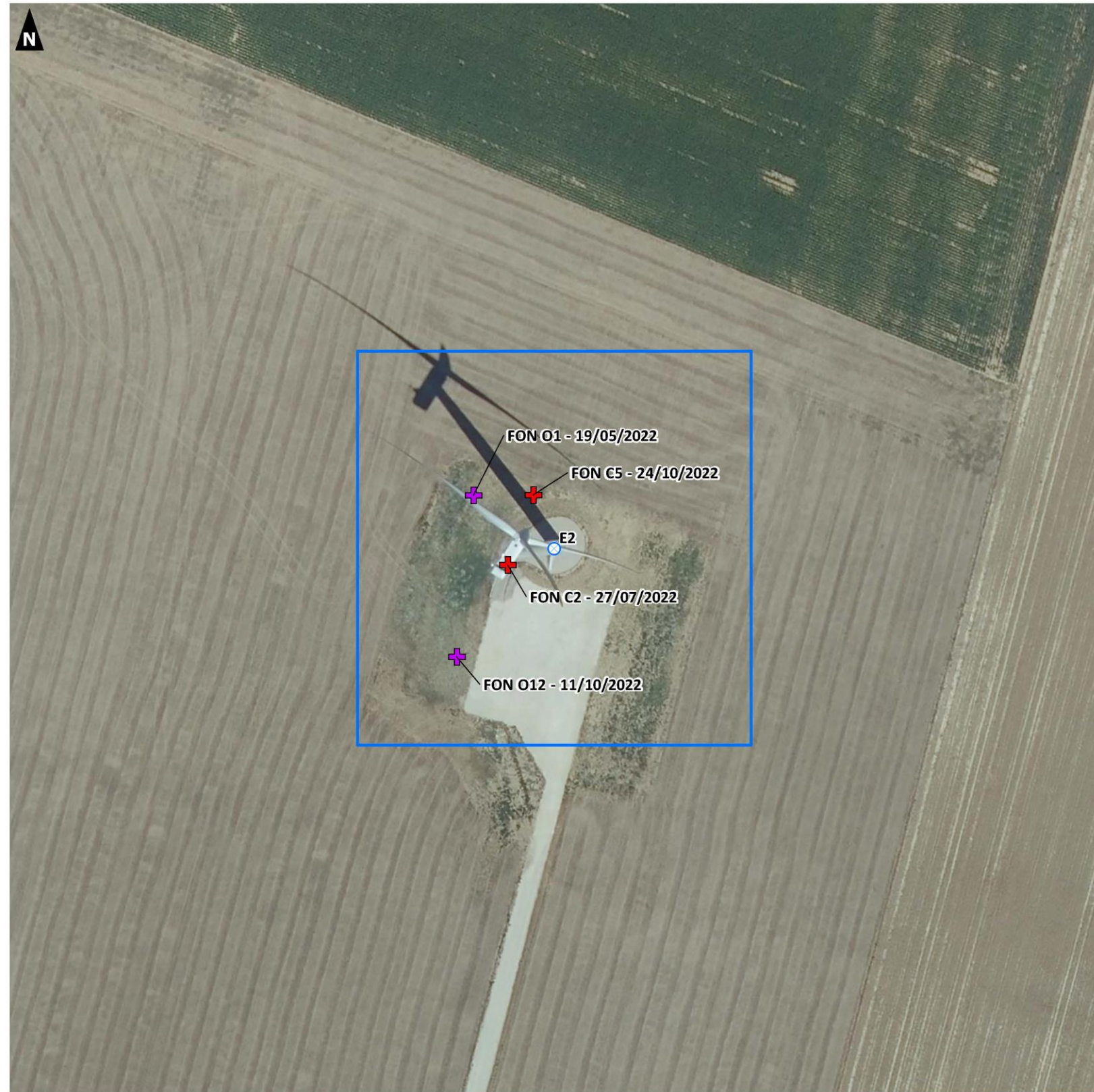
Carte 8. Cadavres découverts entre le 03 mai et le 03 novembre 2022 – Éolienne E1

SAS EOLIS
Parc éolien de Fontaine-la-Guyon (28)
Suivi de mortalité 2022
Localisation des cadavres
- Eolienne E2 -

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



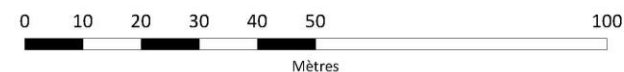
 Réalisation : AUDDICE, janvier 2023
Sources de fond de carte : IGN BD ORTHO, 2020
Sources de données : EDF RENOUVELABES - AUDDICE, 2022



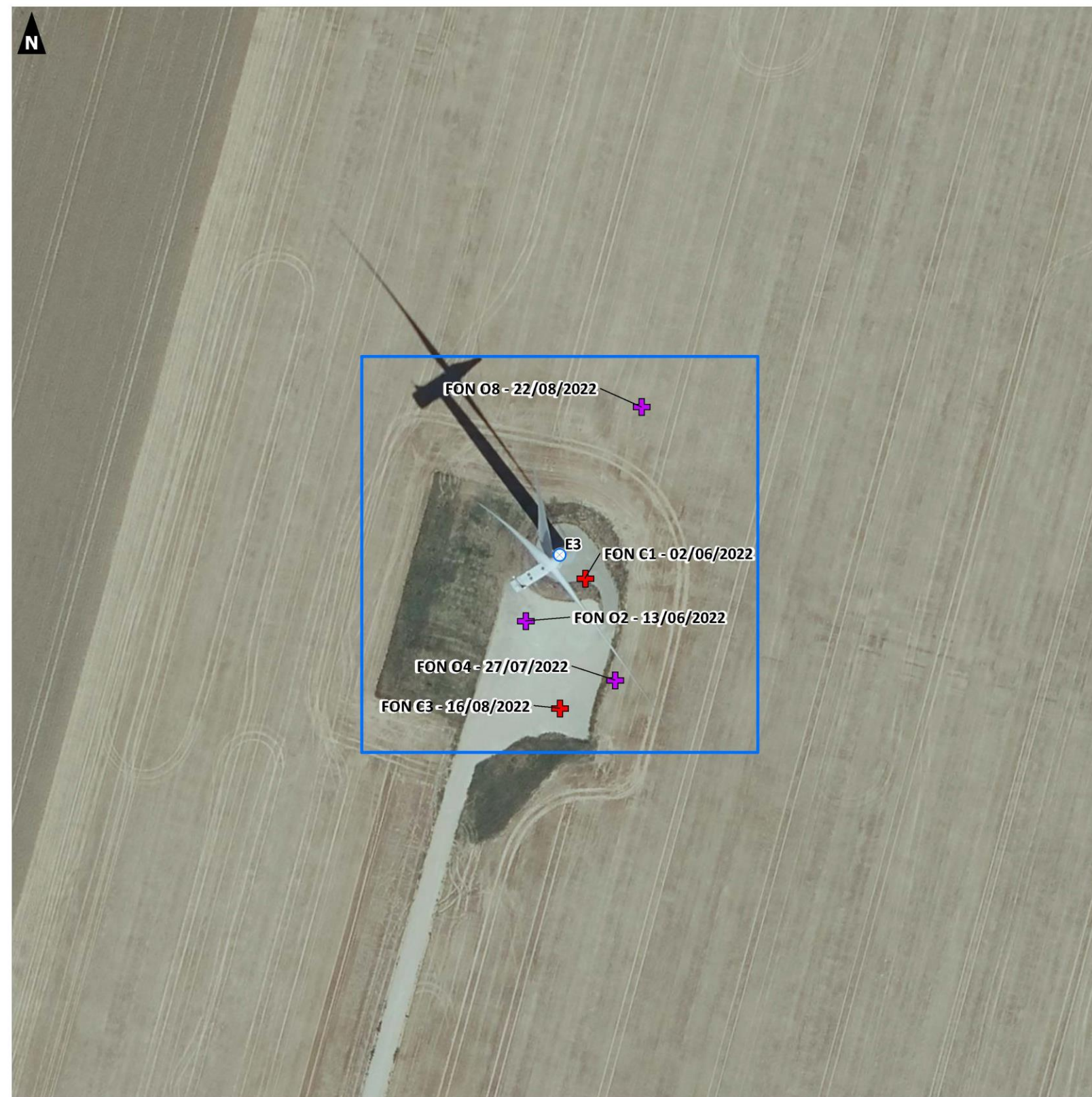
Carte 9. Cadavres découverts entre le 03 mai et le 03 novembre 2022 – Éolienne E2

SAS EOLIS
Parc éolien de Fontaine-la-Guyon (28)
Suivi de mortalité 2022
Localisation des cadavres
- Eolienne E3 -

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



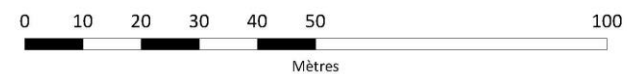
Réalisation : AUDDICE, janvier 2023
Sources de fond de carte : IGN BD ORTHO, 2020
Sources de données : EDF RENUVELABES - AUDDICE, 2022




Carte 10. Cadavres découverts entre le 03 mai et le 03 novembre 2022 – Éolienne E3

SAS EOLIS
Parc éolien de Fontaine-la-Guyon (28)
Suivi de mortalité 2022
Localisation des cadavres
- Eolienne E4 -

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



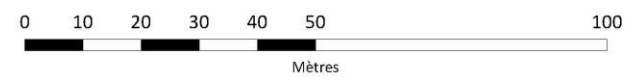
 Réalisation : AUDDICE, janvier 2023
Sources de fond de carte : IGN BD ORTHO, 2020
Sources de données : EDF RENUVELABES - AUDDICE, 2022



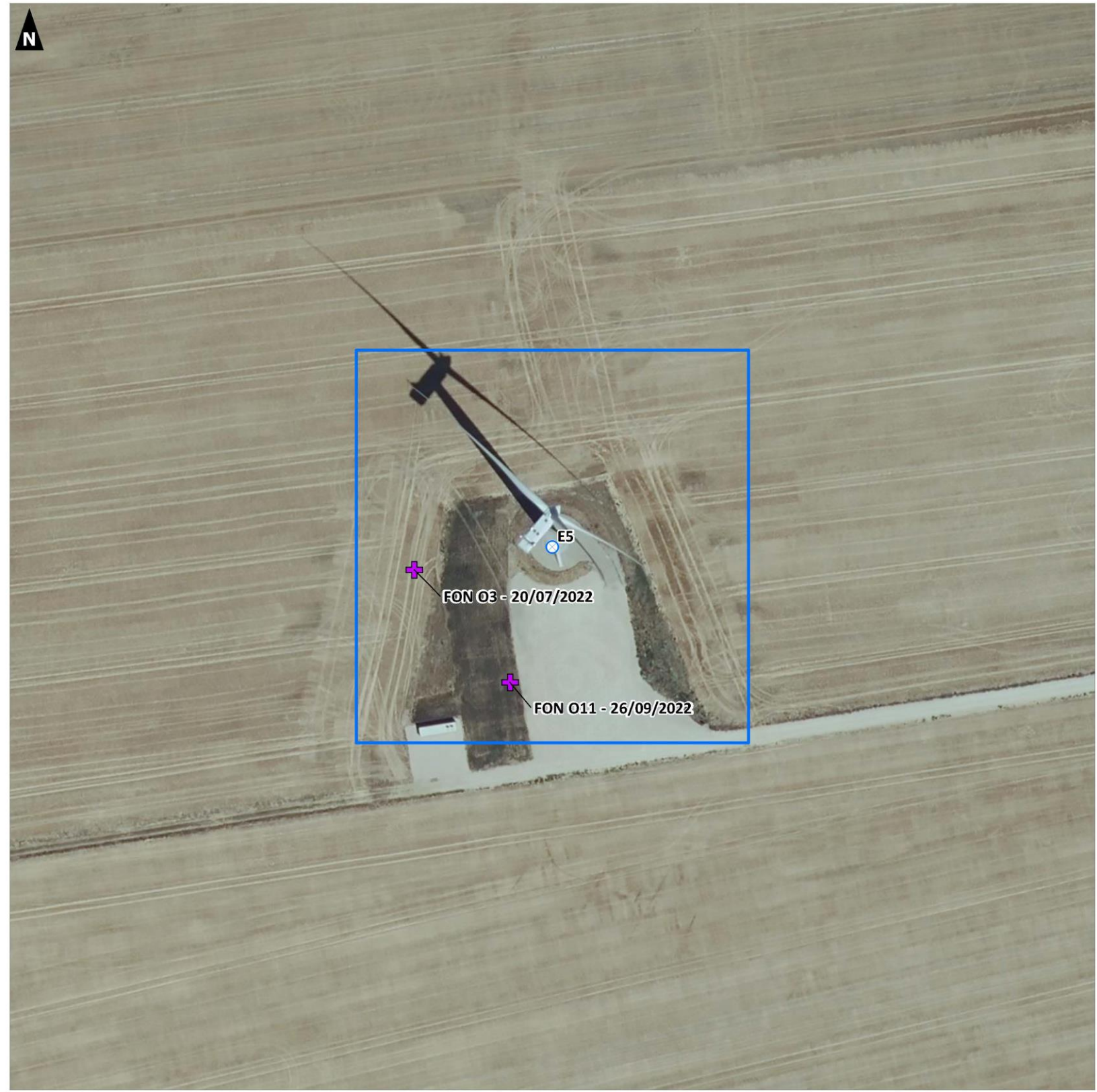
Carte 11. Cadavres découverts entre le 03 mai et le 03 novembre 2022 – Éolienne E4

SAS EOLIS
Parc éolien de Fontaine-la-Guyon (28)
Suivi de mortalité 2022
Localisation des cadavres
- Eolienne E5 -

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



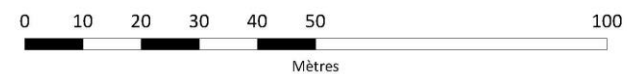
Réalisation : AUDDICE, janvier 2023
Sources de fond de carte : IGN BD ORTHO, 2020
Sources de données : EDF RENUVELABES - AUDDICE, 2022




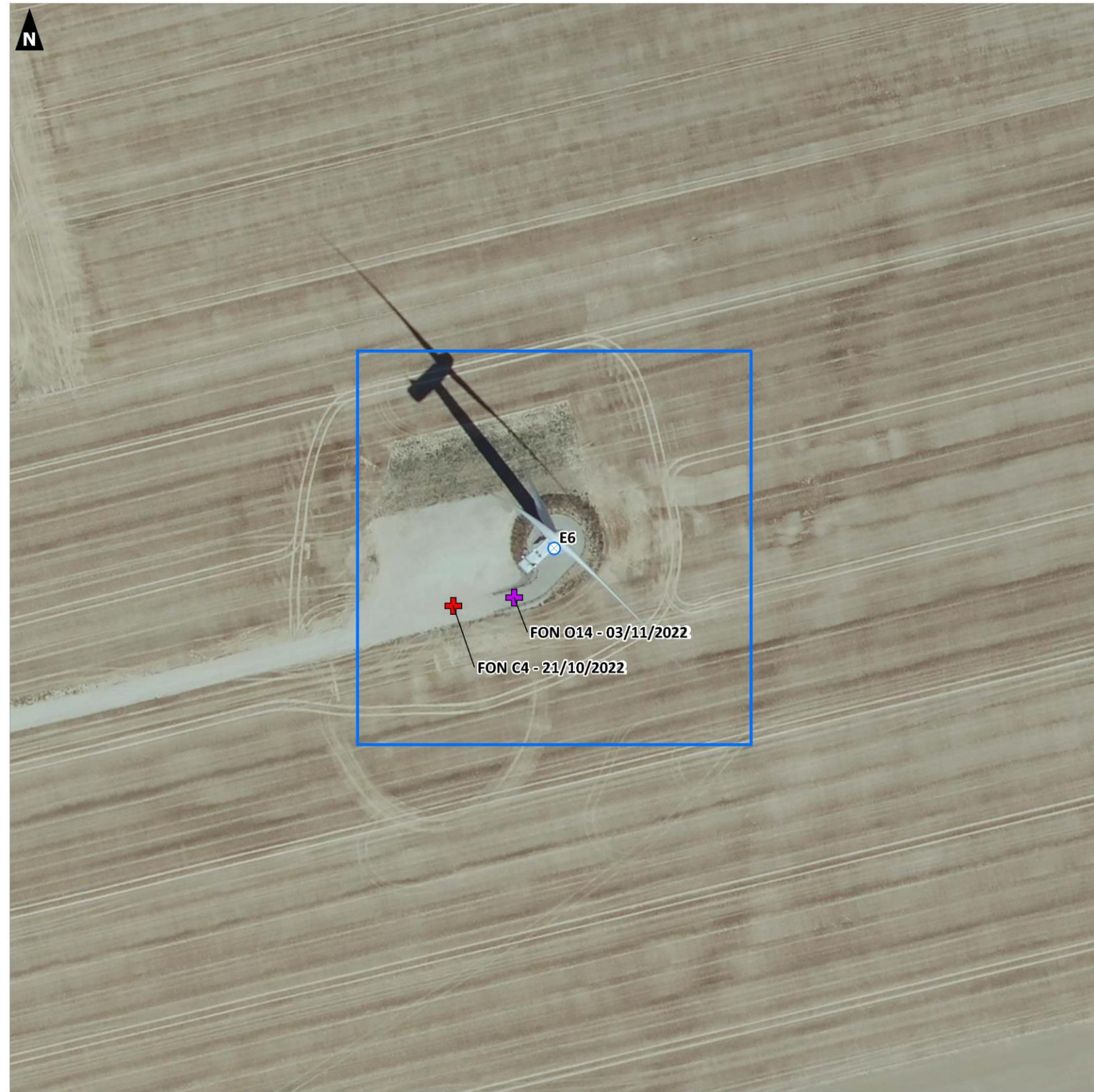
Carte 12. Cadavres découverts entre le 03 mai et le 03 novembre 2022 – Éolienne E5

SAS EOLIS
Parc éolien de Fontaine-la-Guyon (28)
Suivi de mortalité 2022
Localisation des cadavres
- Eolienne E6 -

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



 Réalisation : AUDDICE, janvier 2023
Sources de fond de carte : IGN BD ORTHO, 2020
Sources de données : EDF RENUVELABES - AUDDICE, 2022



Carte 13. Cadavres découverts entre le 03 mai et le 03 novembre 2022 – Éolienne E6

BIBLIOGRAPHIE

- Ahlén, I.** - 2003. Wind Turbines and Bats - A Pilot Study. *Report by Swedish Energy Agency*. 5 pp.
- Albouy, S., Clément, D., Jonard, A., Massé, P., Pagès, J.-M. & Nea, P.** - 1997. Suivi ornithologique du parc éolien de Port-la-Nouvelle : rapport final. *Abiès, Géokos consultants, LPO Aude*, 66 pp.
- Albouy, S., Dubois, Y. & Picq, H.** - 2001. Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue-Haute (Aude). Rapport final. *ABIES/LPO Aude/ADEME, Gardouch – Gruissan*. 56 pp + annexes.
- André, Y., LPO** - 2004 revu 2009. Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. <https://docplayer.fr/29161122-Protocoles-de-suivis-pour-l-etude-des-impacts-d-un-parc-eolien-sur-l-avifaune-redaction-lpo-yann-andre-avril-2004-revu-avril-2005-aout-2009.html>
- Arnett, E.B., Hayes, J.P. & Huso, M.M.P.** - 2006. An evaluation of the use of acoustic monitoring to predict bat fatality at a proposed wind facility in southcentral Pennsylvania. An annual report submitted to the bats and wind energy cooperative. *Edited by bat conservation international. Austin, Texas, USA*.
- Arnett, E.B., Brown, W.K., Erickson, W.P., Fiedler, J.K., Hamilton, B.L., Henry, T.H. et al.** - 2008. Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America. *Journal of Wildlife Management*, 72(1):61–78.
- Arthur, L. & Lemaire, M.** - 2009. Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. *Muséum national d'Histoire naturelle, Paris; Biotope, Mèze*, 576 pp. (hors collection; 25).
- Bach, L. & Rahmel, U.** - 2004. Summary of wind turbine impacts on bats—assessment of a conflict. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz*, 7:245–252.
- Baerwald, E.F., D'Amours, G.H., Klug B.J. & Barclay, R.** - 2008. Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Curr Biol* 18(16):695–696.
- Baerwald, E.F. & Barclay, R.M.R.** - 2011. Patterns of activity and fatality of migratory bats at a wind energy facility in Alberta, Canada. *Journal of Wildlife Management*, 75(5):1103–1114.
- Baisner, A.J., Andersen, J.L., Findsen, A., Yde Granath, S.W., Madsen, KØ, Desholm, M.** - 2010. Minimizing collision risk between migrating raptors and marine wind farms: development of a spatial planning tool. *Environmental Management*, 46(5):801–808.
- Barataud, M.** - 2004. Fréquentation des paysages de montagne sub-alpine par des chiroptères en activité de chasse. *Le Rhinophe*, 17: 11-22.
- 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 pp.
- Barrios, L. & Rodriguez, A.** - 2004. Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines. *Journal of Applied Ecology*, 41(1):72–81.
- Behr, O., Eder, D., Marckmann, U., Mette-Christ, H., Reisinger, N., Runkel, V. & von Helversen, O.** - 2007. Akustisches Monitoring im Rotorbereich von Windenergieanlagen und methodische Probleme beim Nachweis von Fledermaus-Schlagopfern—Ergebnisse aus Untersuchungen im mittleren und südlichen Schwarzwald. *Nyctalus*, 12(2–3):115–127.
- Behr, O., Brinkmann, R., Niermann, I. & Korner-Nievergelt, F.** - 2011. Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. In *Brinkmann R, Behr O, Niermann I, Reich Michael (eds.) (2001) Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Flederma "usen an Onshore-Windenergieanlagen. Umwelt und Raum, Cuvillier Verlag, Göttingen, Bd. 4: 177–286.*
- Bellebaum, J., Korner-Nievergelt, F., Dürr, T. & Mammen, U.** - 2013. Wind turbine fatalities approach a level of concern in a raptor population. *Journal for Nature Conservation*, 21(6):394-400.
- Blondel, J., Ferry, C., Frochot, B.** - 1970. La méthode des indices ponctuels d'abondance (IPA) ou des relevés d'avifaune par "stations d'écoute". *Alauda*, 38(1) : 55-71.
- Brennan, L.A., Perez, R., DeMaso, S., Ballard, B.M. & Kuvlesky, W.P.** - 2009. Potential impacts of wind farm energy development on upland game birds: Questions and concerns. In: *Rich TD, Demarest C, Arizmendi D, Thompson C (eds) Tundra to Tropics: Connecting Birds, Habitats and People. Proceedings of the Fourth International Partners in Flight Conference. McAllen, Texas, USA, 13-16 February 2008, pp 179–183.*
- Brinkmann, R., Schauer-Weissahn, H. & Bontadina, F.** - 2006. Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Wind-kraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg. *Report to Regierungspräsidium Freiburg, Referat 56 Naturschutz und Landschaftspflege.*
- Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & Reich, M.** - 2011. Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Ergebnisse eines Forschungsvorhabens. *Göttingen : Cuvillier (Umwelt und Raum, 4).*
- Bull, L. S., Fuller, S. & Sim, D.** - 2013. Post-construction avian mortality monitoring at Project West Wind. *New Zealand Journal of Zoology*, 40: 28-46.
- California Energy Commission** - 1992. Wind turbine effects on avian activity, habitat use, and mortality in Altamont Pass and Solano County. *Wind Resource Areas. Final Report March 1992. 199 pp.*
- Calvert, A. M., C. A. Bishop, R. D. Elliot, E. A. Krebs, T. M. Kydd, C. S. Machtans, and G. J. Robertson** - 2013. A synthesis of human-related avian mortality in Canada. *Avian Conservation and Ecology* 8(2) : 11. <http://dx.doi.org/10.5751/ACE-00581-080211>
- Camiña, A.** - 2011. The effects of wind farms on vultures in Northern Spain—Fatalities behavior and correction measures. In: *May R, Bevinger K (eds) Proceedings. Conference on Wind energy and Wildlife impacts. NINA Report 693. Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2–5 May 2011. Norwegian Institute for Nature Research. Trondheim, Norway, p 17.*
- Carette, M., Sanchez-Zapata, J.A., Benitez, J.R., Lobon, M., Montoya, F. & Donazar, J.A.** - 2012. Mortality at wind-farms is positively related to large scale distribution and aggregation in griffon vultures. *Biological Conservation*, 145: 102-108.

Cornut, J., Vincent, S. – 2010. Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhone-Alpes. (consulté le 05/01/2022) https://www.sfepm.org/sites/default/files/inline-files/Rapport_suivieolien2010_RhoneAlpes.pdf

Cryan, P. M., Gorresen, P. M., Hein, C.D., Schirmacher, M. R., Diehl, R.H., Huso, M.M., Hayman, D.T.S., Fricker, P.D., Bonaccorso, F.J., Johnson, D.H., Heist, K., Dalton, D.C. - 2014. Behavior of bats at wind turbines. *PNAS*, 111 :42. 6 pp.

Dahl, E.L., Bevanger, K., Nygård, T., 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., Janss, G.F.E., Whitfield, D.P. and Ferrer, M. – 2008. Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance. *Journal of Applied Ecology*, 45 : 1695-1703. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01549.x>

de Lucas, M., Ferrer, M., Janss, G.F.E. & Magar, V. – 2012a. Using wind tunnels to predict bird mortality in wind farms: the case of griffon vultures. *Plos One*, 7(11):e48092.

de Lucas, M., Ferrer, M., Bechard, M.J. & Muñoz, A-R. – 2012b. Griffon vulture mortality at wind farms in southern Spain: Distribution of fatalities and active mitigation measures. *Biological Conservation*, 147(1):183-189.

Devereux, C.L., Denny, M.J.H. & Whittingham, M.J. – 2008. Minimal effects of wind turbines on the distribution of wintering farmland birds. *Journal of Applied Ecology*, 45(6):1689–1694.

Douglas, D.J.T., Bellamy, P.E. & Pearce-Higgins, J.W. – 2011. Changes in the abundance and distribution of upland breeding birds at an operational wind farm. *Bird Study*, 58(1):37–43.

Drewitt, A.L. & Langston, R.H.W. – 2006. Assessing the impacts of wind farms on birds. *IBIS*, 148:29-42.

Drewitt, A.L. & Langston, R.H.W. – 2008. Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. *Year in Ecology and Conservation Biology*, 1134: 233-266.

Dulac, P. - 2008. Evaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi. *Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon - Nantes*, 106 pp.

Dürr, T. – 2003. Kollision von Fledermäuse und Vögel durch Windkraftanlagen. Daten aus Archiv der Staatlichen Vogelschutzwarte Brandenburgs. *Edited by Staatliche Vogelschutzwarte Brandenburg. Buckow.*

Dürr, T. – 2009. Zur Gefährdung des Rotmilans *Milvus milvus* durch Windenergieanlagen in Deutschland. *Inf dienst Nat schutz Niedersachs*, 29 (3):185–191.

Dürr, T. – 2011. Dunkler Anstrich könnte Kollisionen verhindern: vogelunfälle an Windradmasten. *Falke* 58(12):499–501.

Erickson, W.P., Strickland, M.D., Johnson, G.D. & Kern, J.W. - 2000. Examples of statistical methods to assess risk of impacts to birds from wind plants. *Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting III, San Diego, CA, May 1998*.172-182, 202 p

Erickson, W.P., Strickland, M.D., Johnson, G.D. & Kern, J.W. - 2000. Examples of statistical methods to assess risk of impacts to birds from wind plants. *Proceedings of National Avian-Wind Power Planning Meeting III, San Diego, CA, May 1998*.172-182, 202 p

Erickson, W.P., Johnson, G.D. & Young, JR. – 2005. A Summary and Comparison of Birds Mortality from Anthropogenic Causes with Emphasis on Collisions. *USDA Forest Service, Technical Report PSW-GTR-191 : 1029-1042.*

EUROBATS - 2015. Report of the IWG on Wind Turbines and Bat Populations. 28 pp.

Everaert, J. – 2014. Collision risk and micro-avoidance rates of birds with wind turbines in Flanders. *Bird Study*, 61(2):220–230.

Ferrer, M., de Lucas, M., Janss, G.F.E., Casado, E., Munoz, A.R., Bechard, M.J., Calabuig, C.P. - 2012. Weak relationship between risk assessment studies and recorded mortality in wind energy. *Journal of Applied Ecology*, 49: 38-46.

Fijn, R., Krijgsveld, K., Tijssen, W., Prinsen, H. & Dirksen, S. – 2012. Habitat use, disturbance and collision risks for Bewick's Swans *Cygnus columbianus bewickii* wintering near a wind farm in the Netherlands. *In: Eileen C. Rees (ed): Wildfowl 62. With assistance of Anthony David Fox. Slimbridge, Gloucestershire: Wildfowl and Wetlands Trust (62), pp 97–116.*

Garcia, D.A., Canavero, G., Ardenghi, F. & Zambon, M. – 2015. Analysis of wind farm effects on the surrounding environment: Assessing population trends of breeding passerines. *Renewable Energy*, 80 :190-196.

Garvin, J.C., Jennelle, C.S., Drake, D. & Grodsky, S.M. – 2011. Response of raptors to a windfarm. *Journal of Applied Ecology*, 48(1):199–209.

Grodsky, S.M., Behr, M.J., Gendler, A., Drake, D., Dieterle, B.D., Rudd, R.J. & Walrath, N.L.- 2011. Investigating the causes of death for wind turbine-associated bat fatalities. *Journal of Mammalogy*, 92(5) :917-925.

Hernández-Pliego, J., de Lucas, M., Muñoz, A-R. & Ferrer, M. – 2015. Effects of wind farms on Montagu's harrier (*Circus pygargus*) in southern Spain. *Biological Conservation*, 191 :452–458.

Horn, J.W., Arnett, E.B. & Kunz, T.H. – 2008. Behavioral responses of bats to operating wind turbines. *Journal of Wildlife Management*, 72(1) :123-132.

Hötter, 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).*

- Hötter, 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.*
- Houck, D.R.** – 2012. Computational fluid dynamics simulations of bats flying near operating wind turbines: Quantification of pressure-time histories of likely flight paths. Available through the U.S. DOE Office of Science, Office of Workforce Development for Teachers and Scientists Application Review System (WARS), 2012.
- Hull, C.L., Stark, E.M., Perruzzi, S., Simms, C.C.** - 2013. Avian collisions at two wind energy in Tasmania, Australia: taxonomic and ecological characteristics of colliders versus non-colliders. *New Zealand Journal of Zoology, 40: 47-62.*
- Hull, C.L. & Cawthen, L.** – 2013. Bat fatalities at two wind farms in Tasmania, Australia: bat characteristics, and spatial and temporal patterns. *New Zealand Journal of Zoology, 40(1):5-15.*
- Hunt, W.G., Jackman, R.E., Brown, T.L., Driscoll, D.E. & Culp, L.** - 1997. A population study of golden eagles in the Altamont Pass Wind Resource Area: second-year progress report. *Report to National Renewable Energy Laboratory, Subcontracts XAT-5-15174-01 and XAT-6-16459-01 to the Predatory Bird Research Group, University of California, Santa Cruz, California.*
- Huso, M.** – 2010. An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Envirometrics 2011(22) :318-329.*
- Johnson, G.D., Erickson, W.P., Strickland, M.D., Sheperd, M.F., Sheperd, D.A., Sarappo, S.A.** - 2002. Collision mortality of local migrant birds at a large-scale wind-power development on Buffalo Ridge, Minnesota. *Wildlife Society Bulletin, 30: 879-887.*
- Jones, G., Cooper-Bohannon, R., Barlow, K. & Parsons, K.** - 2009. Determining the potential ecological impact of wind turbines on bat populations in Great Britain. Phase 1 Report. *University of Bristol & Bat Conservation Trust. 158p.*
- Katzner T.E., Brandes, D., Miller, T., Lanzone, M., Maisonneuve, C., Tremblay J.A. et al.** – 2012. Topography drives migratory flight altitude of golden eagles: implications for on-shore wind energy development. *Journal of Applied Ecology, 49(5):1178–1186.*
- Korner-Nievergelt, F., Korner-Nievergelt, P., Behr, O., Niermann, I., Brinkmann, R.** - 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildlife biology, 17(4) :350-363.*
- Kunz, T.H., Arnett, E.B., Erickson, W.P., Hoar, A.R., Johnson, G.D., Larkin, R.P. et al.** – 2007. Ecological impacts of wind energy development on bats : questions, research needs, and hypotheses. *Frontiers in Ecology and the Environment, 5(6):315–324.*
- Kuvlesky, W.P., Brennan, L.A., Morrison, M.L., Boydston, K.K., Ballard, B.M. & Bryant, F.C.** - 2007. Wind energy development and wildlife conservation: challenges and opportunities. *Journal of Wildlife Management, 71: 2487-2498.*
- Langgemach, T. & Dürr, T.** - 2012. Informationen über Einflüsse der Windenergienutzung auf Vögel. *Stand 10.07.2012. Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Nennhausen/Buckow, Germany.*
- Langston, R. & Pullan, J.** -2003. Windfarms and Birds: An Analysis of the Effects of Windfarms on Birds, and Guidance on Environmental Assessment Criteria and Site Selection Issues. *Report T-PVS/Inf (2003) 12, by BirdLife International to the Council of Europe, Bern Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. RSPB/BirdLife in the UK. 58 pp.*
- Larsen, J.K. & Madsen, J.** – 2000. Effects of wind turbines and other physical elements on field utilization by pink-footed geese (*Anser brachyrhynchus*): a landscape perspective. *Landscape Ecology, 15(8):755-764.*
- Lawson M, Jenne D, Thresher R, Houck D, Wimsatt J, Straw B** – 2020. An investigation into the potential for wind turbines to cause barotrauma in bats. *PLoS ONE, 15(12): e0242485.* <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242485>
- Ledec, G., Rapp, K.W. & Aiello, R.** – 2011. Greening the Wind. Environmental and social considerations for wind power development. *World Bank (ed.) Washington D.C, USA.*
- Leddy, K.L., Higgins, K.F. & Naugle, D.E.** – 1999. Effects of wind turbines on upland nesting birds in Conservation Reserve Program grasslands. *Wilson Bulletin, 111(1):100–104.*
- Loss, S.R., Will, T. & Marra, P.P.** – 2013. Estimates of bird collision mortality at wind facilities in the contiguous United States. *Biological Conservation, 168: 201-209.*
- Loss, S.R., Will, T. & Marra, P.P.** – 2015. Direct Mortality of Birds from Anthropogenic Causes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 46: 99-120.*
- LPO Champagne-Ardenne** – 2010. Synthèse des impacts de l'éolien sur l'avifaune migratrice sur cinq parcs en Champagne-Ardenne. *117 pp.*
- Madders, M. & Whitfield, D.P.** – 2006. Upland raptors and the assessment of wind farm impacts. *IBIS, 148:43–56.*
- Madsen, J. & Boertmann, D.** – 2008. Animal behavioral adaptation to changing landscapes : spring-staging geese habituate to wind farms. *Landscape Ecology, 23(9) :1007-1011.*
- Marques, A.T., Batalha, H., Rodrigues, S., Costa, H, Ramos Pereira, M.J., Fonseca, C., Mascarenhas, M. & Bernardino, J.** – 2014. *Understanding bird collisions at wind farms: An updated review on the causes and possible mitigation strategies. Biological Conservation, 179, 40.*
- Martínez-Abraín, A., Tavecchia, G., Regan, H.M., Jiménez, J., Surroca, M. & Oro, D.** – 2012. Effects of wind farms and food scarcity on a large scavenging bird species following an epidemic of bovine spongiform encephalopathy. *Journal of Applied Ecology, 49(1):109-117.*
- Ministère de la transition écologique** – 2015-.) Protocole de suivi environnemental des parcs éolien terrestres.(consulté le 05/01/2022) <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/D%C3%A9cision%20du%2023%20novembre%202015%20relative%20%C3%A0%20la%20reconnaissance%20d%E2%80%99un%20protocole%20de%20suivi%20environnemental%20des%20parcs%20%C3%A9oliens%20terrestres.pdf>

Morinha, F., Travassos, P., Seixas, F., Martins, A., Bastos, R., Carvalho, D. et al. – 2014. Differential mortality of birds killed at wind farms in Northern Portugal. *Bird Study*, 61(2):255–259.

Nyári, J., Bailleul, E., Gow, S., Arbinolo, M. (EKOenergy) - 2015. The effects of wind turbines on bat mortality and available solutions - An executive review. 5 pp.

Orloff, S. & Flannery, A. - 1992. Wind turbine effects on avian activity, habitat use, and mortality in Altamont Pass and SolanoCounty. *Wind Resource Areas*.

Pearce-Higgins, J.W., Stephen, L., Langston, R.H.W., Bainbridge, I.P. & Bullman, R. – 2009. The distribution of breeding birds around upland wind farms. *Journal of Applied Ecology*, 46(6):1323–1331.

Pearce-Higgins, J.W., Stephen, L., Douse, A & Langston, R.H.W. - 2012. Greater impacts of wind farms on bird populations during construction than subsequent operation: results of a multi-site and multi-species analysis. *Journal of Applied Ecology*, 49(2) :386-394.

Pedersen, M.B. & Poulson, E. – 1991. Impact of a 90 m/2 MW wind turbine on birds, Avian responses to the implementation of the Tjaereborg Wind Turbine at the Danish Wadden Sea. *Danske Vildtundersogelser* 47, Kalo.

Percival, S.M. – 2003. Birds and Windfarms in Ireland. A review of potential issues and impact assessment. *Ecology Consulting*. Durham, UK.

Peste, F., Paula, A., da Silva, L.P., Bernardino, J., Pereira, P. et al. - 2015. How to mitigate impacts of wind farms on bats? A review of potential conservation measures in the European context. *Environmental Impact Assessment Review*, 51:10-22.

Reichenbach, M. & Steinborn, H. – 2006. Windkraft, Vögel, Lebensräume-Ergebnisse einer fünfjährigen BACI-Studie zum Einfluss von Windkraftanlagen und Habitatparametern auf Wiesenvögel. *Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen* 32:243–259.

Rees, E.C. - 2012. Impacts of wind farms on swans and geese. A review. In: *Rees EC (ed.) Wildfowl 62. Wildfowl and Wetlands Trust (62): 37–72.*

Rodrigues, L., Bach, L., Dubourg-Savage, M.-J., Goodwin, J. & Harbusch, C. – 2008. Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. *EUROBATS Publication Series No. 3 (version française)*. PNUE/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 55 pp.

Rollins, K.E., Meyerholz, D.K., Johnson, G.D., Capparella, A.P. & Loew, S.S. – 2012. A forensic investigation into the etiology of bat mortality at a wind farm: barotrauma or traumatic injury? *Vet Pathol* 49(2):362–371.

Roux, D., Tran, M., Gay, N.- 2013. Suivi des oiseaux et des chiroptères sur un parc éolien, comportement et mortalité à Bollène (84) entre 2009 et 2012. *Faune sauvage* 298(1):10-16.

Rydell, J., Bach, L., Dubourg-Savage, M., Green, M., Rodrigues, L. & Hedenström, A. – 2010a. Bat mortality at wind turbines in northwestern europe. *Acta Chiropterologica*, 12(2):261–274.

Rydell, J., Bach, L., Dubourg-Savage, M., Green, M., Rodrigues, L. & Hedenström, A. – 2010b. Mortality of bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? *European Journal of Wildlife Resources*, 56(6):823–827.

Rydell, J., Engström, H., Hedenström, A., Larsen Jesper, K., Pettersson, J. & Green, M. - 2012. The effect of wind power on birds and bats – A synthesis. *Report 6511, August 2012. Swedish Environmental Agency*, 152 pp.

Shaffer, J. & Buhl, D. - 2015. Effects of Wind-Energy Facilities on Breeding Grassland Bird Distributions. *Conservation Biology*, In Press, 13.

Schuster, E., Bulling, L. & Köppel, J. – 2015. Consolidating the state of knowledge : A synoptical review of wind energy's wildlife effects. *Environmental Management*, 56(2) : 300-331.

SFEPM (Groupe Chiroptères) - 2016. – Suivi des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de Chiroptères. *Version 2.1 (février 2016). Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Paris*, 17 pp.

Smallwood, K.S. – 2007. Estimating Wind Turbine-Caused Bird Mortality. *The Journal of Wildlife Management*, 71 : 2781-2791. <https://doi.org/10.2193/2007-006>.

Smallwood, K.S., Rugge, L. & Morrison, M.L. - 2009. Influence of behaviour on bird mortality in wind energy developments. *Journal of Wildlife Management*, 73: 1082-1098.

Steinborn, H., Reichenbach, M. & Timmermann, H. – 2011. Windkraft—Vögel—Lebensräume. Ergebnisse einer siebenjähri gen Studie zum Einfluss von Windkraftanlagen und Habitatparametern auf Wiesenvögel. *ARSU GmbH (ed.). Norderstedt, Germany*.

Stevens, T.K., Hale, A.M., Karsten, K.B. & Bennett, V.J. – 2013. An analysis of displacement from wind turbines in a wintering grassland bird community. *Biodiversity Conservation*, 22(8):1755–1767.

Stewart, G.B., Pullin, A.S. & Coles, C.F. - 2007. Poor evidence-base for assessment of windfarm impacts on birds. *Environmental Conservation*, 34: 1-11.

Tellería, J.L. - 2009. Potential impacts of wind farms on migratory birds crossing Spain. *Bird Conservation International*, 19 :131-136.

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

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

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

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

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