



Parc éolien de Thimert- Gatelles, commune de Thimert-Gatelles (28)

SPETG
mai 2022

**Suivi de mortalité de
l'avifaune et des
chiroptères**

Citation recommandée	Biotope, 2021, Parc éolien de Thimert-Gatelles, commune de Thimert-Gatelles (28), Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères. SPETG. 55 p.	
Version/Indice	VF 3	
Date	mai 2022	
Nom de fichier	SPTEG_Thimert_Gatelles_Mortalite_Biotope_VF3	
Référence dossier	2021486	
Maître d'ouvrage	SPETG	
Interlocuteurs	Antoine SAGLIO	Contact : antoine@saglio.fr
Biotope, Rédaction de l'étude	Julien TRANCHARD	Contact : jtranchard@biotope.fr Tél : 02 38 61 07 94
Biotope, Contrôleur qualité	Michaël GUILLON	Contact : mguillon@biotope.fr Tél : 06 29 83 22 43

Avant-propos

Le parc éolien de Thimert-Gatelles (Eure et Loir) a été mis en service en 2016.

La société SPETG a missionné Biotope pour la réalisation du suivi de mortalité du parc éolien en 2021. Cependant, dans le cadre de ce suivi post-implantation, vous n'avez pas souhaité mettre en place le suivi d'écoute en altitude.

Le présent document présente les résultats du suivi mortalité réalisée en 2021 par le bureau d'études BIOTOPE. L'objectif de ce suivi est d'estimer les taux de mortalité des chauves-souris et des oiseaux, liés à l'exploitation du parc éolien de Thimert-Gatelles.

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

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

Sommaire

1	Contexte de l'étude et aspects méthodologiques	7
1	Contexte – présentation du parc et données historiques	8
1.1	Présentation du parc	8
1.2	Rappel des enjeux de l'étude d'impact	9
2	Méthodologie appliquée	11
2.1	Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national	11
2.2	Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées	14
2.3	Conditions de réalisation du suivi de mortalité	20
2.4	Équipe de travail	27
2	Synthèse et analyse des résultats	28
1	Résultats du suivi de mortalité	29
1.1	Résultats bruts	29
1.2	Analyse des résultats	36
1.3	Synthèse du suivi de mortalité	42
2	Facteurs d'impact et mesures correctives	44
2.1	Analyse croisée avec l'étude d'impact	44
3	Mesures correctives	45
3	Conclusion	47
4	Bibliographie	50
	Annexes	53

Liste des tableaux

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques	20
Tableau 2 : Bilan de l'occupation du sol pour l'éolienne sur l'ensemble de la période de suivi. Représentation en pourcentage des surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées pour le parc sur l'ensemble de la période de suivi (24 passages). Les zones en gris foncées représentent les occupations du sol non prospectables tout ou partie du suivi (efficacité de recherche nulle), et en blanc les occupations du sol qui ont été prospectables la majeure partie de l'année de suivi (non prospectable que ponctuellement).	22
Tableau 3 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 2 tests).	26
Tableau 4 : Équipe de travail	27

Tableau 5 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 7 mai 2021) des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les principaux pays de l'Europe fournisseur de données	33
Tableau 6 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Thimert-Gatelles	34
Tableau 7 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 7 mai 2021) des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe	35
Tableau 8 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauve-souris touchées par le parc de Thimert-Gatelles	35
Tableau 9 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 24 passages	36
Tableau 10 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95 % pour les deux tests de persistance. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.	38
Tableau 11 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95 %) calculés (observés) et prédits (estimations et interpolations) par type d'occupation du sol pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi. Les valeurs d'extrapolation renseignées à dire d'expert sont indiquées en gras.	38
Tableau 12 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation	39
Tableau 13 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes à 95% entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Thimert-Gatelles sur la période du suivi	40
Tableau 14 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Thimert-Gatelles sur la période du suivi	41
Tableau 15 : Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité	44
Tableau 16 : Scénario de bridage	45
Tableau 17 : Résultats du suivi mortalité	54

Liste des illustrations

Figure 1 : Eolienne de Thimert-Gatelles, le 10 août 2021	8
Figure 2 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018	12
Figure 3 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018)	13
Figure 4 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi	23
Figure 5 : Occupation du sol pour l'éolienne (de gauche à droite et de haut en bas) les 18 mai 2021 (premier passage en haut), 6 juillet 2021, 30 août 2021 et 26 octobre 2020 (passage 24)	24

Figure 6 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. A gauche évolution du pourcentage de surface prospectée par passage, à droite synthèse (boite à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum).	24
Figure 7 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope	25
Figure 8 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Thimert-Gatelles	29
Figure 9 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts. De gauche à droite : Pipistrelle commune, Faucon crécerelle, Martinet noir et Roitelet à triple bandeau © Biotope	29
Figure 10 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Thimert-Gatelles	30
Figure 11 : Nombre de cadavres découverts	31
Figure 12 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Thimert-Gatelles. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.	31
Figure 13 : Positionnement des observations par rapport au positionnement de l'éolienne. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation	32
Figure 14 : Durées de persistance moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95 %) des cadavres pour chaque test de prédation	37
Figure 15 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Thimert-Gatelles au cours du suivi de 2021 sur 161 jours	40
Figure 16 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Thimert-Gatelles au cours du suivi de 2021 sur 161 jours.	41

Annexes

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres	54
---	----

1

Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Contexte – présentation du parc et données historiques

1.1 Présentation du parc

Le parc éolien de Thimert-Gatelles se situe dans le département de l'Eure-et-Loir (28), en région Centre-Val de Loire. Il est localisé à environ 30 km au nord-ouest du centre-ville de Chartres.

Le parc, mis en service en 2016, comprend 1 éolienne ENERCON E82 de 2 MW de puissance unitaire. Cette éolienne a une hauteur de moyeu de 78 m et dispose d'un rotor de 82 m de diamètre.

Le parc de Thimert-Gatelles se situe au sein d'une plaine agricole de polyculture-élevage. A noter la présence d'une parcelle boisée à proximité de l'aire d'étude.



Figure 1 : Eolienne de Thimert-Gatelles, le 10 août 2021

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



Figure 2 : Situation et disposition de l'éolienne de Thimert-Gatelle

1.2 Rappel des enjeux de l'étude d'impact

L'objectif de cette partie est de résumer et de faire ressortir les espèces à enjeux identifiées lors de l'étude d'impact du projet éolien réalisée en 2004 afin de les comparer avec les résultats des suivis post-implantations réalisés en 2021.

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

Pour la partie « oiseaux », une étude bibliographique des espèces présentes sur le périmètre d'implantation de l'éolienne et à proximité (notamment en forêt de Châteauneuf-en-Thymerais) a été réalisée à partir d'une base de données naturaliste informatisée. Pour cette étude, une requête a été réalisée sur le secteur d'implantation et couvrant la période du 1 janvier 1992 à fin novembre 2004. Ces données bibliographiques ont été actualisées par des sorties de terrain de janvier à novembre 2004, couvrant l'ensemble du cycle biologique annuel : migrations pré et postnuptiales, hivernage et reproduction.

La prise en compte des chiroptères dans les études d'impacts n'étant pas systématique lors de projets éoliens à l'époque du projet (2004), les informations disponibles sur ce groupe dans l'étude d'impact sont, par conséquent, très limitées.

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

La recherche bibliographique a permis de mettre en évidence la présence sur le périmètre d'implantation et à proximité de 43 espèces d'oiseaux dont 32 présentent en période de

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

nidification. 29 espèces utilisent le site durant la période hivernale et 32 sont observés sur le secteur en migration.

Parmi les espèces utilisant l'aire d'étude, 31 bénéficient d'une protection au niveau nationale et 5 sont inscrites à l'annexe I de la Directive Oiseaux : le Busard Saint-Martin, l'Engoulevent d'Europe, le Pic noir, le Pic mar et le Pluvier doré.

Le site se trouve dans un secteur de grande culture céréalière sillonné de vallons humides. Il est à noter également la présence de petits bois et bosquets dont la richesse n'est pas forcément élevée, mais dont la présence dans cet environnement de culture intensive leur confère un intérêt certain.

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

Les chiroptères chassent peu au-dessus des grandes cultures céréalières. Dans leur recherche de nourriture, quelques espèces peuvent occasionnellement y venir depuis les villes et villages ou les bois alentours, comme la Pipistrelle commune ou la Sérotine commune. La forêt de Châteauneuf-en-Thymerais peut également en accueillir.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2 Méthodologie appliquée

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

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

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

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

Article 9

L'article 12 est remplacé par :

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

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

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

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

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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Un protocole national cadrant les objectifs et modalités de suivi des parcs éoliens en exploitation a été rédigé en 2015 puis mis à jour début 2018.

La présente étude vient répondre aux obligations induites par le protocole national ainsi que par l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.

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

Nombre de sessions d'inventaire

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

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

Figure 2 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018

Nombre d'éoliennes suivies

Le protocole national invite à contrôler :

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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Méthode de collecte des données

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

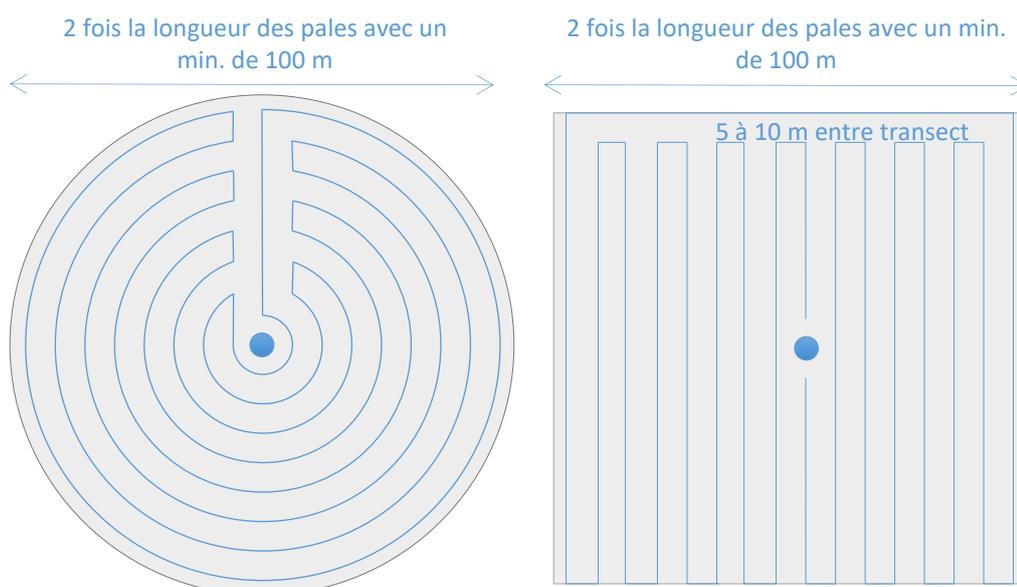


Figure 3 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018)

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

Tests de correction des résultats.

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

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

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

Analyse des résultats

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

- Un tableau des données brutes doit être fourni pour permettre une compilation quantitative et informative à l'échelle nationale ;
- Analyser les résultats, de l'impact du parc et de l'efficacité des mesures ;

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

- Une analyse fine et qualitative des résultats doit être menée pour caractériser la mortalité par éolienne ;
- Croiser les résultats avec d'autres données ou avec les résultats d'autres types de suivi pour une interprétation des types de risques, des facteurs d'influence et orienter l'analyse vers l'efficacité des mesures ;
- Justifier et dimensionner les mesures correctives à mettre en place de façon proportionnée ;
- Estimer la mortalité pour permettre des comparaisons objectives et détecter les parcs à impacts significatifs pour la faune volante (intégrer coefficient surfacique, Utiliser au moins 3 formules de calcul des estimateurs standardisés dont Huso (2010) obligatoirement, Préciser l'intervalle de confiance de l'estimation, etc.).

2.2 Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées

Ce chapitre décrit la méthodologie mise en œuvre dans le cadre de l'étude réalisée sur le parc éolien de Thimert-Gatelles. Il présente par ailleurs en détail les principales données collectées et analyses réalisées.

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

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

Principe de l'estimation de mortalité et formules utilisées

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

Le principe général des estimations par éolienne est le suivant :

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

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

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

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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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

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

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

Détermination des coefficients correcteurs

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

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

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

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

Tel que demandé dans le protocole national, deux tests ont été réalisés dans le cadre du suivi de la mortalité. Ces deux tests sont réalisés par la méthode de l'échantillonnage stratifié en fonction des différents types d'occupation du sol que l'observateur est susceptible de prospecter tout au long du suivi. Le moment de réalisation des tests doit permettre de tester l'observateur

¹ Estimateur de référence obligatoire dans chaque étude.

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

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

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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

dans un maximum de situations d'occupation du sol, à l'échelle de l'ensemble du parc éolien. De 10 à 15 leurres identiques sont disposés aléatoirement pour chaque catégorie d'occupation du sol à tester et sur l'ensemble du parc, à l'insu de l'observateur.

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

Méthodes statistiques et incertitudes

- Évaluation du coefficient moyen de persistance des cadavres

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

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

- Évaluation du coefficient moyen d'efficacité de recherche

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

Cette approche statistique permet, à partir des tests réalisés, d'estimer l'efficacité de recherche pour l'ensemble des occupations du sol que l'opérateur a rencontré sur l'ensemble de la période

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

de suivi. Les estimations sont également associées à des incertitudes afin d'évaluer la précision *a posteriori* de ces estimations.

- Évaluation des incertitudes

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

Afin de déterminer les incertitudes des estimations de mortalités par éolienne, nous avons utilisé le théorème de Bayes tel qu'il est également utilisé dans le package R « carcass » (Korner-Nievergelt et al. 2015) et par Korner-Nievergelt (2011). Connaissant le nombre de cadavres trouvés ainsi que la probabilité globale de les détecter (c'est-à-dire les chances réelles de trouver un cadavre selon les différentes méthodes d'estimation), cette méthode permet de déterminer *a posteriori* l'intervalle de confiance à 95% associé.

Ce théorème a également pour avantage de pouvoir donner un intervalle de confiance à 95% même lorsqu'aucun cadavre n'a pu être détecté. L'intervalle de confiance, dans ce cas, correspond au nombre de cadavres pour lesquels l'opérateur avait 95% de chance de ne pas les détecter du fait des différentes contraintes rencontrées au cours du suivi. Cela permet de donner une limite au nombre de collisions maximum non détectables considérant les contraintes de prospection rencontrées durant le suivi. Ainsi, dans tous les cas, il est possible de déterminer une mortalité maximum par éolienne, même en l'absence de découverte de cadavre.

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

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

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

Tel que défini par le protocole national, « seules les zones à ciel ouvert et praticables sont prospectées. Le reste de la surface échantillon devra faire l'objet d'une correction proportionnelle par coefficient surfacique ». Les zones non prospectables sont définies comme 1) des secteurs de boisements ou alors 2) comme des végétations ne permettant pas de pénétrer dans la parcelle ou enfin 3) comme une parcelle où la détectabilité est proche de zéro. Par notre

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

expérience, une végétation au-delà de 30 cm de hauteur limite très fortement la capacité de détection des cadavres. En fonction du type de couvert, le technicien a la possibilité de continuer à prospecter s'il estime que sa capacité de détection est encore significative ou de considérer la parcelle comme non prospectable. Les surfaces non prospectées sont alors prises en compte par le coefficient correcteur de surface

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

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

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

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

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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.2.2 Méthode de recherche des cadavres

Méthode par transects circulaires

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

Ce protocole présente plusieurs avantages :

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

Les prospections s'effectuent à pied sous les éoliennes et dans un rayon de 50 m autour de chaque éolienne : 11 cercles éloignés de 5 m les uns des autres, en partant du plus éloigné du mât de l'éolienne (50 m), jusqu'au pied de l'éolienne sont alors effectués.

Pour cela, nous avons utilisé un jeu de cordes et mousquetons. La première corde, tendue le plus haut possible autour du mat de l'éolienne, sert de fixation mobile à une seconde corde longue de 50 m et disposant de repères placés tous les 5 m permettant ainsi de tourner autour de l'éolienne tout en gardant un écartement constant entre chaque cercle. Ainsi, 11 cercles de diamètre variable ont été parcourus ainsi qu'un tour au pied de l'éolienne.

Pour l'éolienne du parc, nous prévoyons alors de parcourir 1 883 m de transect, à une vitesse de 2 km/h environ.

Données collectées

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

Détermination des cadavres

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

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

- Dietz, C. et von Helversen, O. (2004). Illustrated identification key to the bats of Europe. Electronique publication, version 1.0 released 15.12.2004, Tuebingen & Erlangen (Germany). 72 p.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

- Arthur, L. et Lemaire, M. (2009). Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse, Collection Parthénope. Biotope éditions, Publications scientifiques du muséum. 544 p.
- Marchesi, P., Blant, M. et Capt, S. (2008). Mammifères de Suisse - Clés de détermination. Neuchâtel, Fauna Helvetica, CSCF & SSBF. 289 p.
- Svensson L. (2014). Le guide ornitho, le guide le plus complet des oiseaux d'Europe, d'Afrique du nord et du Moyen-Orient. Delachaux et Niestlé. 448 p.
- Brown R. et al. (2014). Traces et indices d'oiseaux ; pistes, nids, plumes, crânes... Delachaux et Niestlé. 333 p.
- FRAIGNEAU C. (2007). Reconnaître facilement les plumes – collecter, identifier, interpréter, conserver. Delachaux et Niestlé. 192 p.
- FRAIGNEAU C. (2017). Identifier les plumes des oiseaux d'Europe occidentale. Delachaux et Niestlé. 400 p.

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

2.3 Conditions de réalisation du suivi de mortalité

2.3.1 Prospections de terrain

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

Ainsi 24 passages ont été réalisés, à raison d'un par semaine, du 18 mai au 26 octobre 2021 sur l'éolienne du parc.

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
Suivi de mortalité (24 passages)		
1	18/05/2021	Nébulosité : 89%. Température : 13.4 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 10 km/h. Direction du vent : SO
2	24/05/2021	Nébulosité : 93%. Température : 10.6 °C. Pluie : 0.36 mm/h. Vitesse du vent : 14.8 km/h. Direction du vent : SO
3	01/06/2021	Température : 21.7 °C. Vitesse du vent : 7.8 km/h. Direction du vent : E
4	08/06/2021	Température : 20.4 °C. Vitesse du vent : 6.8 km/h. Direction du vent : N
5	15/06/2021	Température : 23.6 °C. Vitesse du vent : 7.2 km/h. Direction du vent : N
6	23/06/2021	Nébulosité : 100%. Température : 13.9 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 11.5 km/h. Direction du vent : N
7	29/06/2021	Nébulosité : 97%. Température : 15.6 °C. Pluie : 0.12 mm/h. Vitesse du vent : 1.6 km/h. Direction du vent : S

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
8	06/07/2021	Nébulosité : 92%. Température : 18.8 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 19.4 km/h. Direction du vent : SO
9	13/07/2021	Nébulosité : 100%. Température : 16.9 °C. Pluie : 0.57 mm/h. Vitesse du vent : 8.4 km/h. Direction du vent : NO
10	20/07/2021	Température : 25.2 °C. Vitesse du vent : 8.6 km/h. Direction du vent : NE
11	27/07/2021	Nébulosité : 96%. Température : 17.9 °C. Pluie : 0.28 mm/h. Vitesse du vent : 11 km/h. Direction du vent : SO
12	02/08/2021	Nébulosité : 95%. Température : 19.5 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 9.3 km/h. Direction du vent : O
13	10/08/2021	Nébulosité : 97%. Température : 20.9 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 5 km/h. Direction du vent : SO
14	17/08/2021	Nébulosité : 99%. Température : 16.8 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 9.1 km/h. Direction du vent : O
15	24/08/2021	Nébulosité : 92%. Température : 21 °C. Pluie : 0.02 mm/h. Vitesse du vent : 13.7 km/h. Direction du vent : NE
16	30/08/2021	Nébulosité : 97%. Température : 19.2 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 15.4 km/h. Direction du vent : N
17	06/09/2021	Température : 25.7 °C. Vitesse du vent : 6 km/h. Direction du vent : NE
18	13/09/2021	Nébulosité : 84%. Température : 21.9 °C. Pluie : 0 mm/h.
19	20/09/2021	Nébulosité : 97%. Température : 16.5 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 8.3 km/h. Direction du vent : NO
20	28/09/2021	Nébulosité : 94%. Température : 15.2 °C. Pluie : 0.02 mm/h. Vitesse du vent : 7.5 km/h. Direction du vent : SO
21	04/10/2021	Nébulosité : 88%. Température : 14.7 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 12.7 km/h. Direction du vent : S
22	11/10/2021	Nébulosité : 84%. Température : 14.3 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 11.2 km/h. Direction du vent : N
23	19/10/2021	Nébulosité : 92%. Température : 19.9 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 11.8 km/h. Direction du vent : S
24	26/10/2021	Nébulosité : 99%. Température : 12.6 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 9 km/h. Direction du vent : SO
Tests de prédation (2 tests)		
Test 1	24/05/2021	Dépôt de 10 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Test 2	02/08/2021	Dépôt de 10 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Tests d'efficacité de recherche (2 tests)		
Test 1	14/06/2021	Dépôt de 45 leurres
Test 2	23/08/2021	Dépôt de 30 leurres

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.3.2 Occupation du sol et zones prospectées

Sur l'ensemble du suivi, les zones prospectées ont subi une forte évolution de l'occupation du sol (cf. Tableau 2, et

Figure 5). Le couvert végétal dans les zones de recherche influence directement les capacités de l'observateur à détecter les cadavres. Les milieux herbacés hauts (> à 30/40 cm) et denses sont incompatibles avec les suivis. Ainsi, dès lors que la végétation correspondait à ce type d'occupation du sol, l'efficacité de recherche a été considérée comme nulle et les parcelles non prospectées.

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

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

Tableau 2 : Bilan de l'occupation du sol pour l'éolienne sur l'ensemble de la période de suivi. Représentation en pourcentage des surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées pour le parc sur l'ensemble de la période de suivi (24 passages). Les zones en gris foncées représentent les occupations du sol non prospectables tout ou partie du suivi (efficacité de recherche nulle), et en blanc les occupations du sol qui ont été prospectables la majeure partie de l'année de suivi (non prospectable que ponctuellement).

Milieux	Parc
Blé	39,27%
Chaume Blé	4,32%
Déchaume Blé	31,14%

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Friche	15,26%
Plateforme	10,01%
Total	100 %

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

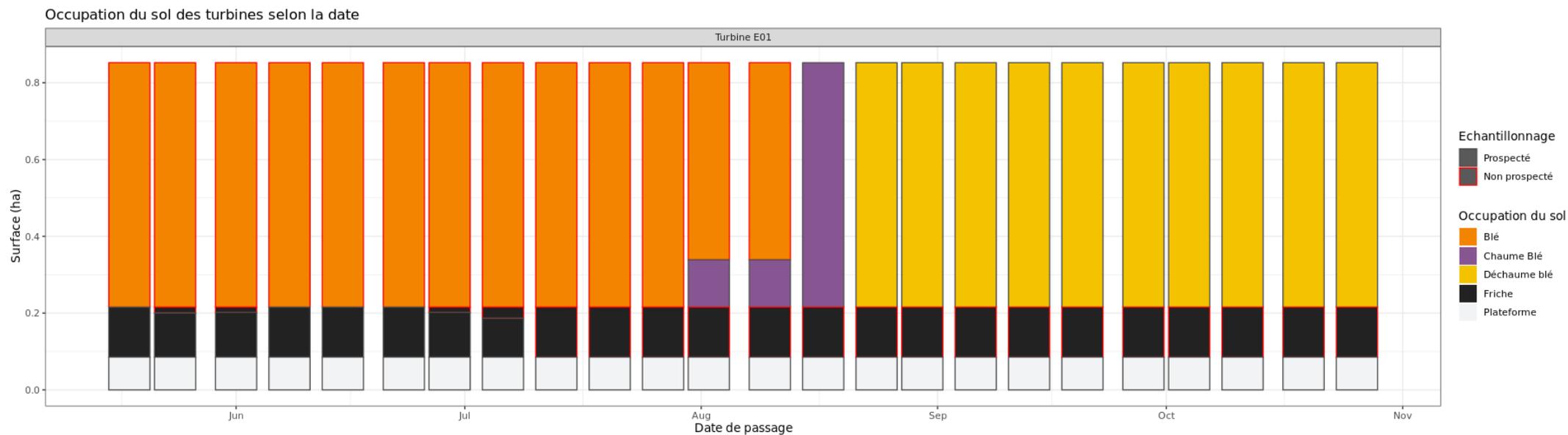


Figure 4 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

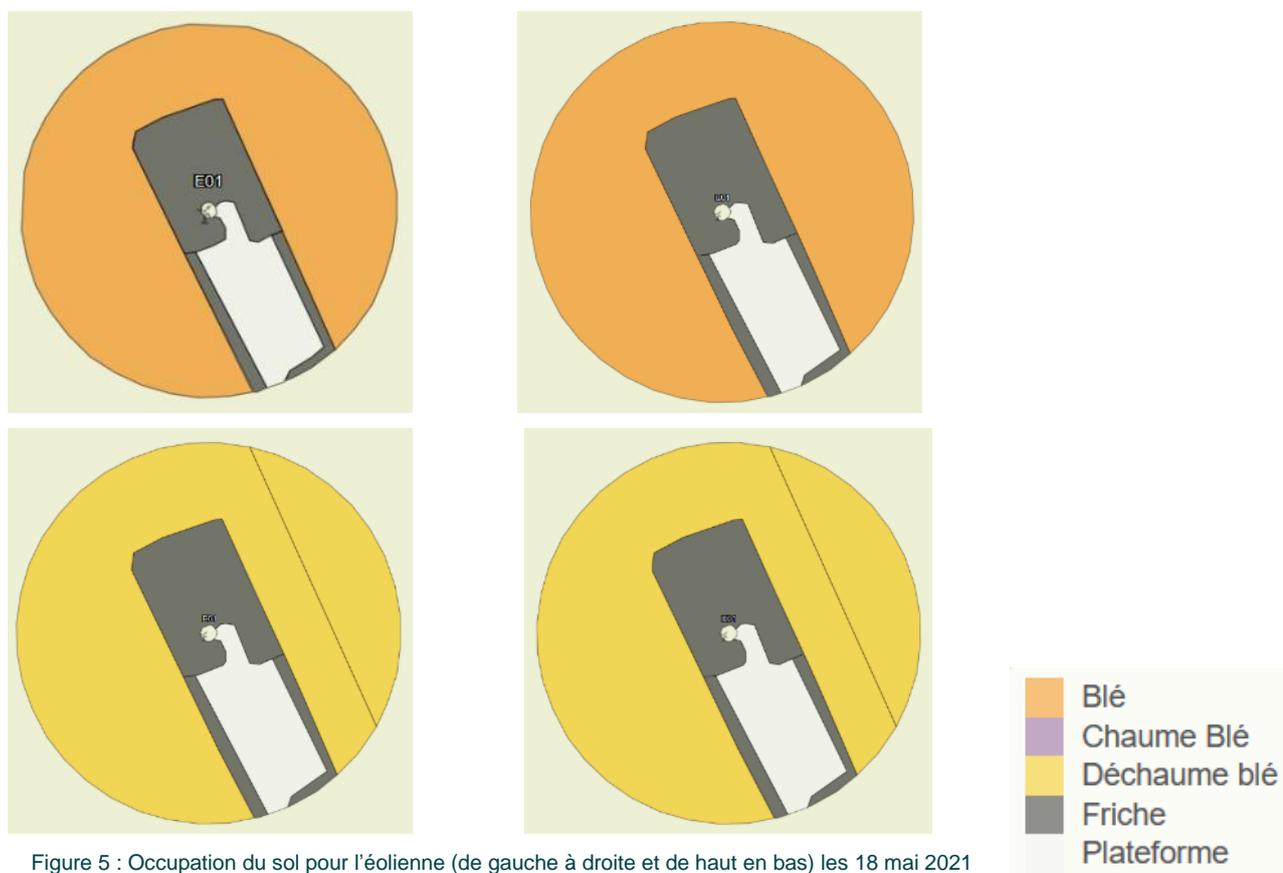


Figure 5 : Occupation du sol pour l'éolienne (de gauche à droite et de haut en bas) les 18 mai 2021 (premier passage en haut), 6 juillet 2021, 30 août 2021 et 26 octobre 2020 (passage 24)

2.3.3 Évolution du taux de surface prospectée

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

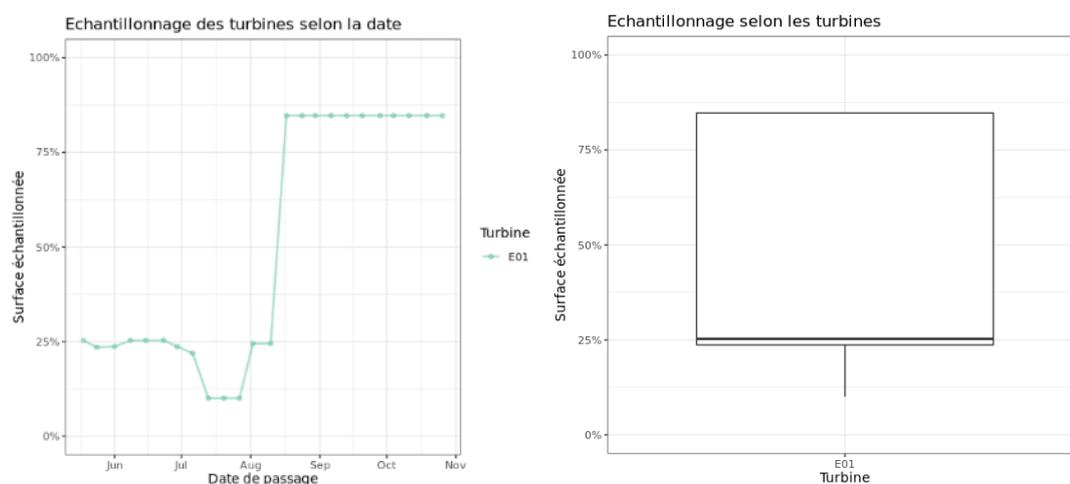


Figure 6 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. A gauche évolution du pourcentage de surface prospectée par passage, à droite synthèse (boite à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum).

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

On constate lors du suivi réalisé en 2021 que le taux de prospections de l'éolienne est variable à cause de l'assolement présent. Ce taux monte au maximum à 85 % sur la fin du suivi. Mais reste à l'échelle du suivi à une médiane de 25%. Il en résulte que les calculs d'estimation vont être fortement influencés.

2.3.4 Réalisation des tests de prédation

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

2.3.5 Réalisation des tests d'efficacité de l'observateur

Pour les secteurs prospectés, ce coefficient varie en fonction du couvert végétal (densité, hauteur) et, donc, de la période de l'année. Celui-ci a été évalué en plaçant des leurres à l'insu de l'observateur. Au minimum, 15 leurres par grand type d'habitat observé à chaque test ont été disposés aléatoirement (soit de 30 à 45 leurres disposés par test, cf

Tableau 3). La pose est réalisée tôt le matin avant le lancement du suivi. Des leurres non organiques ont été déployés (pas de risques de disparition par les prédateurs). La position de chaque lure est enregistrée au GPS. Le test se déroule pendant la réalisation du suivi de mortalité par l'observateur selon le protocole habituel des transects circulaires. L'observateur a noté et localisé les leurres retrouvés et l'opérateur en charge du test, contrôle à la fin du suivi de mortalité, le nombre de leurres découverts par catégorie d'occupation du sol testée.



Figure 7 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Tableau 3 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 2 tests).

Parc	
Occupations du sol	
Chaume Blé	15
Friche	30
Plateforme	30
Hauteurs de végétation	
5 cm	45
20 cm	30
Dates de tests	
14/06/2021	45
23/08/2021	30
Total	75

2.3.6 Limites propres à la mise en œuvre du suivi

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

La capacité de détection est variable en fonction de la hauteur de végétation et du type d'occupation du sol. Dans le but d'obtenir des données exploitables, la mise en place des tests s'est faite de manière à pouvoir bénéficier d'un maximum de cas de figure rencontrés par l'opérateur en charge du suivi. Au total, avec les deux tests réalisés, ce sont 3 catégories d'occupation du sol qui ont été testées ainsi que 2 hauteurs différentes de végétation.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.4 Équipe de travail

Une équipe pluridisciplinaire a été constituée dans le cadre de cette étude (Tableau 4).

Tableau 4 : Équipe de travail

Domaine d'intervention	Agents de Biotope
Contrôle qualité	Michael GUILLON et Ludivine DOYEN
Chef de projet Responsable du projet et rédaction de l'étude	Julien TRANCHARD
Chargé d'étude Identification des chauves-souris	Julien TRANCHARD
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères et rédaction de l'étude (24 sessions)	Julien BARGE

2

Synthèse et analyse des résultats

2 Synthèse et analyse des résultats

1 Résultats du suivi de mortalité

1.1 Résultats bruts

1.1.1 Données générales concernant les cadavres découverts

Au total, 6 cadavres ont été trouvés au sein du parc éolien de Thimert-Gatelles, dont 4 oiseaux (3 espèces) et 2 chauves-souris (1 espèce) entre le 18 mai et le 26 octobre 2021.

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

Les espèces d'oiseaux trouvés sont le Faucon crécerelle (1 individu), le Martinet noir (2 individus) et le Roitelet à triple bandeau (1 individu), découvertes entre 6 juillet et le 26 octobre 2021.

Les chauves-souris trouvées étaient des Pipistrelle commune (2 individus) recensées le 17 août 2021 et le 4 octobre 2021.

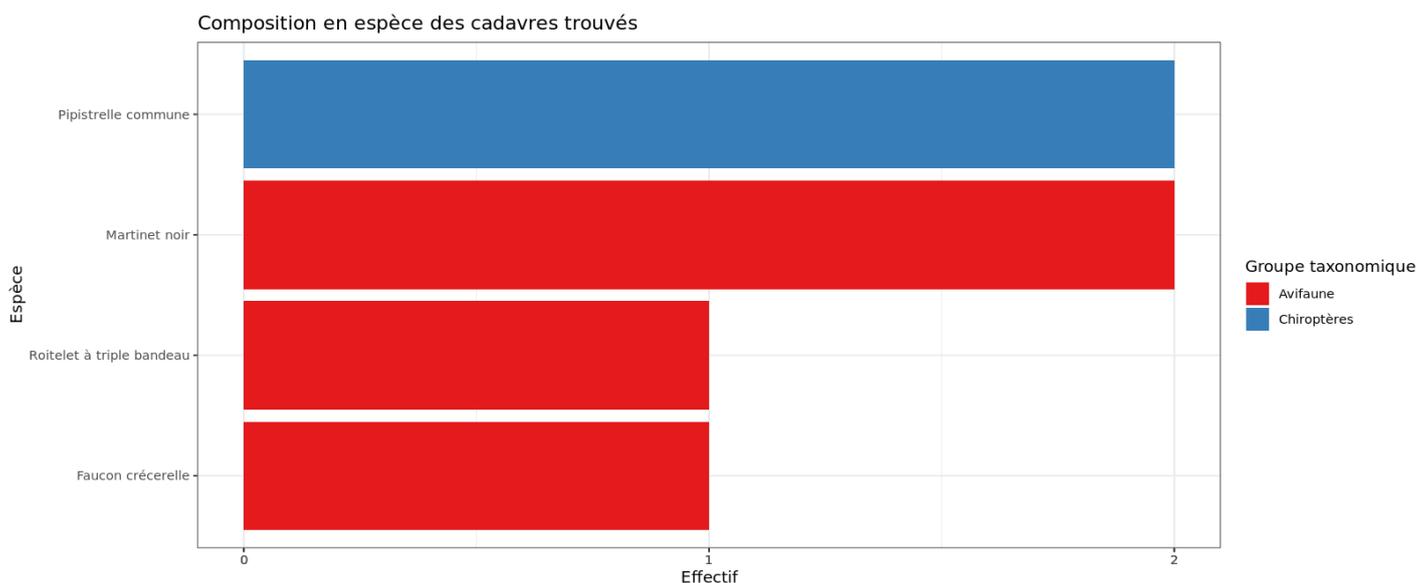


Figure 8 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Thimert-Gatelles



Figure 9 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts. De gauche à droite : Pipistrelle commune, Faucon crécerelle, Martinet noir et Roitelet à triple bandeau © Biotope

Au niveau phénologique, on remarque que :

- Les 4 cadavres d'oiseaux ont été observés à intervalle régulier du début du mois de juillet à la fin du mois d'octobre. Au regard des dates de découverte et mis à part le premier Martinet

2 Synthèse et analyse des résultats

noir découvert le 6 juillet, on peut supposer que les cadavres découverts étaient des individus en migration.

- Les 2 cadavres de Pipistrelles communes ont été retrouvés les 17 août et 4 octobre 2021 ce qui correspond à la période de déplacement automnale chez les chiroptères.

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

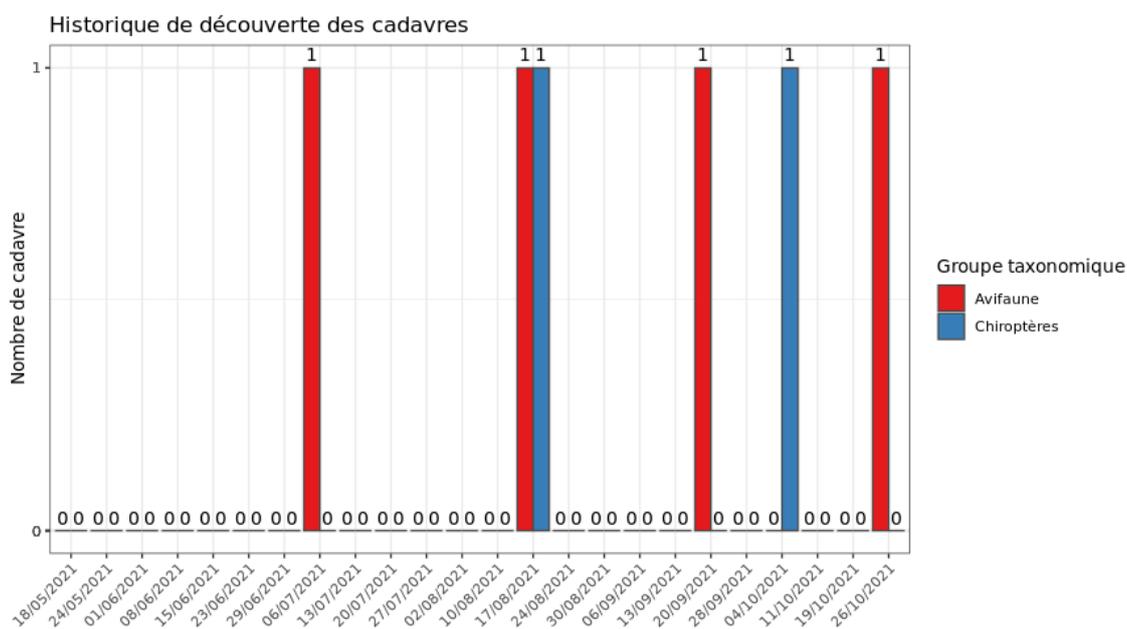


Figure 10 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Thimert-Gatelles

1.1.2 Suivi par éolienne

Le parc éolien de Thimert-Gatelles ne compte qu'une seule éolienne. L'ensemble des cadavres découverts l'ont donc été sous la même machine.

2 Synthèse et analyse des résultats

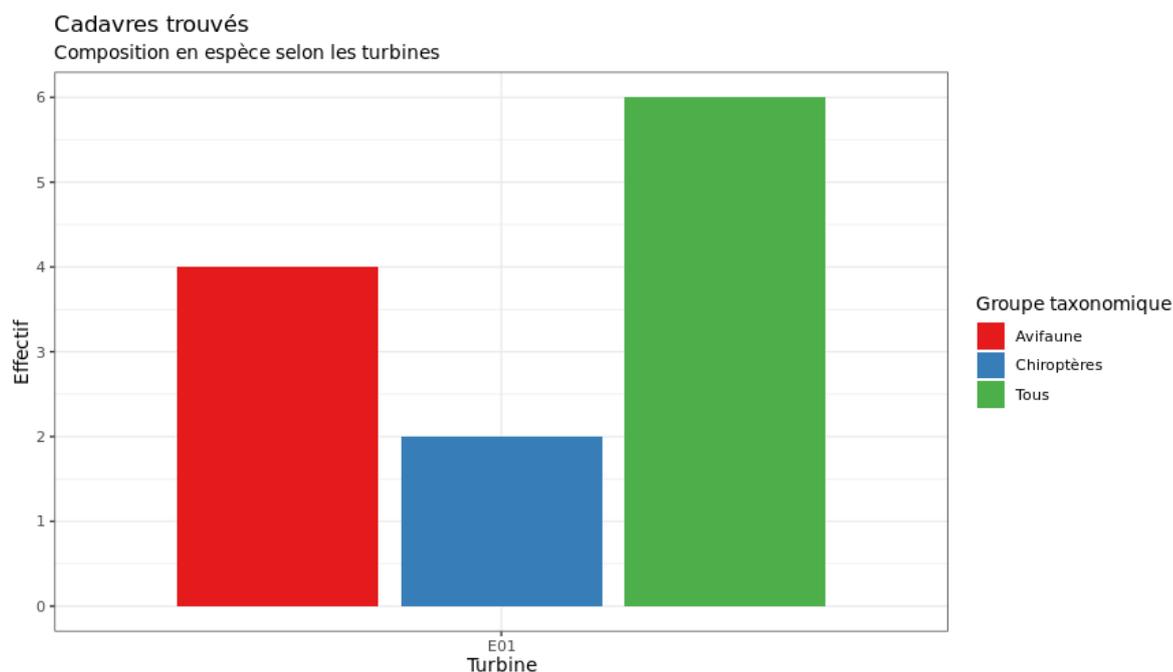


Figure 11 : Nombre de cadavres découverts

1.1.3 Répartition spatiale des observations

Les observations ont été réalisées sur l'ensemble des distances prospectées. L'individu retrouvé le plus loin d'une éolienne est un Martinet noir observée à 45 m.

Si l'on regarde la localisation des observations par rapport à l'éolienne suivie, les observations semblent différentes entre les deux groupes, plus éloignées de l'éolienne pour les chiroptères, et plus étalée/homogène pour les oiseaux.

On constate également une différence entre les groupes au niveau de la distribution de cadavres autour de la turbine. En effet, les oiseaux semblent se concentrer au nord-ouest du parc alors que les chiroptères ont été découvert au sud.

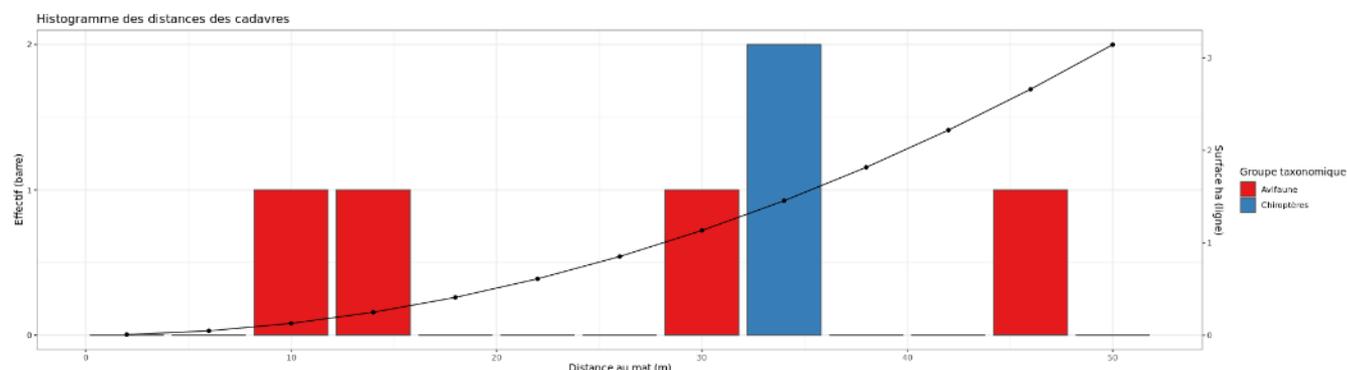


Figure 12 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Thimert-Gatelles. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.

2 Synthèse et analyse des résultats

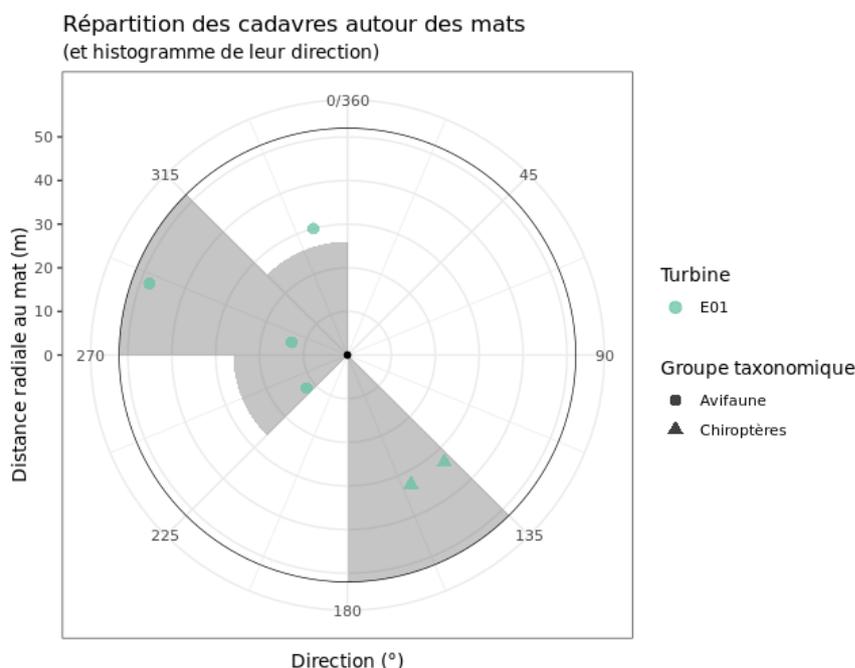


Figure 13 : Positionnement des observations par rapport au positionnement de l'éolienne. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation

1.1.4 Description des oiseaux retrouvés

4 individus répartis au sein de 3 espèces ont été retrouvés et identifiés sous l'éolienne du parc de Thimert-Gatelles : le **Faucon crécerelle** (1 individu), le **Martinnet noir** (2 individus) et le **Roitelet à triple bandeau** (1 individu). Il s'agit avant tout d'espèces migratrices dont les dates de découverte coïncident avec le passage de ces espèces sur la région (1 Martinnet noir au mois d'août et 1 Roitelet à triple bandeau en septembre et 1 Faucon crécerelle en octobre). Un Martinnet noir a été retrouvé début juillet, il s'agit probablement d'un individu en chasse sur le secteur en période de reproduction. Pour le Faucon crécerelle, il a été observé en période de migration (octobre). Il s'agit probablement d'un individu sédentaire en chasse sur le secteur ou un individu en migration.

À titre de comparaison, la synthèse de données mise à disposition par Tobias Dürr (mise à jour le 7 mai 2021) sur la mortalité de l'avifaune liée à l'éolien en Europe permet de faire un bilan des espèces a priori les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle européenne (base de données compilant des informations fournies de façon volontaire).

On constate que les trois espèces retrouvées sont des espèces fortement impactées en Europe et en France. En effet, sur les 288 espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité, elles font parties des 15 espèces les plus découvertes en Europe et sont les trois espèces les plus touchées en France d'après la base de Tobias Dürr.

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

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 5 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 7 mai 2021) des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les principaux pays de l'Europe fournisseur de données

Espèce/Pays	Rang Europe	Rang France	A	BE	D	E	FR	Thimert-Gatelles	P	Total EU (hors Thimert-Gatelles)
Roitelet à triple bandeau	15	1	1	2	44	45	164	1	2	269
Martinet noir	7	2	14	4	166	75	121	2	18	412
Faucon crécerelle	6	3	28	7	143	273	108	1	39	614

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, CH = Suisse, CR = Croatie, CZ = République tchèque, D = Allemagne, E = Espagne, EST = Estonie, F = Finlande, FR = France, GR = Grèce, IT = Italie, LV = Lettonie, NL = Hollande, N = Norvège, P = Portugal, PL = Pologne, RO = Roumanie, S = Suède, UK = Royaume-Uni

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2004, on constate que le Faucon crécerelle et le Roitelet à triple bandeau avaient déjà été recensés lors de l'état initial, à l'opposé du Martinet noir qui n'avait pas été observé lors des inventaires réalisés et traités dans cette étude.

2 Synthèse et analyse des résultats

Évaluation des enjeux

Le Tableau 6 présente les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux retrouvées sur le parc de Thimert-Gatelles à l'échelle régionale, française et européenne.

Aucune espèce n'est inscrite à l'Annexe I de la Directive « Oiseaux ». Le Faucon crécerelle et le Martinet noir ont un statut « quasi menacé » sur la liste rouge des oiseaux nicheurs au niveau national.

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

Espèces	Protection nationale	Directive Oiseaux	Liste rouge Europe (2015)	Liste rouge France nicheur (2016)	NIOF migrateurs (2008)	Liste rouge nicheurs Centre-Val de Loire (2013)	Statut migrateur Centre-Val de Loire (2002)	Espèces déterminantes Centre-Val de Loire : Espèces nicheuses (2016)
Roitelet à triple bandeau	Article 3	-	LC	LC	NA	LC	PC	-
Martinet noir	Article 3	-	LC	NT	CC	LC	DD	-
Faucon crécerelle	Article 3	-	LC	NT	C	LC	C	-

Légende :

Protection nationale

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

Directive Oiseaux

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

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

Annexe II : espèces pouvant être chassées :

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

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

Annexe III : espèces pouvant être commercialisées :

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

Partie 2 (A.III.2) : espèces pour lesquelles les États membres peuvent autoriser sur le territoire la vente, le transport pour la vente, la détention pour la vente ainsi que la mise en vente et à cet effet prévoir des limitations, pour autant que les oiseaux aient été licitement tués ou capturés ou autrement licitement acquis.

NIOF (Nouvel Inventaire des Oiseaux de France) Migrateur et statut migrateur en Centre-Val de Loire

Cela présente le statut de rareté de l'espèce en période de migration en France (NIOF) et en région Centre-Val de Loire

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

L'avifaune de la Région Centre, synopsis des connaissances (PERTHUIS, 2002) NA : Non applicable, DD : données insuffisantes, CC = taxon très commun ; C = taxon commun ; PC = taxon peu commun.

Listes rouges

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

Liste rouge oiseaux nicheurs de Centre-Val de Loire (DREAL Centre-Val de Loire, 2013)

DD : Non évalué, NA : Non applicable, LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacé, VU : Vulnérable, EN : En danger d'extinction.

Espèces déterminantes

Espèces déterminantes de la Région Centre-Val de Loire :

Site internet DREAL Centre-Val de Loire : <http://www.centre-val-de-loire.developpement-durable.gouv.fr/habitats-et-especes-determinantes-r828.html>

2 Synthèse et analyse des résultats

1.1.5 Description des chauves-souris retrouvées

2 individus de **Pipistrelle commune** ont été retrouvés morts sur le parc de Thimert-Gatelles.

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

À titre de comparaison, la synthèse de données disponibles de Tobias Dürr (mise à jour le 7 mai 2021) sur les cadavres de chauves-souris relate que la Pipistrelle commune est l'espèce la plus touchée par les parcs éoliens à l'échelle européenne et à l'échelle française ;

Ces chiffres sont des approximations car on note une grande part d'individus indéterminés au sein de chaque genre (Pipistrelle indéterminée, Noctule indéterminée, etc.). De même, pour un grand nombre d'individus, même le genre n'a pas pu être déterminé du fait, entre autres, de leur état de décomposition avancée et/ou de la non-présence de spécialistes à proximité capables d'identifier notamment les pipistrelles grâce à leur dentition.

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

Tableau 7 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 7 mai 2021) des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe

Espèce/Pays	Rang Europe	Rang France	BE	CZ	D	E	FR	Thimert-Gatelles	NL	PT	UK	Total EU (hors Thimert-Gatelles)
Pipistrelle commune	1	1	28	16	758	211	1012	2	15	323	46	2434

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, CH = Suisse, CR = Croatie, CZ = République tchèque, D = Allemagne, E = Espagne, EST = Estonie, F = Finlande, FR = France, GR = Grèce, IT = Italie, LV = Lettonie, NL = Hollande, N = Norvège, P = Portugal, PL = Pologne, RO = Roumanie, S = Suède, UK = Royaume-Uni

La plupart des chauves-souris effectue des déplacements entre leurs gîtes estivaux et leurs gîtes d'hibernation, variant de quelques kilomètres à plusieurs dizaines de kilomètres

La Pipistrelle commune fait partie des espèces les plus impactées par les parcs éoliens en fonctionnement. Les chiroptères sont des animaux ayant une longue espérance de vie mais une faible fécondité, entraînant un faible renouvellement des populations. Une forte mortalité des adultes est donc particulièrement dommageable pour les populations (ARTHUR & LEMAIRE, 2015).

Évaluation des enjeux

Le Tableau 8 ci-dessous présente les statuts de protection et de conservation des espèces de chauves-souris retrouvées sur le parc de Thimert-Gatelles à l'échelle de la France et de l'Europe. Toutes les espèces de chauves-souris sont strictement protégées en France et dans l'Union Européenne. La Pipistrelle commune est par ailleurs considérée comme patrimoniale en France car « quasi menacée ».

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

2 Synthèse et analyse des résultats

Espèce	Directive Habitats	Protection nationale	Liste rouge Europe (2012)	Liste rouge France (2017)	Liste rouge Centre-Val de Loire (2012)
Pipistrelle commune	Annexe IV	Article 2	LC	NT	LC

Légende :

Protection nationale

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

Directive Habitats

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

Listes rouges Europe, France et Centre-Val de Loire

Liste rouge européenne des espèces menacées (UICN, 2012)

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

Liste rouge régionale des mammifères (Sologne Nature Environnement, 2012)

LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacé, VU : Vulnérable

1.2 Analyse des résultats

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

1.2.1 Résultats des tests de calcul des coefficients correcteurs

Coefficient correcteur de surface (a)

Afin d'intégrer les surfaces non prospectées/non prospectables, nous avons calculé un coefficient de surface correspondant au taux de prospection de chaque passage au niveau de l'éolienne considérée (Tableau 9). La moyenne pondérée (par le temps entre passages) est le résultat retenu pour le calcul d'estimation de la mortalité par éolienne. Le coefficient correcteur de surface moyen est plutôt faible (51%). Ceci est lié à des périodes avec des parcelles non prospectables pour des durées et des surfaces différentes suivant l'éolienne.

Tableau 9 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 24 passages

Parc de Thimert-Gatelles – E1	
Quantile 2.5%	0,1
Premier quartile	0,24
Moyenne	0,5
Moyenne pondérée	0,51
Médiane	0,25
Troisième quartile	0,85
Quantile 97.5%	0,85

- **Erickson, W.P.; Johnson, G.D.; Strickland, M.; Kronner, K. (2000). Final Report: avian and bat mortality associated with the Vansycle wind project. pp 1-26.**
- **Huso, M. M. (2010). An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. Environmetrics, 22(3), 318-329. doi: 10.1002/env.1052**
- **Korner-Nievergelt, F., Korner-Nievergelt, P., Behr, O., Niermann, I., Brinkmann, R., & Hellriegel, B. (2011). A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. Wildlife Biology, 17(4), 350-363. doi: 10.2981/10-121**

2 Synthèse et analyse des résultats

Coefficient de persistance (s)

Suite aux tests de persistance et aux analyses statistiques basées sur la sélection de modèles et en prenant en compte le fait que le parc de Thimert-Gatelles ne compte qu'une seule éolienne, nous avons retenu comme le modèle le plus parcimonieux.

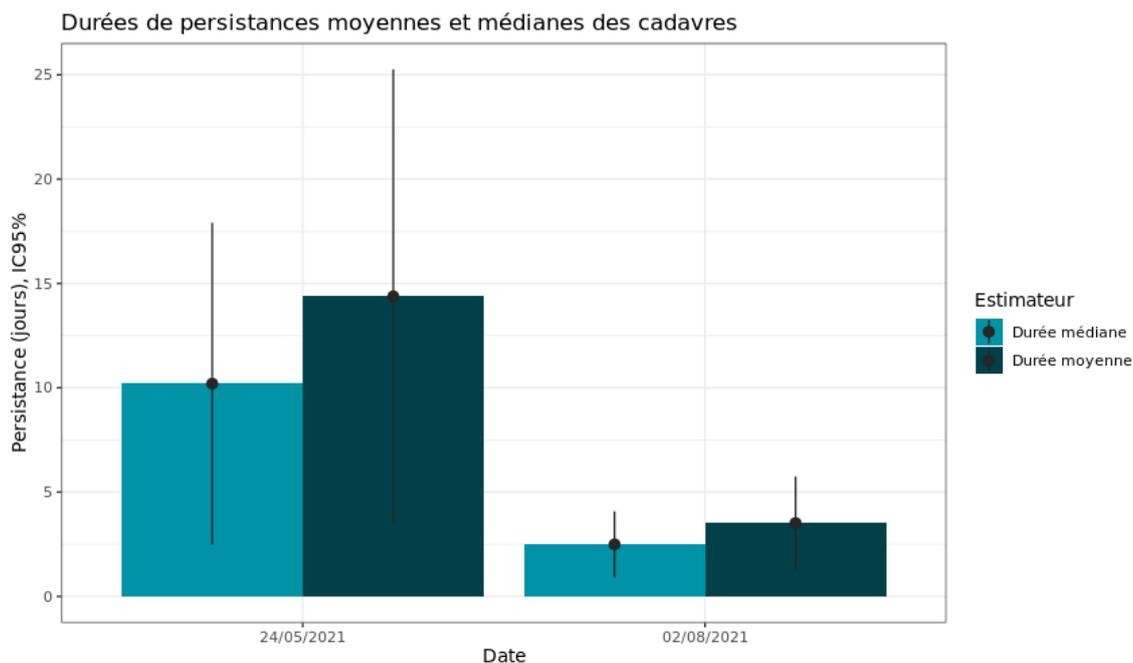


Figure 14 : Durées de persistance moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95 %) des cadavres pour chaque test de prédation

L'éolienne présente donc un temps moyen de persistance globalement proche de 14 jours lors du premier test réalisé fin mai (14,38 jours en moyenne) puis inférieur à 4 jours lors du second test (3,52 jours en moyenne). Les intervalles de confiance montrent que l'évaluation de la prédation est moyenne en lien avec le nombre limité de leurres disposés pour tester la prédation (10 par test soit 20 au total). Un nombre plus faible de leurres n'aurait pas permis de fournir une évaluation robuste de la prédation.

2 Synthèse et analyse des résultats

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

Résultats des tests	
24/06/2020	
Persistance moyenne (en jours)	14,38
Intervalle de confiance à 95 %	[3,51 ; 25,26]
26/08/2020	
Persistance moyenne (en jours)	3,52
Intervalle de confiance à 95 %	[1,29 ; 5,74]

Coefficient d'efficacité de recherche (f)

À la suite des tests d'efficacité de recherche, les analyses statistiques basées sur la sélection de modèles n'ont pas permis de retenir un modèle du fait de l'absence d'une catégorie d'occupation du sol non testée qui est la « déchaume blé ». Nous avons donc sélectionné le modèle complet « **Trouve ~ OCS + Hmoy** » pour réaliser les interpolations. Nous avons ensuite renseigné à dire d'expert les cas de figure manquant (extrapolation) en s'appuyant sur les observations (résultats des tests) et les prédictions du modèle (estimations et interpolations). Nous avons ainsi pu déterminer les probabilités de détection pour tous les cas de figure d'occupations du sol et de hauteurs de végétation rencontrés par l'observateur durant le suivi.

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

Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction	Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
Chaume blé 5cm	0,8 [0,52 ; 0,94]	0,8 [0,6 ; 1]	Estimation	Chaume blé 20cm	0,8 [0,62 ; 0,91]		Interpolation
Plateforme 5cm	0,87 [0,69 ; 0,95]	0,87 [0,73 ; 0,97]	Estimation	Plateforme 20cm	0,87 [0,49 ; 0,98]		Interpolation
Friche 20cm	0,8 [0,62 ; 0,91]	0,8 [0,67 ; 0,93]	Estimation	Friche 25cm	0,8 [0,52 ; 0,94]		Interpolation
Plateforme 0cm	0,87 [0,66 ; 0,96]		Interpolation	Friche 30cm	0,8 [0,41 ; 0,96]		Interpolation
Friche 5cm	0,8 [0,52 ; 0,94]		Interpolation	Déchaume blé 5cm	0,87 [0 ; 1]		Extrapolation
Chaume blé 15cm	0,8 [0,66 ; 0,89]		Interpolation	Déchaume blé 10cm	0,8 [0 ; 1]		Extrapolation
Friche 15cm	0,8 [0,65 ; 0,89]		Interpolation	Déchaume blé 15cm	0,75 [0 ; 1]		Extrapolation

Les taux d'efficacité prédits des zones prospectées ont relativement peu de variation en fonction du recouvrement végétal. Ils sont globalement satisfaisants avec une gamme de valeurs allant

2 Synthèse et analyse des résultats

de 0,75 au minimum (déchaume de blé avec 15 cm de hauteur) à 0,87 au maximum (plateforme avec 5 cm de hauteur) suivant les milieux prospectés.

1.2.2 Estimation de la mortalité

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

La probabilité de détection $P(s,f)$ est modéré de manière générale (entre 0,15 et 0,22 suivant les méthodes) et le coefficient surfacique (a) est assez faible (51% de surfaces prospectées). Par la combinaison des deux, les probabilités globales de détection varient de 0,08 à 0,12, c'est à dire un facteur démultiplicateur de la mortalité observée allant respectivement de 8,53 à 13,07. Ce qui signifie **en ordre de grandeur, que la mortalité probable de l'éolienne est entre 9 et 13 fois plus importante que celle observée suivant la méthode d'estimation sélectionnée. De plus, les intervalles de confiance seront de fait important (détection globale assez faible).**

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

Parc	
Probabilité détection $P(s,f)$	
Huso (2010)	0,22
Erickson et al. (2000)	0,23
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,15
Coefficient correcteur de surface a	
Taux surfaces prospectées pondérées par le temps	0,51
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$	
Huso (2010)	0,11
Erickson et al. (2000)	0,12
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,08

2 Synthèse et analyse des résultats

Estimation de la mortalité des chiroptères

Tableau 13 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes à 95% entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Thimert-Gatelles sur la période du suivi

Estimateurs	Parc
Mortalité observée des chiroptères	2
Huso (2010) [IC 95 %]	17 [4 ; 54]
Erickson et al. (2000) [IC 95 %]	17 [3 ; 52]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95 %]	26 [5 ; 82]

Sur le parc, la mortalité estimée la plus probable des chiroptères est comprise entre 17 et 26 individus sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95 %), les effectifs impactés sont de 3 à 5 individus au minimum et de 52 à 82 individus au maximum ce qui correspond à une incertitude importante.

Les 2 observations ont été réalisées sur 49 jours entre les périodes estivales et automnales (du 17 août au 4 octobre : 1 découverte en août, 1 découvertes en octobre).

Synthèse des résultats du suivi de mortalité

Nombre d'individus morts au cours de la période d'étude (161 jours)

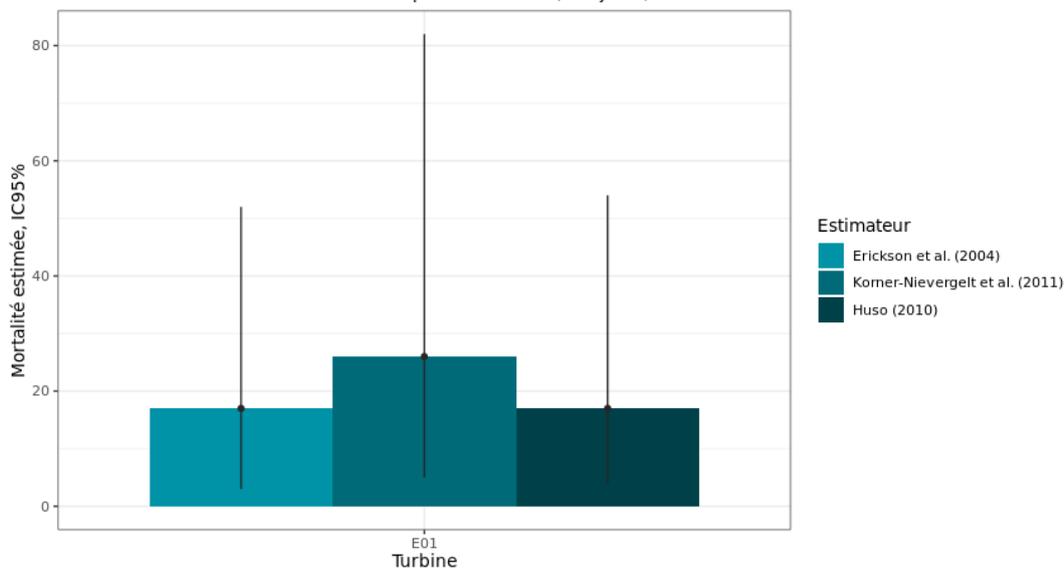


Figure 15 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Thimert-Gatelles au cours du suivi de 2021 sur 161 jours

2 Synthèse et analyse des résultats

Estimation de la mortalité pour l'avifaune

Tableau 14 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Thimert-Gatelles sur la période du suivi

Estimateurs	Parc
Mortalité observée des oiseaux	4
Huso (2010) [IC 95 %]	35 [12 ; 80]
Erickson et al. (2000) [IC 95 %]	34 [12 ; 78]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95 %]	52 [17 ; 121]

Sur le parc, la mortalité estimée la plus probable des oiseaux est de 34 à 52 individus sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95 %), les effectifs impactés sont de 12 à 17 individus au minimum et de 78 à 121 individus au maximum pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude importante.

Les 4 observations ont été réalisées sur 113 jours centrés sur 2 périodes (du 6 juillet au 26 octobre 2020 : 1 découverte en juillet, 1 découverte en août, 1 découverte en septembre et 1 découvertes en octobre).

Synthèse des résultats du suivi de mortalité

Nombre d'individus morts au cours de la période d'étude (161 jours)

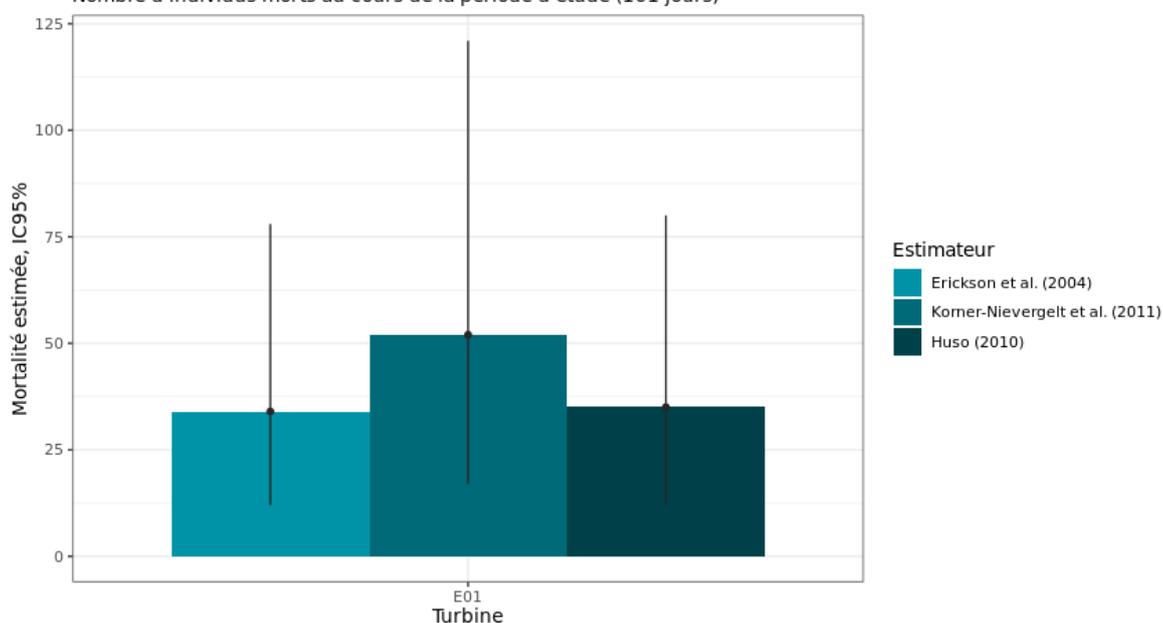


Figure 16 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Thimert-Gatelles au cours du suivi de 2021 sur 161 jours.

2 Synthèse et analyse des résultats

1.3 Synthèse du suivi de mortalité

Le suivi de mortalité mené sur le parc éolien de Thimert-Gatelles entre le 18 mai et le 26 octobre 2021 (1 machine) a conduit à l'observation de 6 cadavres, dont 4 oiseaux (3 espèces) et 2 chauves-souris (1 espèce).

En effet, 3 espèces d'oiseaux (le Faucon crécerelle, le Martinet noir et le Roitelet à triple bandeau) et 1 espèce de chiroptère (la Pipistrelle commune) ont été retrouvés sous l'éolienne du parc suivi.

La majorité des spécimens d'oiseaux observés concernent le Martinet noir (2 individus), le Roitelet à triple bandeau (1 individu) ainsi que le Faucon crécerelle (1 individu). Il s'agit avant tout d'espèces migratrices dont les dates de découverte coïncident avec le passage de ces espèces sur la région (1 Martinet noir au mois d'août et 1 Roitelet à triple bandeau en septembre et 1 Faucon crécerelle en octobre). Un Martinet noir a été retrouvé début juillet, il s'agit possiblement d'un individu en chasse sur le secteur en période de reproduction. Pour le Faucon crécerelle, il a été observé en période de migration (octobre). Il s'agit possiblement d'un individu sédentaire en chasse sur le secteur ou un individu en migration. L'ensemble des spécimens de chiroptères observés (2 individus) concernent la Pipistrelle commune.

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

Les cadavres ont été localisés à des distances comprises entre 10 m (Martinet noir et Faucon crécerelle) et 45 m du mât (Martinet noir) pour les oiseaux, et à 30 m pour les deux chiroptères (Pipistrelles communes).

Deux tests de persistance des cadavres ont été réalisés, avec l'utilisation d'un total de 20 rats. Lors de ces tests, les vitesses de disparitions des cadavres déposés ont été assez variables d'une date à l'autre, avec des temps moyens de persistance variant de 14,38 jours (24 mai 2021) à 3,52 jours (2 août 2021). Ces tests réalisés avec des rats de petites tailles ont pour objectif principal de bien cerner la vitesse de disparition des chiroptères et petits passereaux (la vitesse de disparition étant plus proche de la fréquence de passage pour les espèces les plus grosses comme le Faucon crécerelles).

Des estimations de la mortalité ont été réalisées pour l'éolienne du parc, sur la durée du suivi (161 jours).

L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de **17 à 26 cas de mortalité de chiroptères** sur la période de suivi, où les observations se concentrent sur 49 jours entre le premier cadavre trouvé et le dernier.

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

Concernant l'avifaune, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de **de 34 à 52 cas de mortalité d'oiseaux** sur la période de suivi pour quatre oiseaux observés, où les observations se concentrent sur 4 jours soit le 06 juillet, le 17 août, le 20 septembre et le 26 octobre 2021. Pour les oiseaux, il est probable que les estimations

2 Synthèse et analyse des résultats

de mortalité soient surévaluées du fait des espèces observées. Un cadavre sur les quatre découverts est plus gros que les rats utilisés pour les tests (Faucon crécerelle).

Faute de référentiel, il est complexe de conclure et d'évaluer l'impact de l'unique éolienne du parc de Thimert-Gatelles en fonctionnement sur la conservation des espèces d'oiseaux et de chiroptères. On constate toutefois que la mortalité la plus probable estimée sur le parc semble supérieure aux résultats fournis par la bibliographie que ce soit pour les chauves-souris ou les oiseaux. En effet, l'estimation de la mortalité la plus probable **pour les chiroptères est de 17 à 26 cas** et de **34 à 52 cas pour les oiseaux**. Néanmoins, **ces résultats sont à relativiser au regard des surfaces prospectées faible** (valeur médiane des surfaces prospectables est de 25%) **et des incertitudes qui en découle**.

Au vu des résultats estimatifs du premier suivi de mortalité de ce parc, il semble essentiel de définir une reconduite des suivis en 2022 et/ou des modalités de fonctionnement du parc éolien permettant de confirmer ou non les résultats de 2021 et réduire la mortalité induite, si cela s'avère nécessaire. **Nous invitons le maître d'ouvrage à contacter les services de l'Etat en charge de l'inspection des parcs éoliens afin de discuter de la marche à suivre pour 2022**

Cela peut passer par la mise en place d'un nouveau suivi de la mortalité en 2022, sur la même période que celle réalisé en 2021 (semaine 20 à semaine 43). **Cette nouvelle campagne de suivi mortalité en 2022** permettrait de valider les résultats obtenus, aussi bien pour les aspects quantitatifs (estimations de la mortalité) que qualitatifs (phénologie de la mortalité, espèces contactées), et confirmer la bonne mise en place des mesures correctives.

Dans cet objectif, il serait également utile de **prévoir un suivi acoustique en 2022** en parallèle du suivi mortalité et du bridage de l'éolienne pour disposer d'un point de comparaison de l'activité des chiroptères avec le suivi mortalité. Ceci serait nécessaire pour pouvoir comparer le résultat des écoutes (en volume d'activités et les espèces concernées) avec le suivi mortalité et permettre de lever d'éventuelles incertitudes.

La reconduite du suivi peut également être accompagné par la mise en place d'un asservissement préventif adapté au comportement des chauves-souris. Dans le cadre de cette étude, l'absence d'écoute en altitude de l'activité des chauves-souris en même temps que le suivi mortalité ne permet pas d'évaluer et définir des paramètres propres au niveau d'activité chiroptérologique du parc. Cette mesure serait aussi possiblement bénéfique pour les oiseaux et notamment les passereaux migrateurs nocturnes dont une espèce fait partie de cette catégorie.

Le suivi mortalité et les écoutes en 2022 permettraient d'aider à évaluer l'efficacité des mesures de bridage sur les observations/estimations de mortalité. Il est à noter que la mise en place de ce suivi en altitude en parallèle avec le suivi mortalité permettrait d'être conforme aux attentes du « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » paru en mars 2018.

Pour aller encore plus loin dans la précision des estimations, une démarche de concertation avec les exploitants agricoles locaux et de gestion des milieux sous l'éolienne serait une réelle plus-value. Cela permettrait d'améliorer significativement l'efficacité de recherche globale des surfaces à prospecter et ainsi de réduire au minimum les incertitudes des estimations.

De même, le fait de n'avoir qu'une seule éolienne implique également une contrainte statistique assez forte. Il serait pertinent de réaliser une session de tests supplémentaire aussi bien pour évaluer l'efficacité de recherche que pour la prédation. Ainsi les trois sessions de tests seraient à répartir de manière homogène sur l'ensemble du suivi (mi-juin / mi-août / mi-octobre).

2 Synthèse et analyse des résultats

2 Facteurs d'impact et mesures correctives

2.1 Analyse croisée avec l'étude d'impact

Le tableau ci-dessous fait le bilan des espèces identifiées dans l'étude d'impact de 2004 comme étant susceptibles d'être impactées par le projet ainsi que des espèces découvertes durant la réalisation du suivi mortalité de 2021.

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

Espèces	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial	Nombre de cas de mortalité en 2020	Analyse comparative
Oiseaux			
Roitelet à triple bandeau	Espèce contactée en période de nidification et de migration	1 individu	L'étude d'impact avait identifié ces deux espèces et avait conclu à risque de collision avec un niveau d'impact faible.
Faucon crécerelle	Espèce contactée en période de nidification, de migration et d'hivernage	1 individu	
Martinet noir	Espèce non contactée	2 individus	Espèce non contactée et donc non évaluée dans l'étude d'impact
Chiroptères			
Pipistrelle commune	Le groupe des chauves-souris n'a pas fait l'objet de campagne d'inventaire. La Pipistrelle commune a été jugé comme pouvant occasionnellement venir sur le site	2 individus	L'étude d'impact avait identifiée l'espèce comme pouvant fréquenter le site et signalé l'existence de cas de collisions dans la bibliographie, mais le niveau d'impact n'a pas été évalué.

De manière générale, l'étude d'impact de 2004 n'avait pas relevé de sensibilité particulière au risque de collision aussi bien pour les oiseaux que pour les chiroptères. L'impact du parc par collision d'individus avait été jugé comme faible.

L'étude d'impact datant de 2004, la biodiversité dans ce secteur a certainement évolué, et surtout les techniques d'expertises et les connaissances sur les chauves-souris et les oiseaux ont progressé. Il est difficile de faire une réelle comparaison entre le suivi de cette année et les effectifs d'espèces contactés à l'époque ou encore les évaluations effectuées en 2004.

2 Synthèse et analyse des résultats

3 Mesures correctives

Ce rapport constitue l'analyse du premier suivi effectué sur ce parc mis en service en 2016. Les résultats de mortalité de ce suivi indiquent des estimations de mortalité importantes pour les chiroptères et les oiseaux mais avec des incertitudes importantes. Au regard de ces résultats, il nous semble malgré tout nécessaire de mettre en œuvre de mesures de réduction de la mortalité (asservissement) et la réalisation d'investigations complémentaires.

Les mesures pouvant être mise en œuvre en 2022 sont les suivantes :

Mesures de réduction

En l'absence de référentiel, il est difficile de conclure sur le fait qu'il faille ou non mettre en place un bridage lorsque peu de cadavres sont retrouvés lors du suivi mortalité mais que les estimations de mortalité, prenant en compte les coefficients correcteurs, sont plus conséquentes. A partir de quel seuil se base-t-on pour imposer/conseiller un bridage des éoliennes ?

Nous vous proposons les recommandations suivantes :

Bridage éolien en fonction de l'activité chiroptérologique

Dans le cas du parc de Thimert-Gatelles, pour le moment aucun bridage n'a été mis en place jusqu'à présent. Les résultats du suivi de mortalité de 2021 montrent une mortalité des chauves-souris concentrée sur la période de migration automnale (1 cas en août et 1 cas en octobre) pour ce groupe (en l'absence de suivi réalisé lors de la migration printanière).

Dans le cadre de ce suivi aucune évaluation de l'activité des chauves-souris n'a été mis en place en parallèle du suivi de la mortalité en 2021, conformément aux attentes du « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » paru en mars 2018. Ce type d'évaluation permet de comparer l'activité des chauves-souris en fonction des conditions météorologique et saisonnière nécessaire à la définition des seuils de fonctionnement du bridage. L'absence d'écoute en altitude de l'activité des chauves-souris ne permet pas de définir des paramètres adaptés au fonctionnement du parc. Les seuils pouvant être proposé sont ceux réalisés à minima en région Centre-Val-de-Loire et conseillés par la DREAL en région Centre-Val-de-Loire en l'absence d'écoute en altitude.

Tableau 16 : Scénario de bridage

Scénario	
Période de mise en service du bridage	Du 1 ^{er} août au 31 octobre, correspondant à la période de migration automnal des chiroptères en altitude.
Seuil de vent	Par des vitesses de vents inférieures à 6 m/s
Nombre d'heures durant la nuit	L'ensemble de la nuit

Un suivi en altitude de l'activité des chauves-souris en 2022 permettrait de vérifier l'effet du bridage sur la mortalité tout en ayant les données d'activité permettant d'adapter le bridage aux conditions d'utilisation du parc par les chauves-souris.

2 Synthèse et analyse des résultats

Cette mesure correctrice aura certainement également un effet positif sur la mortalité des passereaux en migration, car de nombreuses espèces migrent la nuit.

Entretien rigoureux des plateformes

Il est important que les plateformes des éoliennes ne soient pas attractives pour le petit gibier de plaine ou les insectes, afin d'éviter d'attirer les prédateurs que sont les oiseaux de type « rapaces » ou les chauves-souris espèces sensibles aux risques collision.

Afin d'éviter une telle attractivité, une fauche régulière ou un empierrement des plateformes seront préconisés. Il est également préférable d'éviter tout dépôt de fumier, terre ou ballots de paille, ... en dessous de l'éolienne pouvant favoriser la présence d'insectes apprécié par les chauves-souris. Ceci devra être validé avec l'exploitant agricole.

Reconduire les suivis mortalité en 2022

Les résultats de suivi de mortalité 2021 et les incertitudes observées nécessite la réalisation d'investigations complémentaires en 2022. Ainsi, il est recommandé de poursuivre un suivi mortalité sur la même période. De plus, il serait nécessaire de réaliser en parallèle un suivi acoustique en nacelle.

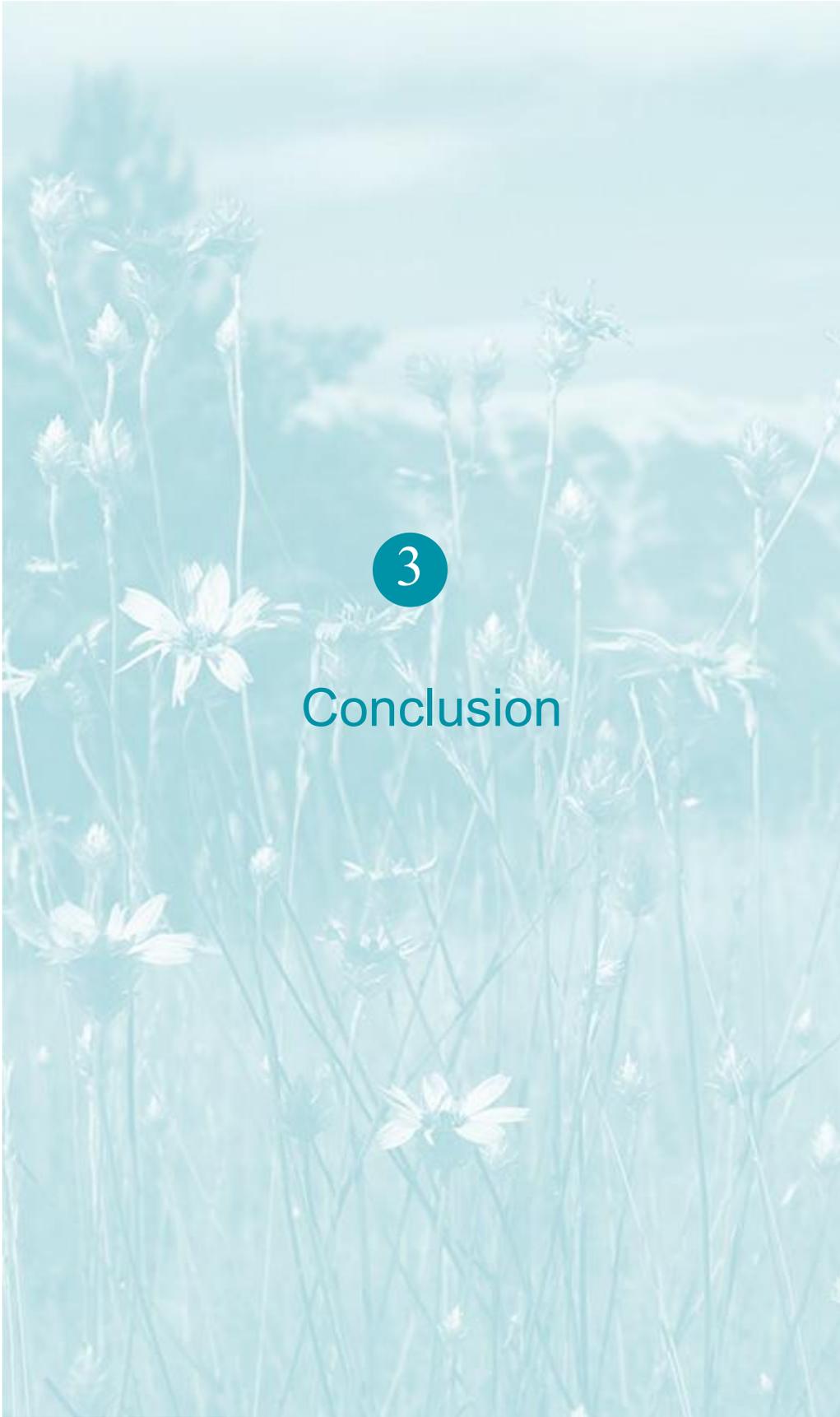
Les objectifs de la reconduction des suivis mortalité et de la mise en place d'un suivi acoustique sont de 1) vérifier les taux de mortalités du parc en 2022, 2) évaluer la nécessité ou l'efficacité des mesures de réductions mises en œuvre en 2022 et 3) d'utiliser le suivi acoustique de 2022 comme contrôle du niveau d'activité chiroptérologique pour affiner le modèle de bridage si nécessaire.

Amélioration les conditions de prospections pendant le suivi 2022

Pour le suivi mortalité à réaliser en 2022, il est très important de pouvoir augmenter les probabilités de détection globales lors des prochains suivis de mortalité pour améliorer la précision des estimations. Pour ce faire, il est important d'augmenter le taux de surfaces prospectées et d'améliorer la détection des parcelles prospectées. Pour que l'efficacité de recherche ne soit pas en dessous de 80%, les tests réalisés en 2021 montrent que la hauteur maximale de la végétation ne doit pas dépasser 20cm environ.

Il faudrait ainsi maintenir une occupation du sol avec une hauteur végétation inférieure à 20 cm dans les aires d'études à prospector par une gestion et/ou une occupation du sol appropriée.

Par exemple, tous les secteurs herbacés proches de la plateforme et de l'éolienne devraient être gérés fréquemment (friches, prairie semée). Les zones cultivées pourraient être, quant à elles, plantées en ray-grass ou en luzerne par exemple (culture peu dense) sur tout ou partie des zones à prospector (50 m de l'éolienne) et les maintenir à moins de 20cm par des fauches régulières. Les interventions mécaniques (fauche, labour, moisson...) doivent se réaliser en coordination avec le suivi : 1) le jour suivant la prospection (à caler avec l'entreprise en charge du suivi) pour éviter de détruire les cadavres, juste avant les passages et 2) en dehors des périodes de tests de prédation (l'entreprise en charge du suivi devant fournir les éléments de démarrage et de fin des tests).



3

Conclusion

3 Conclusion

Le parc éolien de Thimert-Gatelles se situe dans le département de l'Eure-et-Loir (28), en région Centre-Val de Loire. Il a été mis en service en 2016 et comprend une seule éolienne ENERCON E82 de 2 MW de puissance unitaire.

En 2021, lors du suivi mortalité, 6 cadavres dont 4 oiseaux (3 espèces) et 2 chauves-souris (1 espèce) ont été observés lors des 23 semaines de suivi mortalité qui s'étendait du 18 mai au 26 octobre 2021.

Sur l'ensemble du suivi les zones prospectées ont subi de forte évolution de l'occupation du sol et de la hauteur de végétation ce qui a été une forte contrainte dans la recherche de cadavres (hauteurs de végétation des cultures mais aussi des espaces enherbés en dessous des éoliennes). La prédation semble variable sur ce parc au pied de l'éolienne du parc. La persistance est comprise entre 14 jours et 4 jours entre le premier et second test. A ces coefficients correcteurs s'ajoute également le coefficient d'efficacité de recherche. Ainsi les probabilités globales de détection calculées sont faibles et les estimations de mortalité qui intègrent ces facteurs sont importantes pour les oiseaux et les chauves-souris.

Le protocole mis en place dans le cadre de ce suivi mortalité est en cohérence avec le protocole national de 2018 et votre cahier des charges mais ne suit pas les recommandations spécifiées au niveau national. En effet le protocole national préconise la réalisation d'un suivi de l'activité en altitude des chauves-souris en parallèle du suivi mortalité lorsqu'aucun suivi en altitude n'a été effectué dans le cadre de l'étude d'impact. Lors de l'étude d'impact qui est ancienne (2004), aucune écoute en altitude n'a été réalisée. Et aucune sensibilité particulière pour le groupe des chauves-souris n'y avait été identifiée. Concernant les oiseaux, des enjeux liés à la sensibilité des oiseaux observée, à la période d'observation et au risque de collision avait été mise en évidence.

Concernant les oiseaux retrouvés aux pieds des éoliennes en 2021 (4 individus), il s'agit avant tout d'espèces migratrices dont les dates de découverte coïncident avec le passage de ces espèces sur la région (1 Martinet noir au mois d'août et 1 Roitelet à triple bandeau en septembre et 1 Faucon crécerelle en octobre). Un Martinet noir a été retrouvé début juillet, il s'agit possiblement d'un individu en chasse sur le secteur en période de reproduction. Pour le Faucon crécerelle, il a été observé en période de migration (octobre). Il s'agit possiblement d'un individu sédentaire en chasse sur le secteur ou un individu en migration.

Concernant l'avifaune, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 34 à 52 cas de mortalité d'oiseaux sur la période de suivi pour l'unique éolienne de ce parc.

Pour les chauves-souris, une seule espèce a été découverte (Pipistrelle commune) durant le suivi de mortalité. Deux individus ont été comptabilisés en période de transit et dispersion (fin d'été et automne). L'absence d'écoute en altitude en parallèle ne permet pas de comparer les niveaux d'activité en altitude avec les découvertes au pied de l'éolienne.

L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité totale la plus probable des chiroptères compris entre 17 et 26 individus sur la durée du suivi pour l'ensemble du parc composé d'une seule éolienne.

Que ce soit pour les oiseaux ou les chauves-souris, **ces résultats sont à relativiser au regard des faibles surfaces prospectées** (valeur médiane des surfaces prospectables est de 25%) **et des incertitudes importantes des estimations qui en découlent.**

Nous vous conseillons donc d'échanger avec les services instructeurs sur ces résultats et les recommandations de suivi et de mise en œuvre ou non de mesure en 2022.

Actuellement, aucun bridage de l'éolienne du parc n'est mis en place. Nous recommandons à l'exploitant du parc de mettre en place une mesure corrective de bridage de l'éolienne avec les paramètres préconisée par la DREAL Centre-Val-de-Loire en l'absence de suivi en altitude des chauves-souris. Les paramètres proposés sont entre le 01/08 et le 31/10, sur l'ensemble de la

3 Conclusion

nuit et par des vents inférieurs à 6 m/s. Si la recommandation de bridage est enclenchée par l'exploitant du parc de Thimert-Gatelles, il sera judicieux de poursuivre en 2022 les suivis mortalité débutée en 2021. En 2021, aucun un suivi de l'activité acoustique en nacelle des chauves-souris n'a été mis en place en parallèle du suivi de la mortalité. En 2022, conformément aux attentes du « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » paru en mars 2018, nous recommandons de réaliser ce type de suivi acoustiques en parallèle du suivi de la mortalité.

Afin d'améliorer les coefficients correcteurs et de mieux prospecter la zone, nous recommandons également de maintenir une occupation du sol avec une hauteur végétation inférieure à 20 cm dans les aires d'études prospectées par une gestion et une occupation du sol appropriées. Il conviendrait d'entamer des discussions avec les exploitants agricoles pour favoriser un couvert bas sur les zones de suivi autour de l'éolienne. Il est nécessaire au minimum de maintenir une hauteur de végétation adapté au suivi mortalité au niveau de la plateforme et des friches localisées au pied de l'éolienne afin de limiter les incertitudes liées aux surfaces prospectées.

4

Bibliographie

4 Bibliographie

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

INSTITUT D'ÉCOLOGIE APPLIQUÉE, 2009. Etude d'impact. Projet de parc éolien. Commune de Pierrefitte-ès-Bois. 140 p.

4 Bibliographie

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

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

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

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

MINISTERE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET SOLIDAIRE, 2018. Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestre – Révision du protocole de 2015. 19p.

NATURE CENTRE, CBNBP, 2014. Livre rouge des habitats naturels et des espèces menacés de la région Centre. Nature Centre ed., Orléans. 504 p.

PREFET DU LOIRET, 2021. Arrêté actualisant les prescriptions applicables au parc éolien exploité par la société EOLE PIERREFITTE-ES-BOIS à PIERREFITTE-ES-BOIS. 4p.

PREFET DU LOIRET, 2019. Arrêté portant modification des conditions d'exploitation d'une installation de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent. Société EOLE PIERREFITTE-ES-BOIS. Parc éolien de PIERREFITTE-ES-BOIS. 8p.

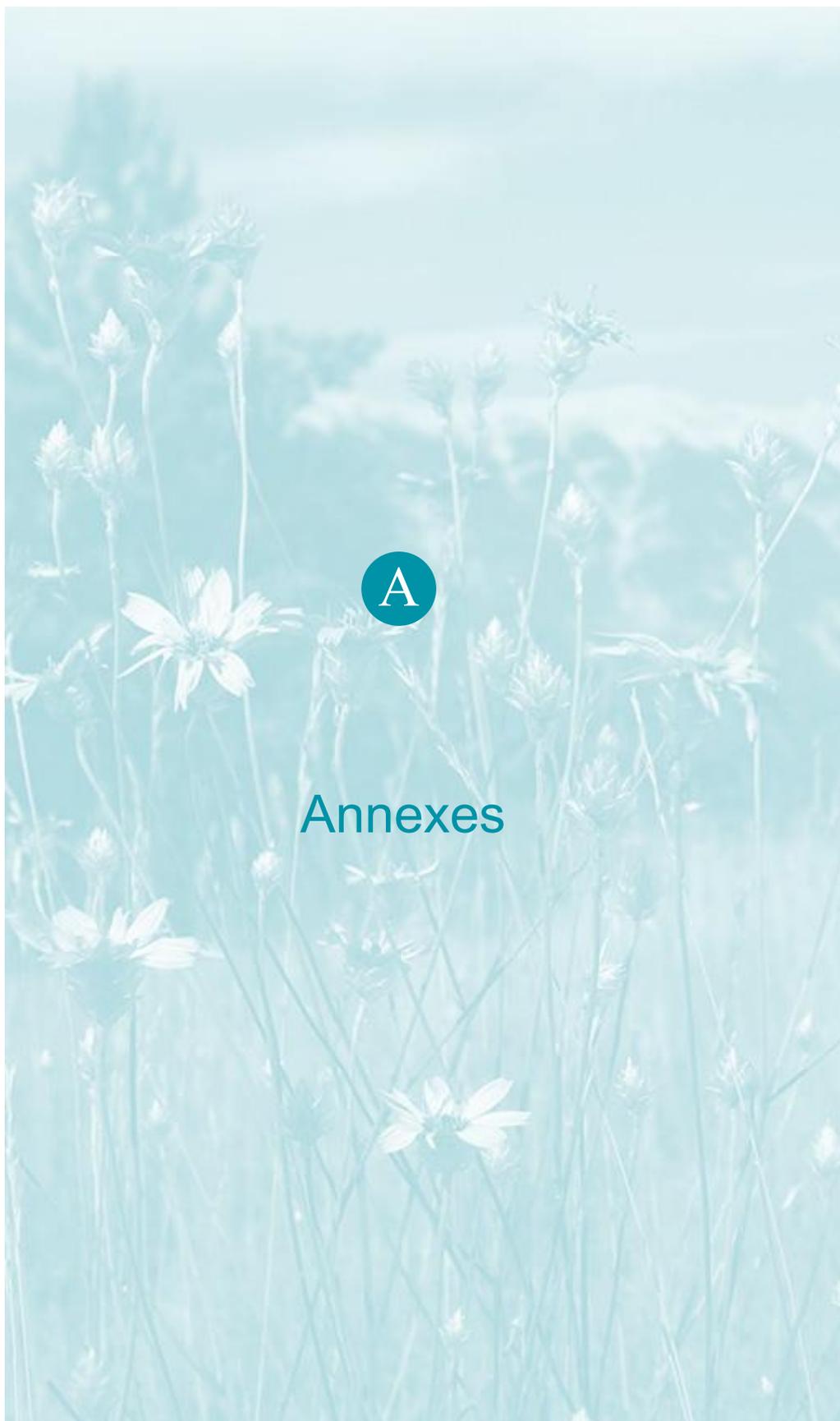
RYDELL, J, OTTVALL, R, PETTERSSON, S, & GREEN M. (2017) The effects of wind power on birds and bats, an updated synthesis report 2017, Swedish Environmental Protection Agency. ISBN 978-91-620-6791-5, ISSN 0282-7298, 129p.

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

UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2017. La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France.

Site internet :

DURR, 2020 et 2021. Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Vögel und Fledermäuse « Impacts des éoliennes sur les oiseaux et les chauves-souris, compilation de données à l'échelle européenne » : <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwarte/arbeitsschwerpunkte/auswirkungen-von-windenergieanlagen-auf-voegel-und-fledermaeuse/>



A

Annexes

A Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

Tableau 17 : Résultats du suivi mortalité

Date prospection	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne
06/07/2021	<i>Apusapus</i>	Martinet noir	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	10 m
17/08/2021	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Sec	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	30 m
17/08/2021	<i>Apus apus</i>	Martinet noir	Sec	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	45 m
20/09/2021	<i>Regulus ignicapilla</i>	Roitelet à triple bandeau	Sec	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	25 m
01/10/2021	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	30 m
26/10/2021	<i>Falco tinnunculus</i>	Faucon crécerelle	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec mât	10 m



Siège social :
22 boulevard Maréchal Foch - BP58 - F-34140 Mèze
Tél. : +33(0)4 67 18 46 20 - Fax : +33(0)4 67 18 65 38 - www.biotope.fr