



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

SPETG
septembre 2024

**Suivi de mortalité de
l'avifaune et des
chiroptères sur les mois
de mai à octobre 2023**

Citation recommandée	Biotope, 2023, Parc éolien de Thimert-Gâtelles, commune de Thimert-Gâtelles (28), Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères sur les mois de mai à octobre 2023. SPETG. 62 p.	
Version/Indice	V1	
Date	septembre 2024	
Nom de fichier	SPTEG_Thimert_Gatelles_Mortalite_Biotope_V1	
Référence dossier	2024196	
Maître d'ouvrage	SPETG	
Interlocuteurs	Antoine SAGLIO	Contact : antoine@saglio.fr
Biotope, Rédaction de l'étude	Julien TRANCHARD	Contact : jtranchard@biotope.fr Tél : 06 35 46 29 01
Biotope, Contrôleur qualité	Nicolas CARENTON	Contact : ncarenton@biotope.fr Tél : 04 67 18 67 77

Avant-propos

Le parc éolien de Thimert-Gâtelles (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 2023, ainsi que pour la réalisation d'une écoute des chiroptères en nacelle conformément au protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (révision 2018).

Un précédent suivi avait déjà été effectué par BIOTOPE durant l'année 2021. Cependant, dans le cadre de ce suivi post-implantation, la société SPETG n'avait pas souhaité mettre en place le suivi d'écoute en altitude.

Le présent document présente les résultats du suivi mortalité réalisée en 2023 par le bureau d'études BIOTOPE. L'objectif de ce suivi est d'estimer les taux de mortalité des chauves-souris et des oiseaux, liés à l'exploitation du parc éolien de Thimert-Gâtelles.

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.



Sommaire

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques	9
1 Contexte – présentation du parc et données historiques	10
1.1 Présentation du parc	10
1.2 Rappel des enjeux de l'étude d'impact	11
1.3 Rappel des suivis antérieurs	12
2 Méthodologie appliquée	13
2.1 Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national	13
2.2 Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées	14
2.3 Conditions de réalisation du suivi de mortalité	17
2.4 Équipe de travail	20
2 Synthèse et analyse des résultats	21
1 Résultats du suivi de mortalité	22
1.1 Résultats bruts	22
1.2 Analyse des résultats	28
1.3 Synthèse du suivi de mortalité	36
2 Facteurs d'impact et mesures correctives	38
2.1 Analyse croisée avec l'étude d'impact	38
2.2 Comparaisons interannuelles des effets du parc sur la faune volante	39
2.3 Comparaison des estimations de mortalité	42
2.4 Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères	46
3 Mesures correctives	50
3.1 Entretien rigoureux des plateformes	50
3 Conclusion générale	51
4 Bibliographie	53
Annexes	56

Liste des tableaux

Tableau 1 : Historique des suivis ICPE réalisés sur le parc de Thimert-Gâtelles depuis sa mise en service (2016)	12
Tableau 2 : Prospections de terrain et informations météorologiques	17

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).	19
Tableau 4 : Équipe de travail	20
Tableau 5 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 09/08/2023 ; Dürr, 2023), les données régionales de la DREAL (mis à jour le 21/09/2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope 2022 pour des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine. Les valeurs entre parenthèses correspondent au nombre de cadavres brut.	26
Tableau 6 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Thimert-Gâtelles	26
Tableau 7 : Bilan de l'occupation du sol pour l'unique éolienne sur l'ensemble de la période de suivi. Représentation en pourcentage des surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées par éolienne et pour le parc sur l'ensemble de la période de suivi (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).	29
Tableau 8 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 24 passages	31
Tableau 9 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les quatre tests de persistance pour l'unique éolienne. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.	32
Tableau 10 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation	34
Tableau 11 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Thimert-Gâtelles sur la période du suivi	34
Tableau 12 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Thimert-Gâtelles sur la période du suivi	35
Tableau 13 : Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité	38
Tableau 14 : Croisement des informations sur les espèces impactées issues des deux années de suivi mortalité (2021 et 2023)	39
Tableau 15 : Croisement des informations sur l'estimation de la mortalité issues des deux années de suivi mortalité	42
Tableau 16 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Thimert-Gâtelles sur la période du suivi 2021.	43
Tableau 17 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Thimert Gatelles sur la période du suivi 2023	43

Tableau 18 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Thimert-Gâtelles sur la période du suivi 2021	44
Tableau 19 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Thimert-Gâtelles sur la période du suivi 2023	45
Tableau 20 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces	49
Tableau 21 : Résultats du suivi mortalité 2021	57

Liste des illustrations

Figure 1 : Eolienne de Thimert-Gatelles, le 15 mai 2023	10
Figure 2 : Situation et disposition de l'éolienne de Thimert-Gatelles	11
Figure 3 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope	19
Figure 4 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Thimert-Gatelles	22
Figure 5 : Présentation des photographies des cadavres découverts. De gauche à droite : Alouette des champs, Faucon crécerelle et Pigeon ramier. A noter que dans les trois cas, les cadavres ont été découverts dans un état fragmentaire. © Biotope	22
Figure 6 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Thimert-Gatelles	23
Figure 7 : 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.	24
Figure 8 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation	24
Figure 9 : Projection de « quantile de mortalité » en fonction de la mortalité brute du parc de Thimert-Gâtelles à travers la répartition empirique du nombre de cadavres découverts sur les parcs éoliens suivis par Biotope entre 2019 et 2022.	27
Figure 10 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi	29
Figure 11 : Occupation du sol pour l'éolienne du parc de Thimert-Gâtelles (de gauche à droite) le 1 mai (premier passage), le 31 juillet (passage 12) et le 24 octobre 2023 (passage 24)	30
Figure 12 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. En haut : évolution du pourcentage de surface prospectée par passage. En bas : synthèse (boite à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum).	30

Figure 13 : Durées de persistances moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de préation	32
Figure 14 : Estimations du taux d'efficacité de recherche observés et prédits en fonction de la hauteur de végétation. Les résultats des tests sont présentés en noir sur les graphiques (moyennes et intervalles de confiance non paramétrique à 95 %). Les prédictions du modèle sont affichées en bleu (moyennes et intervalles de confiance à 95 % bleu clair) pour les estimations (points « bleu », les tests réalisés), les interpolations et les extrapolations (occupations du sol non testées, respectivement les triangles et les carrés) pour les années 2021 et 2023.	33
Figure 15 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Thimert-Gâtelles au cours du suivi de 2023 sur 162 jours	35
Figure 16 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Thimert-Gâtelles au cours du suivi de 2023 sur 162 jours	36
Figure 17 : Evolution de la mortalité brute globale (chiroptères et oiseaux) observée au cours des deux années de suivi (2021 et 2023) – analyse sur la même période de mi-mai à fin octobre	40
Figure 18 : Zoom spécifique sur l'évolution de la mortalité brute des oiseaux observée au cours des deux années de suivi (2021 et 2023) – analyse sur la même période de mi-mai à fin octobre	41
Figure 19 : Bilan de la mortalité la plus probable (et intervalle de confiance à 95%) pour les suivis 2021 et 2023 sur le parc de Thimert-Gâtelles de 2021 à 2023 pour les chiroptères	43
Figure 20 : Bilan de la mortalité la plus probable (et intervalle de confiance à 95%) pour les suivis 2021 et 2023 sur le parc de Thimert-Gâtelles de 2021 à 2023 pour les chiroptères	44
Figure 21 : Bilan de la mortalité la plus probable (et intervalle de confiance à 95%) sur le parc de Thimert-Gâtelles de 2021 à 2023 pour les oiseaux	45
Figure 22 : Bilan de la mortalité la plus probable (et intervalle de confiance à 95%) sur le parc de Thimert-Gâtelles de 2021 à 2023 pour les oiseaux	46
Figure 23 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau de l'éolienne de Thimert-Gâtelles sur la période de réalisation du suivi mortalité	47
Figure 24 : Espèces de chiroptères identifiées par le suivi acoustique en nacelle sur la période de réalisation du suivi mortalité	48
Figure 25 : Actogramme toutes espèces de chiroptères confondues sur la période du suivi de mortalité. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin)	49
Figure 26 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018	59
Figure 27 : Schéma de la surface-échantillon à prospector (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).	59

Annexes

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres lors du suivi 2023	57
Annexe 2 : Détails des arrêtés relatifs aux installations de production d'électricité	58
Annexe 3 : Détails sur les méthodes d'inventaires attendues à l'échelle nationale	59
Annexe 4 : Détails sur les coefficients correcteurs et des méthodes statistiques	60

1

Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



*Suivi de mortalité de l'avifaune
et des chiroptères sur les mois
de mai à octobre 2023*

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1.1 Présentation du parc

Le parc éolien de Thimert-Gâtelles 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 disposent d'un rotor de 82 m de diamètre.

Le parc de Thimert-Gâtelles se situe au sein d'une plaine agricole de polyculture. A noter la présence d'une parcelle boisée et, depuis 2022, d'une unité de compostage à proximité de l'aire d'étude.



Figure 1 : Eolienne de Thimert-Gâtelles, le 15 mai 2023

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



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

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 2023. On notera tout de même que les données mentionnées dans l'étude d'impact se font anciennes (données supérieures ou égales à 20 ans).

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. On dénombre 29 espèces utilisant 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 national 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.

1.3 Rappel des suivis antérieurs

1.3.1 Suivis ICPE antérieurs

En 2021, un suivi mortalité a déjà été réalisé au niveau du parc éolien de Thimert-Gâtelles. Le tableau suivant synthétise les actions menées par année ainsi que les principaux résultats obtenus.

Tableau 1 : Historique des suivis ICPE réalisés sur le parc de Thimert-Gâtelles depuis sa mise en service (2016)

Année de suivi	Type de suivi	Périodes couvertes par le suivi	Tests	Bridage du parc	Résultats du suivi mortalité	
					Données brutes de cadavres	Estimations de mortalité (selon HUSO)
2021	Suivi de la mortalité selon le protocole national	18 mai au 26 octobre 2021, soit 24 passages hebdomadaires (S20 à S43)	2 tests de prédatation et 2 tests d'efficacité	Non	4 oiseaux 2 chauves-souris	Oiseaux : 35 Chauves-souris : 17

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

Dans le cadre du suivi mortalité réalisé en 2023, les prospections ont été réalisées sur 24 passages entre les semaines S20 et S43 et la seule éolienne du parc a été suivie sur toute la période.

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

Le protocole national précise que le suivi de mortalité sera constitué d'au minimum 20 visites réparties entre les semaines 20 et 43 en fonction des risques identifiés dans l'étude d'impact, de la bibliographie et de la connaissance du site (Annexe 3, Figure 26). Pour le nombre d'éoliennes à surveiller, il recommande de suivre toutes les éoliennes pour les parcs de 8 éoliennes ou moins, et pour les parcs de plus de 8 éoliennes, appliquer la formule suivante : (nombre d'éoliennes -8) /2.

La collecte de données implique de prospecter une surface-échantillon définie, généralement un carré de 100 m de côté ou un cercle couvrant au moins un rayon égal à la longueur des pâles avec un minimum de 50 m (Annexe 3, Figure 27). La méthode de recherche consiste en des transects à pied avec des espacements dépendants du couvert végétal. Les résultats sont soumis à des tests de correction, y compris un test d'efficacité de recherche et un test de persistance des cadavres.

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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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-Gâtelles. 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 préation/décomposition, activités agricoles du travail du sol) qui requièrent la définition de coefficients correcteurs à différentes périodes de l'année, sous peine de rendre potentiellement inexploitables les données issues du suivi de mortalité.

Dans le cadre de ce travail et conformément aux directives du protocole national, nous réaliserons les différentes analyses permettant d'estimer indépendamment la mortalité pour les chiroptères et les oiseaux, suivant les formules de : **Erickson et al., 2000 / Huso, 2010 / Korner-Nievergelt et al. 2011.**

Détermination des coefficients correcteurs

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

- **Les tests de persistance** permettent de mesurer la vitesse de disparition des cadavres (préation, charronnage, décomposition des cadavres) et donc le temps de persistance des cadavres une fois au sol. Ce facteur peut fortement varier dans le temps et l'espace. Les causes de disparition peuvent être multiples, soit par prélevement (Renard roux, rapaces, corvidés, etc.) soit par l'action des insectes nécrophages (carabes, mouches, etc.).
- **Les tests d'efficacité des recherches** permettent de prendre en considération les difficultés des observateurs à repérer les cadavres tombés au sol. Ce coefficient est fortement influencé par l'évolution de l'occupation du sol, d'une part, ainsi que par la taille/couleur des cadavres (Barrientos et al., 2018 ; Reyes et al., 2016 ; Smallwood, 2007), d'autre part. Il est également variable en fonction des observateurs (capacités de détection propres, Ponce et al., 2010). Pour limiter l'effet observateur, il est important que les recherches soient, dans la mesure du possible, réalisées par un observateur unique. Ces tests doivent être réalisés au cours du suivi pour permettre d'évaluer la capacité de détection de l'observateur dans un maximum de modalités d'occupation du sol afin de limiter les extrapolations.

La détermination de coefficients correcteurs répétée selon les périodes de l'année constitue le principal élément permettant d'exploiter de façon fiable les résultats des suivis de mortalité par recherche de cadavres. Ces coefficients sont essentiels pour tirer des informations

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

scientifiquement recevables du suivi de mortalité. **En l'absence de coefficients robustes, aucune conclusion ne peut être envisagée quant à la mortalité effective engendrée par le parc éolien.**

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

Méthodes statistiques et incertitudes

- Évaluation du coefficient moyen de persistance des cadavres

Afin d'estimer au mieux le coefficient, nous avons repris la démarche développée dans le package R « *carcass* » (Korner-Nievergelt et al. 2015), repris également par l'estimateur de Korner-Nievergelt (2011) ou encore « *GenEst* » (Dalthorp et al. 2018), c'est-à-dire l'utilisation d'un modèle de survie classique pouvant utiliser comparativement quatre lois de distribution possibles parmi : "exponential", "weibull", "lognormal" et "loglogistic". Ces distributions classiques décrivent de manière différente la vitesse à laquelle disparaissent les cadavres au cours du temps. Ainsi, cela permet de s'appuyer sur une de ces distributions pour prédire au plus juste la réalité observée lors des tests de prédatation en fonction du type de leurre déployé (mammifères et/ou oiseaux), de la période du test et de l'éolienne. Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un processus classique de sélection de modèles par 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.

- Évaluation du coefficient moyen d'efficacité de recherche

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

- Évaluation des incertitudes

Une fois que les coefficients correcteurs moyens (s , f et a) sont calculés, une **probabilité globale de détection** c'est-à-dire $a \times P(s, f)$ est calculée pour chacune des éoliennes pour l'ensemble du suivi selon les trois méthodes d'estimation que sont : Erickson et al. (2000), Huso (2010) et Korner-Nievergelt et al. (2011). Il est alors possible de calculer la mortalité estimée la plus probable par éolienne.

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

Ce théorème a également pour avantage de pouvoir donner un intervalle de confiance à 95% même lorsqu'aucun cadavre n'a pu être détecté. L'intervalle de confiance, dans ce cas,

● * *L'AIC est l'anagramme du critère d'information d'Akaike, (en anglais Akaike information criterion ou AIC). Il s'agit d'un indice calculé pour évaluer la qualité d'un modèle statistique proposée par Hirotugu Akaike en 1973. Cet indice permet de comparer plusieurs modèles sur une base objective et notamment en pénalisant les modèles en fonction du nombre de paramètres (complexification) afin de satisfaire le critère de parcimonie. Les modèles avec une valeur d'AIC la plus faible sont les plus pertinents à sélectionner. L'AIC weight permet de classer les modèles par leur pourcentage d'intérêt relativement aux autres par pondération des valeurs d'AIC.*

● ** *L'intervalle de confiance à 95% se caractérise par une borne basse et haute entre lesquelles la valeur réelle (et estimée statistiquement) a 95% de chance de se situer.*

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

correspond au nombre de cadavres pour lesquels l'opérateur avait 95% de chance de ne pas les détecter du fait des différentes contraintes rencontrées au cours du suivi. Cela permet de donner une limite au nombre de collisions maximum non détectables considérant les contraintes de prospection rencontrées durant le suivi. Ainsi, dans tous les cas, il est possible de déterminer une mortalité maximum par éolienne, même en l'absence de découverte de cadavre.

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

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 : 10 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, 10 cercles de diamètre variable ont été parcourus ainsi qu'un tour au pied de l'éolienne.

Pour chaque éolienne, nous prévoyons alors de parcourir 1 866 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.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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

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

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 2.

Ainsi 24 passages ont été réalisés, à raison d'un par semaine, du 15 mai 2023 au 24 octobre 2023.

Tableau 2 : Prospections de terrain et informations météorologiques



Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
Suivi de mortalité (24 passages)		
1	15/05/2023	Nébulosité : 95%. Température : 12,8 °C. Pluie : 0,11 mm/h. Vitesse du vent : 11,8 km/h. Direction du vent : N
2	22/05/2023	Nébulosité : 88%. Température : 17,1 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 13,5 km/h. Direction du vent : N
3	29/05/2023	Nébulosité : 0%. Température : 19,7 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 16,9 km/h. Direction du vent : N
4	05/06/2023	Nébulosité : 0%. Température : 20,6 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 11,6 km/h. Direction du vent : N
5	12/06/2023	Nébulosité : 92%. Température : 22,2 °C. Pluie : 0,01 mm/h. Vitesse du vent : 8,7 km/h. Direction du vent : N
6	19/06/2023	Nébulosité : 98%. Température : 20 °C. Pluie : 0,04 mm/h. Vitesse du vent : 3,2 km/h. Direction du vent : SO
7	26/06/2023	Nébulosité : 75%. Température : 20 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 10,7 km/h. Direction du vent : NO
8	03/07/2023	Nébulosité : 94%. Température : 19,3 °C. Pluie : 0,18 mm/h. Vitesse du vent : 7,9 km/h. Direction du vent : O
9	10/07/2023	Nébulosité : 0%. Température : 24,2 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 9,8 km/h. Direction du vent : SO
10	17/07/2023	Nébulosité : 0%. Température : 21 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 10,2 km/h. Direction du vent : O
11	24/07/2023	Nébulosité : 90%. Température : 19,7 °C. Pluie : 0,2 mm/h. Vitesse du vent : 13,8 km/h. Direction du vent : SO
12	31/07/2023	Nébulosité : 100%. Température : 18,8 °C. Pluie : 0,43 mm/h. Vitesse du vent : 17,4 km/h. Direction du vent : SO
13	07/08/2023	Nébulosité : 94%. Température : 18,2 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 7,8 km/h. Direction du vent : O

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
14	14/08/2023	Nébulosité : 95%. Température : 22,1 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 1,1 km/h. Direction du vent : NE
15	21/08/2023	Nébulosité : 0%. Température : 24,4 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 7,5 km/h. Direction du vent : N
16	28/08/2023	Nébulosité : 95%. Température : 17,6 °C. Pluie : 0,02 mm/h. Vitesse du vent : 9,8 km/h. Direction du vent : NO
17	04/09/2023	Nébulosité : 0%. Température : 27,1 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 13,5 km/h. Direction du vent : E
18	11/09/2023	Nébulosité : 92%. Température : 22,7 °C. Pluie : 0,2 mm/h. Vitesse du vent : 8,9 km/h. Direction du vent : NO
19	18/09/2023	Nébulosité : 92%. Température : 20 °C. Pluie : 0,02 mm/h. Vitesse du vent : 12,9 km/h. Direction du vent : SO
20	25/09/2023	Nébulosité : 98%. Température : 18,3 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 2,8 km/h. Direction du vent : S
21	02/10/2023	Nébulosité : 0%. Température : 23,5 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 8 km/h. Direction du vent : S
22	09/10/2023	Nébulosité : 0%. Température : 22,9 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 1,3 km/h. Direction du vent : N
23	16/10/2023	Nébulosité : 91%. Température : 10,5 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 11,8 km/h. Direction du vent : E
24	24/10/2023	Nébulosité : 94%. Température : 13,4 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 12,8 km/h. Direction du vent : SO
Tests de prédatation (2 tests)		
Test 1	19/06/2023	Dépôt de 10 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Test 2	04/09/2023	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	03/07/2023	Dépôt de 30 leurres
Test 2	18/09/2023	Dépôt de 45 leurres

2.3.2 Réalisation des tests de prédatation

Les deux tests de prédatation ont été réalisés sur 14 jours sous l'ensemble des éoliennes du parc. Les tests de prédatation 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 « Petits rats 25 – 50g ») 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 de l'éolienne). 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.

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

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).

Thimert-Gâtelles	
Occupations du sol	
Friche	30
Plateforme	30
Sol nu	15
Hauteurs de végétation	
5	45
15	15
25	15
Dates de tests	

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

03/07/2023	30
18/09/2023	45
Total	75

2.3.4 Limites propres à la mise en œuvre du suivi

La capacité de détection des cadavres est variable entre observateurs (Ponce et al., 2010 ; Labrosse, 2009). C'est pour cette raison que la majeure partie du suivi a été réalisée par la même personne (qui a été testée) et que son remplacement par une tierce personne n'a été que ponctuel durant le suivi (2 / 24 passages réalisés).

Il est également important de noter qu'elle est aussi variable en fonction de la hauteur de végétation et du type d'occupation du sol (Borner et al., 2017). Dans le but d'obtenir des données exploitables, la mise en place des tests s'est faite de manière à pouvoir bénéficier d'un maximum de cas de figure rencontrés par l'opérateur en charge du suivi. Au total, avec les deux tests réalisés, ce sont 3 catégories d'occupation du sol qui ont été testées ainsi que 3 hauteurs différentes de végétation.

2.4 Équipe de travail

Une équipe pluridisciplinaire a été constituée dans le cadre de cette étude (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.cf** tableau suivant).

Tableau 4 : Équipe de travail

Domaine d'intervention	Agents de Biotope
Contrôle qualité	Nicolas CARENTON
Chef de projet Responsable du projet	Julien TRANCHARD
Chef de projet Rédaction de l'étude	Sophie LAURENT
Chargé d'étude Rédaction de l'étude sur la partie analyse acoustique des chauves-souris	Pierre DELESSARD
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (22 sessions)	Julien BARGE
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (2 sessions)	Vincent RENARDIER

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, 3 cadavres d'oiseaux appartenant à 3 espèces différentes ont été trouvés au sein du parc éolien de Thimert-Gâtelles entre le 26 juin 2023 et le 31 juillet 2023. Aucun cadavre de chauves-souris n'a été découvert durant cette saison de suivi.

- Cf. Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres.

Les espèces d'oiseaux trouvées sont le Faucon crécerelle (1 individu), le Pigeon ramier (1 individu) et l'Alouette des champs (1 individu). Ces oiseaux ont été découverts entre le 26 juin 2023 et le 31 juillet 2023.



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



Figure 5 : Présentation des photographies des cadavres découverts. De gauche à droite : Alouette des champs, Faucon crécerelle et Pigeon ramier. A noter que dans les trois cas, les cadavres ont été découverts dans un état fragmentaire. © Biotope

2 Synthèse et analyse des résultats

Au niveau phénologique, on remarque que les cadavres ont été observés sur deux périodes, fin juin puis fin juillet. Au regard des effectifs, il ne semble pas y avoir de pic important de mortalité qui se dégage sur la période de suivi et notamment pas en période de migration postnuptiale. Les espèces découvertes sont concernées à la fois en période de nidification (Alouette des champs) et de migration/dispersion postnuptiale (Faucon crécerelle et Pigeon ramier).

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

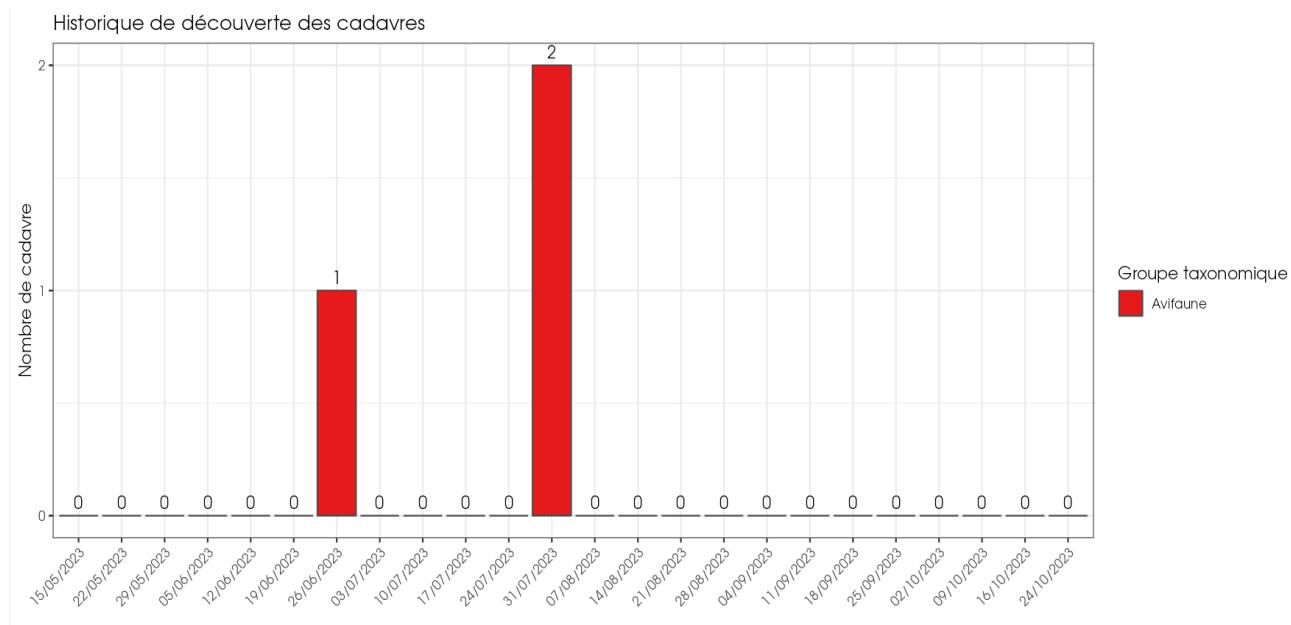


Figure 6 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Thimert-Gâtelles

1.1.2 Répartition spatiale des observations

Les observations ont toutes été réalisées à une certaine distance de l'éolienne. L'Alouette des champs a été découverte à 30 mètres, le Pigeon ramier à 45 mètres et le Faucon crécerelle est l'individu retrouvé le plus loin de l'éolienne, à 50 mètres, en limite d'aire de prospection.

Deux des trois découvertes ont été réalisées au nord-est de l'éolienne.

2 Synthèse et analyse des résultats

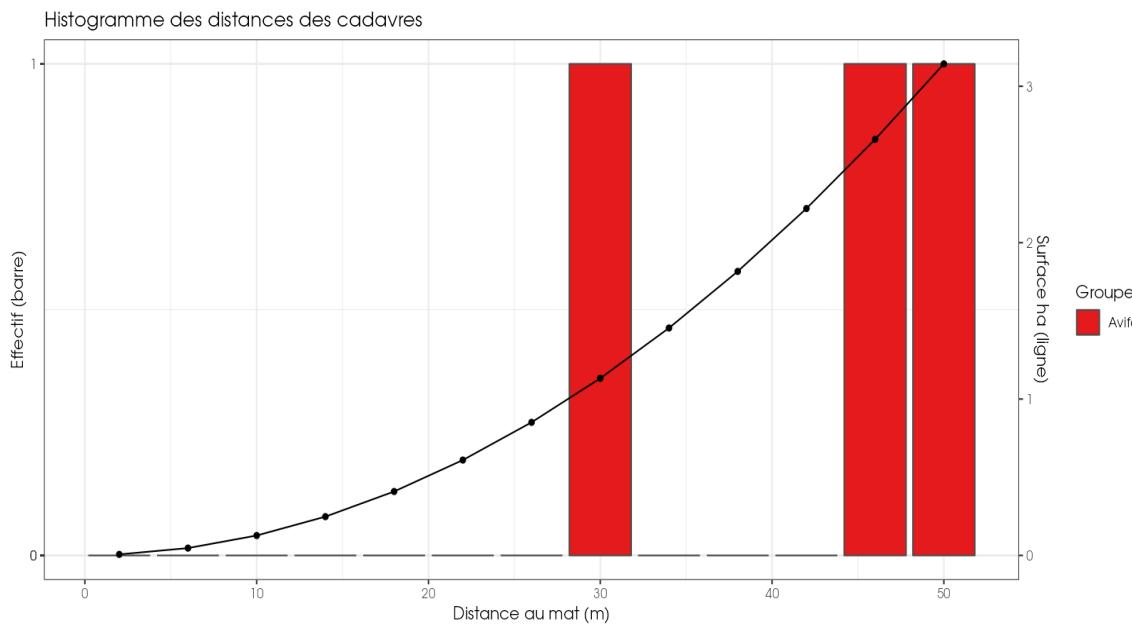


Figure 7 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Thimert-Gâtelles. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.

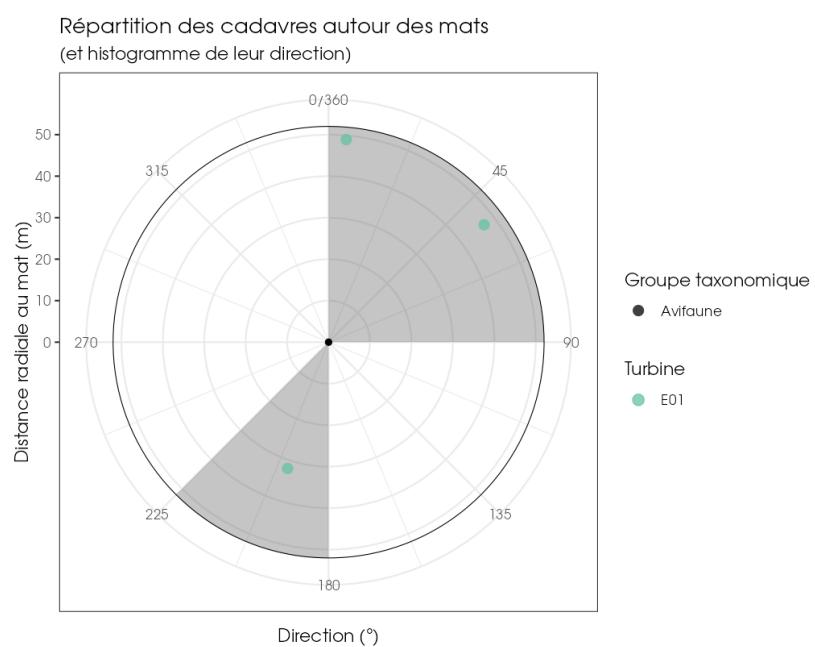


Figure 8 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation

2 Synthèse et analyse des résultats

1.1.3 Description des oiseaux retrouvés

3 individus répartis au sein de 3 espèces ont été retrouvés et identifiés sous les éoliennes du parc de Thimert-Gâtelles : le **Faucon crécerelle**, le **Pigeon ramier** et l'**Alouette des champs**.

À titre de comparaison, Biotope a réalisé en 2022 un « **référentiel de mortalité brute** » cumulant l'ensemble des observations de cadavres d'oiseaux réalisées dans le cadre de suivis environnementaux au niveau métropolitain depuis 2019. Ce référentiel permet de faire un bilan des espèces a priori les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle nationale.

On constate que le Faucon crécerelle, l'Alouette des champs et le Pigeon ramier sont des espèces fréquemment observées en France. En effet, sur les 76 espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité réalisés par Biotope depuis 2019, elles font parties des 6 espèces les plus découvertes en Métropole (respectivement 3^{ème}, 5^{ème} et 6^{ème} rang).

De la même manière, la synthèse de données mise à disposition par Tobias Dürr (mise à jour le 09 août 2023) sur la mortalité de l'avifaune liée à l'éolien en Europe permet de faire un bilan des espèces a priori les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle européenne (base de données compilant des informations fournies de façon volontaire).

On constate que le Faucon crécerelle, l'Alouette des champs et le Pigeon ramier sont des espèces fortement impactées en Europe et en France. En effet, sur les 305 espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité, le Faucon crécerelle est classé 4^{ème} en Europe et 3^{ème} en France, l'Alouette des champs se situe au 8^{ème} rang européen et au 6^{ème} rang français et le Pigeon ramier est classé 11^{ème} en Europe et 5^{ème} en France d'après la base de Tobias Dürr.

On notera enfin qu'en région Centre-Val de Loire, la DREAL a élaboré un outil interactif accessible à tous, permettant de disposer d'une synthèse des données recueillies sur la mortalité des oiseaux et des chauves-souris dans les parcs éoliens de la région Centre-Val de Loire, avec des restitutions géographiques et sous forme de graphiques (mortalité par espèce, par mois, etc.). L'outil conçu n'a pas l'ambition d'analyser de manière fine les causes de mortalité (paysage périphérique au parc, modèle d'éolienne, etc.), ni de comparer les parcs entre eux. Il est important de rappeler ici que les restitutions présentées sont réalisées sur la base des données de mortalité brute, c'est-à-dire celle constatée sur le terrain lors des prospections et non celle estimée à l'échelle de chaque parc et sur une année complète. La mortalité brute correspond au nombre de cadavres effectivement récoltés au pied des éoliennes et dont la mortalité est attribuable aux aérogénérateurs, sur la période de prospection propre à chaque suivi. Les données de mortalité brute ne peuvent être comparées d'un parc à l'autre, car elles dépendent du nombre d'années de suivis, des périodes de prospections, du nombre de passages, du taux de prédation des cadavres, du nombre d'éoliennes suivies... Cette base de données publiée le 23/03/2023 puis mise à jour le 21/09/2023 peut à l'image du référentiel de mortalité brute de Biotope ou la synthèse de données mise à disposition par Tobias Dürr faire un bilan des espèces a priori les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle régionale. On constate que le Faucon crécerelle et le Pigeon ramier sont les 4^{ème} et 5^{ème} espèces les plus fréquemment observées en Centre-Val de Loire (respectivement 6,49% et 6,15% des cadavres d'oiseaux retrouvés par nos responsables de suivis sur le terrain). L'Alouette des champs est la 8^{ème} espèce la plus observée à l'échelle régionale (3,47%).

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

Par ailleurs, la base de données concernant l'avifaune mise à disposition par Tobias Dürr se base sur des observations transmises de manière volontaire. Elle permet, comme celle de Biotope, de comparer la mortalité observée sur le parc de Thimert-Gâtelles par rapport à celle

2 Synthèse et analyse des résultats

recensée aux échelles nationale et européenne. Cependant, si elle donne une idée générale concernant les espèces touchées et leurs proportions, elle est loin d'être exhaustive. Les données françaises recueillies par Tobias Dürr proviennent d'une faible proportion de parcs Français. Il s'agit néanmoins de la synthèse Européenne la plus détaillée qui existe à ce jour et qui est conforté au niveau métropolitain par le « référentiel de mortalité brute » réalisé par Biotope en 2022.

Tableau 5 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 09/08/2023 ; Dürr, 2023), les données régionales de la DREAL (mis à jour le 21/09/2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope 2022 pour des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine. Les valeurs entre parenthèses correspondent au nombre de cadavres brut.

Espèce/Pays	Rang Europe	Rang France	Rang FR Biotope	Rang régional	A	BE	D	E	NL	PT	Rang Thimert-Gâtelles
Faucon crécerelle	4 (867)	3 (347)	3 (71)	4 (58)	4 (28)	14 (7)	8 (155)	2 (273)	10 (14)	3 (39)	1 (1)
Alouette des champs	8 (517)	6 (215)	5 (49)	5 (55)	6 (23)	-	10 (125)	10 (89)	20 (2)	2 (44)	1 (1)
Pigeon ramier	11 (469)	5 (222)	6 (44)	8 (31)	15 (5)	11 (7)	5 (196)	36 (14)	9 (16)	-	1 (1)

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, D = Allemagne, E = Espagne, FR = France, NL = Hollande, PT = Portugal

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2004, on constate que seul le Faucon crécerelle avait déjà été recensé lors de l'état initial. Le Pigeon ramier et l'Alouette des champs n'avaient pas été observés lors des inventaires réalisés et traités dans cette étude.

Évaluation des enjeux

Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**tableau ci-dessous présente les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux retrouvées sur le parc de Thimert-Gâtelles à l'échelle régionale, française et européenne.

L'Alouette des champs est une espèce nicheuse patrimoniale car « quasi menacée » au niveau national et régional. Le Faucon crécerelle a 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-Gâtelles

Espèces	Protection nationale	Directive Oiseaux	Liste rouge Europe (2021)	Liste rouge France nicheur (2016)	NIOF migrateur (2008)	Liste rouge nicheur Centre Val-de-Loire (2013)	Liste rouge migrateur Centre Val-de-Loire (2013)	Spécies déterminantes Centre Val-de-Loire : Espèces nicheuses
Faucon crécerelle	Article 3	-	LC	NT	C	LC	MC	-
Pigeon ramier	-	-	LC	LC	CC	LC	MC	-
Alouette des champs	-	-	LC	NT	C	NT	MC	-

2 Synthèse et analyse des résultats

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 Marechal, G. Olioso 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 (IUCN 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>

1.1.4 Evaluation de tendance à travers les quantiles de mortalité brute

Référentiel 'mortalité brute'

Répartition statistique empirique du nombre de cadavres découverts sur 79 parcs éoliens lors de 114 suivis conformes au protocole national effectués entre 2019 et 2022

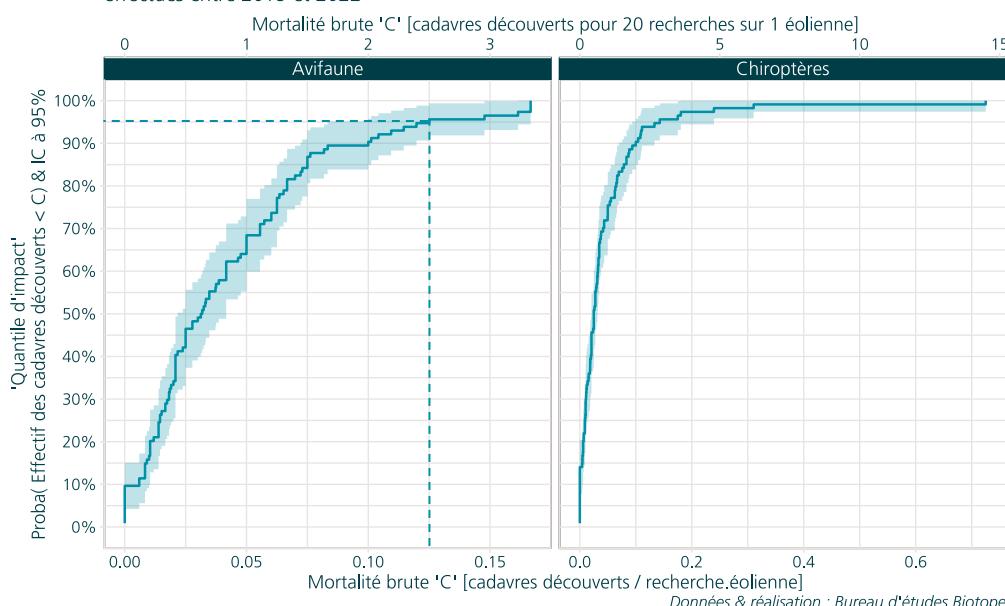


Figure 9 : Projection de « quantile de mortalité » en fonction de la mortalité brute du parc de Thimert-Gâtelles à travers la répartition empirique du nombre de cadavres découverts sur les parcs éoliens suivis par Biotope entre 2019 et 2022.

Cette représentation graphique repose sur les données extraits du référentiel de mortalité brute élaboré par Biotope. Ce référentiel synthétise l'intégralité des informations relatives aux cadavres

2 Synthèse et analyse des résultats

d'oiseaux et de chiroptères recueillis entre 2019 et 2022 dans les parcs éoliens suivis. Le graphique permet d'obtenir un « quantile de mortalité brute » en fonction de la mortalité brute 'C' calculée par recherche éolienne, correspondant au nombre de passage multiplié par le nombre d'éolienne du parc. En résulte un nombre de cadavre par recherche-éolienne pour les deux groupes taxonomiques.

Au sein du parc éolien de Thimert-Gâtelles, il a été observé un total de 3 cadavres d'oiseaux et aucun cadavre de chiroptère. Pendant le suivi, une éolienne a été suivie durant 24 passages. Cela conduit à une mortalité brute 'C' de 0,125 cadavres par recherche-éolienne pour les oiseaux.

En utilisant le graphique comme référence, nous déterminons un quantile de mortalité brute de 95% pour les oiseaux et de 0% pour les chiroptères (aucune mortalité de chiroptères observée). Cette analyse graphique nous permet de constater que la mortalité brute du parc de Thimert-Gâtelles est parmi les 5% les plus élevés du référentiel pour les oiseaux. Aucun chiroptère n'ayant été découvert sur le parc cette saison, cette analyse ne peut être appliquée à ce groupe.

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

1.2 Analyse des résultats

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

1.2.1 Occupation du sol et zones prospectées

Sur l'ensemble du suivi, les zones prospectées ont subi une forte évolution de l'occupation du sol (cf. Tableau 7, Figure 10). Le couvert végétal dans les zones de recherche influence directement les capacités de l'observateur à détecter les cadavres (Domínguez del Valle et al., 2020). Les milieux herbacés hauts ($> 30/40$ cm) et denses sont incompatibles avec les suivis. Ainsi, dès lors que la végétation correspondait à ce type d'occupation du sol, l'efficacité de recherche a été considérée comme nulle et les parcelles non prospectées.

Dans le cadre de cette étude, la végétation a été 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. On peut néanmoins noté que contrairement au premier suivi réalisé en 2021, un effort d'entretien de la plateforme par l'exploitant de la plateforme a permis de suivre celle-ci à chaque passage contrairement à 2021 et ainsi améliorer les surfaces prospectées.

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.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 7 : Bilan de l'occupation du sol pour l'unique éolienne sur l'ensemble de la période de suivi. Représentation en pourcentage des surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées par éolienne et pour le parc sur l'ensemble de la période de suivi (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	Thimert-Gâtelles
Blé	29,6%
Chaume	8,9%
Déchaume	3%
Friche	17,4%
Plateforme	10%
Semis	6,2%
Sol nu	24,9%
Total	100%

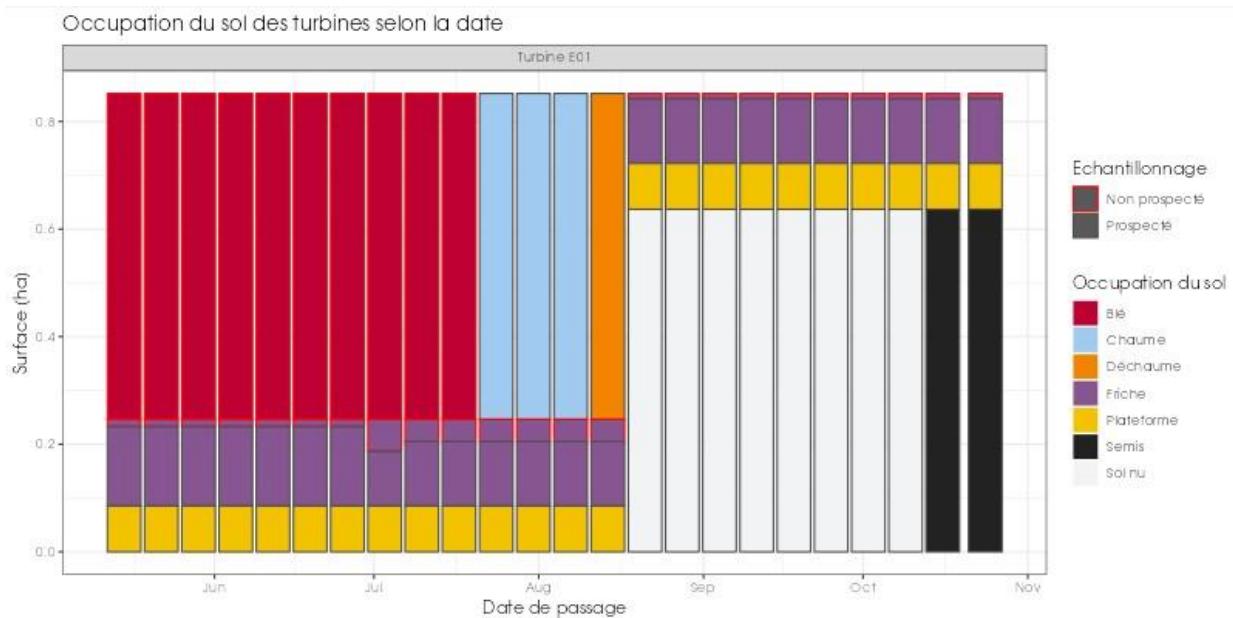


Figure 10 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi

2 Synthèse et analyse des résultats

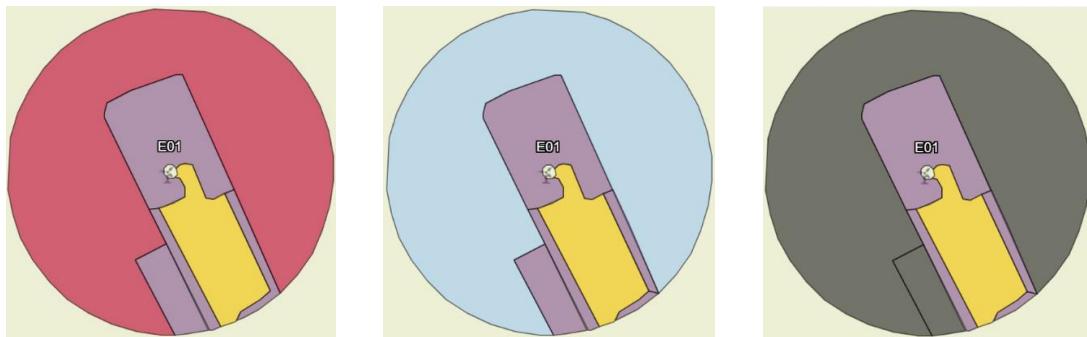


Figure 11 : Occupation du sol pour l'éolienne du parc de Thimert-Gâtelles (de gauche à droite) le 1 mai (premier passage), le 31 juillet (passage 12) et le 24 octobre 2023 (passage 24)

1.2.2 Évolution du taux de surface prospectée

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

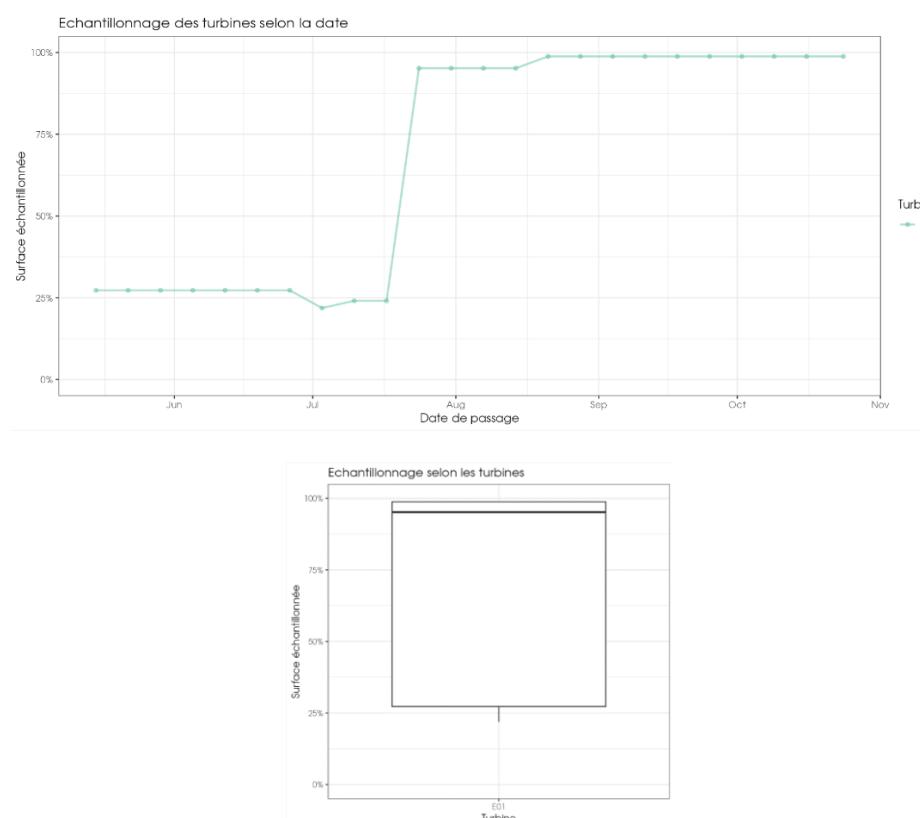


Figure 12 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. En haut : évolution du pourcentage de surface prospectée par passage. En bas : synthèse (boîte à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum).

2 Synthèse et analyse des résultats

1.2.3 Résultats des tests et 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 de l'éolienne considérée (Tableau 8). 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 moyen (0,7). Ceci est lié à des périodes avec des parcelles non prospectables pour des durées et des surfaces différentes suivant l'éolienne.

Tableau 8 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 24 passages

Parc de Thimert-Gâtelles	
Quantile 2.5%	0,23
Premier quartile	0,27
Moyenne	0,68
Moyenne pondérée	0,70
Médiane	0,95
Troisième quartile	0,99
Quantile 97.5%	0,99

Coefficient de persistance (s)

Pour information et dans le but d'avoir un coefficient de persistance reflétant au mieux la réalité de terrain, les calculs permettant de définir le coefficient de persistance en 2023 se basent sur les résultats de l'ensemble des tests de persistance effectués depuis 2021, à savoir ici 2021 et 2023. Ce même coefficient sera repris pour l'analyse de l'année 2023 dans la suite du document dans le but de mieux comparer les résultats obtenus lors de l'estimation de la mortalité.

À la suite des 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-Gâtelles ne compte qu'une éolienne, nous avons retenu comme modèle le plus parcimonieux (AIC weight = 0.61) : « **Persistance ~ 1** » en utilisant une famille de distribution « lognormal ». Ce modèle présente une moyenne des résultats des quatre tests effectués entre 2021 et 2023.

- *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

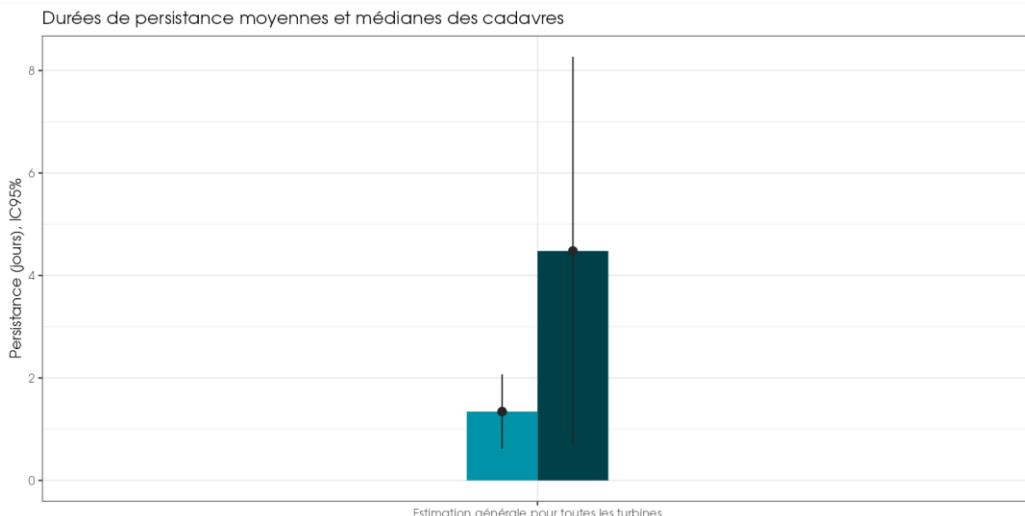


Figure 13 : Durées de persistances moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de préation

Nous pouvons constater que l'éolienne du parc de Thimert-Gâtelles présente une durée de persistance moyenne de 4,48 jours. Les intervalles de confiance montrent que l'évaluation de la préation est assez bonne en illustre une incertitude très forte (Figure 13 & Tableau 9).

Tableau 9 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les quatre tests de persistance pour l'unique éolienne. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.

Thimert-Gâtelles	
Résultats des tests de persistances	
Persistance moyenne (en jours)	4,48
Intervalle de confiance à 95%	[0,69 ; 8,27]

Coefficient d'efficacité de recherche (f)

Pour information et dans le but d'avoir un coefficient d'efficacité de recherche reflétant au mieux la réalité de terrain, les calculs permettant de définir le coefficient d'efficacité en 2023 se basent sur les résultats de l'ensemble des tests d'efficacité effectués depuis 2021, à savoir ici 2021 et 2023. Ce même coefficient sera repris pour l'analyse de l'année 2023 dans la suite du document dans le but de mieux comparer les résultats obtenus lors de l'estimation de la mortalité.

A la suite des tests d'efficacité de recherche, les analyses statistiques basées sur la sélection de modèles ont permis de retenir un modèle prenant en compte à la fois la viabilité du modèle sur le point de vue statistique (AICc, AICw...) et écologiques (sens des covariables retenues), en réponse aux hypothèses initialement posées. Nous avons donc sélectionné le modèle prenant uniquement en compte le critère hauteur de végétation « Trouve ~ Hmoy » (AICc delta = 0,79 ; AICc weight = 0,23) pour réaliser les interpolations. Nous avons ainsi pu déterminer les probabilités de détection pour tous cas de figure de hauteur de végétation rencontrés par l'observateur durant le suivi (Figure 14).

2 Synthèse et analyse des résultats

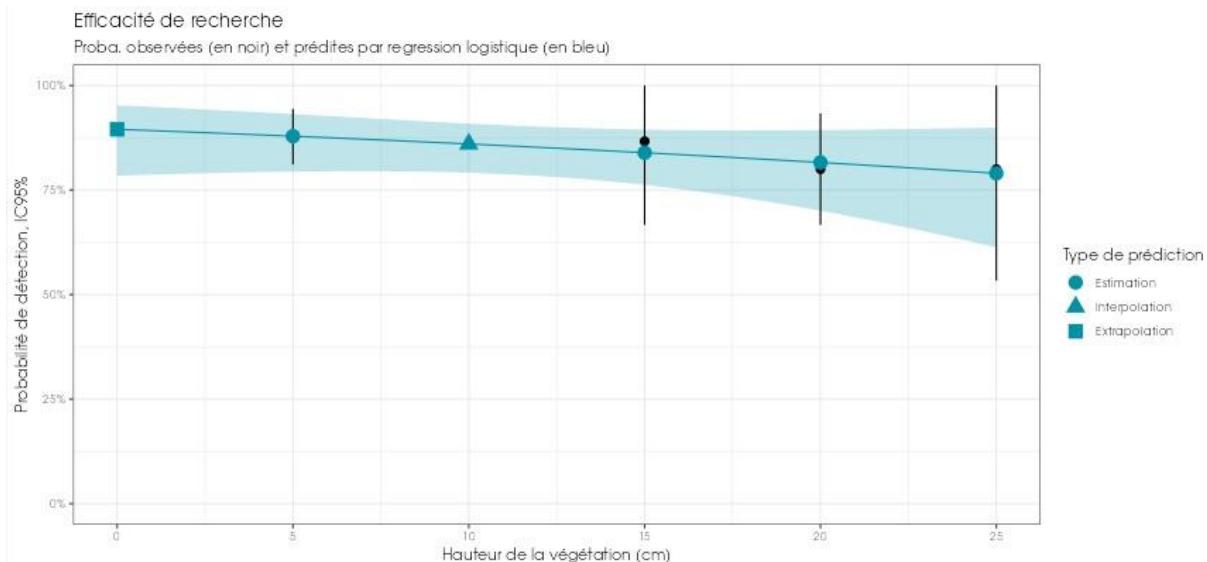


Figure 14 : Estimations du taux d'efficacité de recherche observés et prédits en fonction de la hauteur de végétation. Les résultats des tests sont présentés en noir sur les graphiques (moyennes et intervalles de confiance non paramétrique à 95 %). Les prédictions du modèle sont affichées en bleu (moyennes et intervalles de confiance à 95 % bleu clair) pour les estimations (points « bleu », les tests réalisés), les interpolations et les extrapolations (occupations du sol non testées, respectivement les triangles et les carrés) pour les années 2021 et 2023.

Les taux d'efficacité prédits des zones prospectées sont très variables en fonction de la hauteur de végétation. Ils sont globalement satisfaisants avec une gamme de valeurs allant de 0,79 au minimum (25 cm de hauteur) à 0,89 au maximum (absence de végétation) suivant les milieux prospectés.

1.2.4 Estimation de la mortalité

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

La probabilité de détection $P(s,f)$ est faible de manière générale (entre 0,26 et 0,45 suivant les méthodes) et le coefficient surfacique (a) est moyen (70% de surfaces prospectées). Par la combinaison des deux, les probabilités globales de détection varient de 0,18 à 0,32, c'est-à-dire un facteur démultiplificateur moyen de la mortalité observée allant respectivement de 3,17 à 5. **En ordre de grandeur, la mortalité probable de chaque éolienne est entre 3 et 6 fois plus importante que celle observée suivant les éoliennes et la méthode d'estimation sélectionnée. De plus, les intervalles de confiance sont de fait plutôt importants (détection globale faible).**

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 10 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation

Thimert-Gâtelles	
Probabilité détection $P(s,f)$	
Huso (2010)	0,44
Erickson et al. (2000)	0,45
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,26
Coefficient correcteur de surface a	
Taux surfaces prospectées pondérées par le temps	0,70
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$	
Huso (2010)	0,31
Erickson et al. (2000)	0,32
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,18

Estimation de la mortalité pour l'avifaune

Tableau 11 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Thimert-Gâtelles sur la période du suivi

Estimateurs	Thimert-Gâtelles
Mortalité observée des oiseaux	3
Huso (2010) [IC 95%]	9 [4 ; 23]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	9 [4 ; 22]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	17 [5 ; 42]

La mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est de 9 à 17 individus sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 4 à 5 individus au minimum et de 22 à 42 individus au maximum pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude assez importante.

Les 3 observations ont été réalisées sur 36 jours centrés sur la période estivale (du 26 juin au 31 juillet : 1 découverte en juin et 2 découvertes en juillet).

2 Synthèse et analyse des résultats

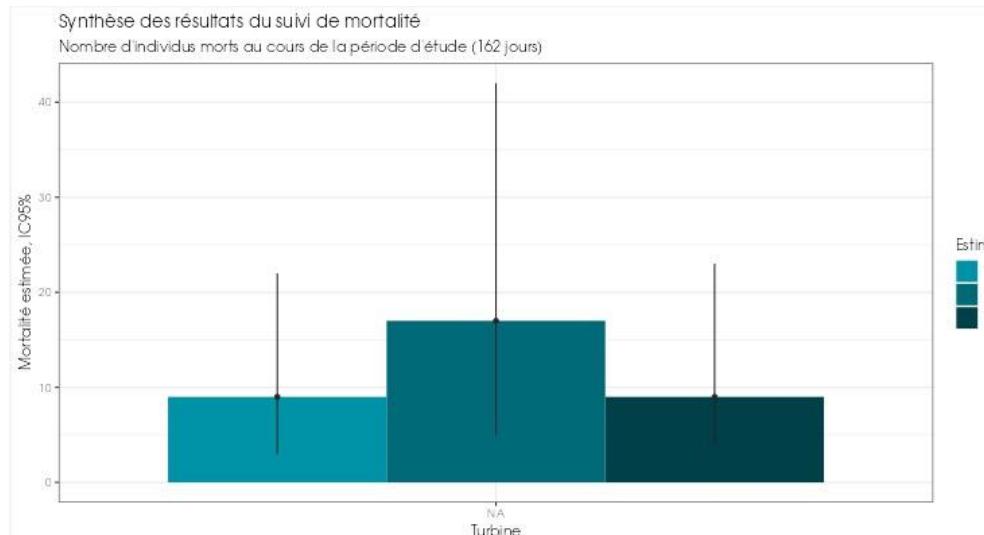


Figure 15 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Thimert-Gâtelles au cours du suivi de 2023 sur 162 jours

Estimation de la mortalité des chiroptères

Tableau 12 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Thimert-Gâtelles sur la période du suivi

Estimateurs	Thimert-Gâtelles
Mortalité observée des chiroptères	0
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 8]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	0 [0 ; 8]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	0 [0 ; 15]

Aucun cadavre de chiroptère n'ayant été découvert sur le parc durant le suivi, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est de 0 individu sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 0 individu au minimum et entre 8 et 15 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude correcte.

2 Synthèse et analyse des résultats

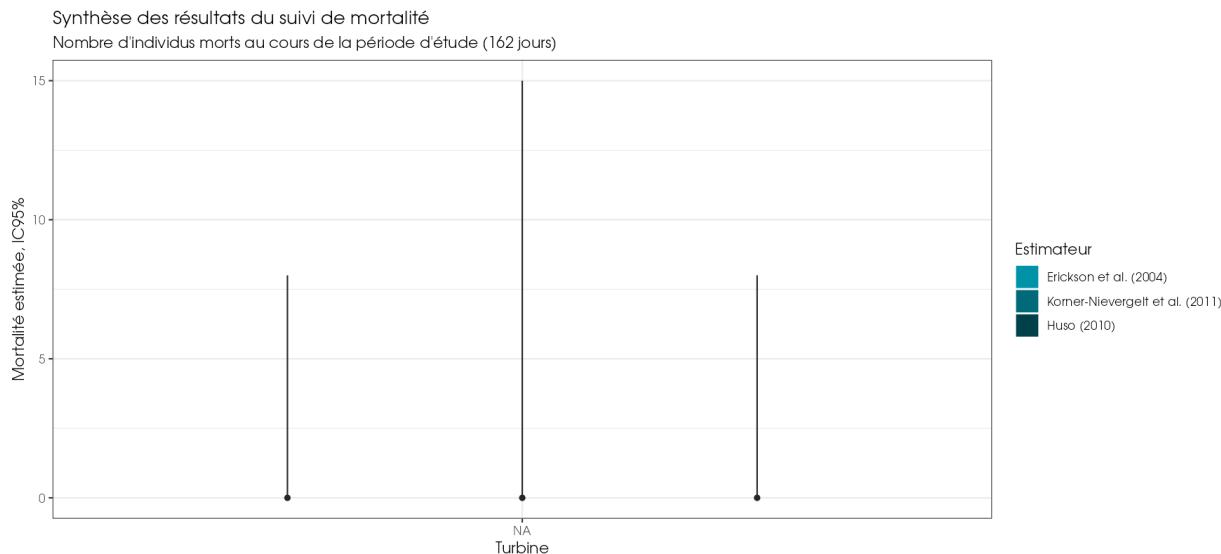


Figure 16 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Thimert-Gâtelles au cours du suivi de 2023 sur 162 jours

1.3 Synthèse du suivi de mortalité

Le deuxième suivi de mortalité mené sur le parc éolien de Thimert-Gâtelles entre le 15 mai 2023 et le 24 octobre 2023 (1 machine) a conduit à l'observation de 3 cadavres d'oiseaux (3 espèces) et aucun cadavre de chauves-souris.

En effet, 3 espèces d'oiseaux (l'Alouette des champs, le Faucon crécerelle et le Pigeon ramier) ont été retrouvés sous l'éolienne du parc suivi.

Les trois cadavres d'oiseaux observés appartenaient chacun à une espèce différente. 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 30 m (Alouette des champs) et 50 m du mât (Faucon crécerelle).

Le parc en étant à sa deuxième année de suivi, nous avons basé nos calculs du taux de persistance des cadavres sur l'ensemble des tests réalisés sur le site depuis 2021 (soit 4 tests), avec l'utilisation de 40 rats. Lors de ces tests, les vitesses de disparition des cadavres déposés ont été variables d'une année sur l'autre, conduisant à des incertitudes importantes des intervalles de confiance des durées moyennes de persistance des cadavres. On notera toutefois que l'évaluation de la prédateur est assez bonne, et que la vitesse moyenne de disparition des cadavres déposés était de 4,48 jours.

Des estimations de la mortalité ont été réalisées l'unique éolienne du parc, sur la durée du suivi (162 jours).

Aucun cadavre de chiroptères n'a été découvert sur le parc lors du suivi. L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable d'aucun cas de mortalité de chiroptères sur la période suivie. Toutefois compte tenu des facteurs correcteurs, l'utilisation de ces mêmes méthodes d'estimations introduit des incertitudes permettant d'estimer une

2 Synthèse et analyse des résultats

mortalité potentielle comprise entre aucun individu au minimum et entre 8 et 15 individus au maximum.

Concernant l'avifaune, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 9 à 17 cas de mortalité d'oiseaux sur la période de suivi, où les observations s'étalent sur l'ensemble du suivi soit 36 jours.

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

Faute de référentiel, il est complexe de conclure et d'évaluer l'impact du parc de Thimert-Gâtelles en fonctionnement sur la conservation des espèces d'oiseaux et de chiroptères. **On notera toutefois que le taux de mortalité estimé pour les oiseaux sur le parc semble légèrement supérieur aux résultats fournis par la bibliographie. Aucun chiroptère n'ayant été découvert durant cette année de suivi, il conviendra de mettre en relation ces résultats avec le résultat des écoutes en altitude (activité évaluée à hauteur de nacelle) avant de décider de la nécessité de la mise en place de mesures correctives pour ce groupe.**

Nous constatons sur ce parc que le nombre de cadavres retrouvés lors du suivi mortalité 2023 est en adéquation avec les chiffres exposés dans l'étude sur 18 parcs éoliens en Champagne-Ardenne (HARTER, 2015). En prenant en compte les coefficients correcteurs, l'estimation de la mortalité évaluée est d'autant plus importante et les incertitudes des estimations sont d'autant plus grandes au regard notamment des surfaces non prospectées en 2023.

Concernant les oiseaux retrouvés au pied de l'éolienne en 2023 (3 individus), il s'agit d'une part d'espèces observées en période de reproduction (Alouette des champs) et d'autres part d'espèces en dispersion à la suite de la période de reproduction (Faucon crécerelle et Pigeon ramier). On constate que dans le référentiel de mortalité brute élaboré par Biotope, le parc de Thimert-Gâtelles est parmi les plus élevés du référentiel pour les oiseaux. **Néanmoins, étant donné que les résultats obtenus (entre 9 et 17 oiseaux/éolienne sur l'ensemble du suivi) sont globalement proches de la moyenne renseignée dans la bibliographie (0,3 à 18,3 oiseaux par éolienne et par an), nous pouvons conclure que l'impact du parc est non significatif pour les oiseaux.** On notera également qu'aucune espèce d'oiseaux menacés n'a été retrouvée lors du suivi de 2023.

Concernant les chiroptères, aucun individu n'a été découvert au pied de l'éolienne de Thimert-Gâtelles lors du suivi de 2023. Les incertitudes maximales étant assez proches des données que l'on peut retrouver dans la bibliographie, **nous pouvons conclure que l'impact du parc est non significatif pour les chiroptères.**

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 2023.

Tableau 13 : Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité

Spèces	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial	Nombre de cas de mortalité en 2021	Nombre de cas de mortalité en 2023	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	1 individu	
Martinet noir	Espèce non contactée	2 individus	-	Espèce non contactée et donc non évaluée dans l'étude d'impact
Alouette des champs	Espèce non contactée	-	1 individu	Espèce non contactée et donc non évaluée dans l'étude d'impact
Pigeon ramier	Espèce non contactée	-	1 individu	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 identifié 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.

Concernant l'avifaune, on notera que 4 espèces d'oiseaux ont été découvertes en 2021 contre 3 deux ans plus tard, lors du suivi de 2023. On notera qu'une espèce (le Faucon crécerelle) a été retrouvée lors de ces deux années de suivi mortalité. Le Martinet noir en 2021 a fortement été impacté avec la découverte de deux individus. Trois espèces ont également été découvertes à l'unité sur le parc de Thimert-Gâtelles, à savoir en 2021 un individu de Roitelet à triple bandeau, et en 2023 un individu de Pigeon ramier et un individu d'Alouette des champs.

Concernant les chiroptères, on constate qu'une seule espèce a été impactée en 2021 (la Pipistrelle commune) avec deux individus découverts, tandis qu'en 2023 aucune chauve-souris n'a été retrouvée.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.2 Comparaisons interannuelles des effets du parc sur la faune volante

Le protocole national préconise un suivi entre les semaines 20 et 43 afin d'englober les principales périodes à risque pour l'avifaune et les chiroptères. Les suivis de 2021 et de 2023 ont respecté les préconisations (de mi-mai à fin octobre) ; l'objectif étant d'avoir une méthodologie comparable entre chaque année permettant ainsi d'apporter des conclusions plus fiables. Afin de pouvoir comparer les estimations de mortalité entre ces deux années, nous avons sélectionné les données d'occupations des sols et de mortalité correspondant uniquement à la période commune, soit l'entièreté des suivis de mi-mai à fin octobre. Par ailleurs, pour simplifier la lecture et pouvoir mieux comparer les résultats, seul le test de Huso a été conservé.

Le suivi réalisé en 2023 correspond à la deuxième année de suivi environnemental post-implantation du parc éolien de Thimert-Gâtelles.

2.2.1 Comparaison des résultats bruts de la mortalité pour les chiroptères et les oiseaux

Le tableau ci-dessous fait le bilan des espèces découvertes durant la réalisation des suivis mortalités de ces 2 années.

Tableau 14 : Croisement des informations sur les espèces impactées issues des deux années de suivi mortalité (2021 et 2023)

		En 2021	En 2023
Oiseaux impactés			
Roitelet à triple bandeau	1 individu	-	-
Faucon crécerelle	1 individu	1 individu	-
Martinet noir	2 individus	-	-
Alouette des champs	-	1 individu	-
Pigeon ramier	-	1 individu	-
TOTAL	4	3	
Chiroptères impactés			
Pipistrelle commune	2 individus	-	-
TOTAL	2	0	
En bleu, les espèces retrouvées lors des 2 années de suivi de la mortalité sur le parc de Thimert-Gâtelles			

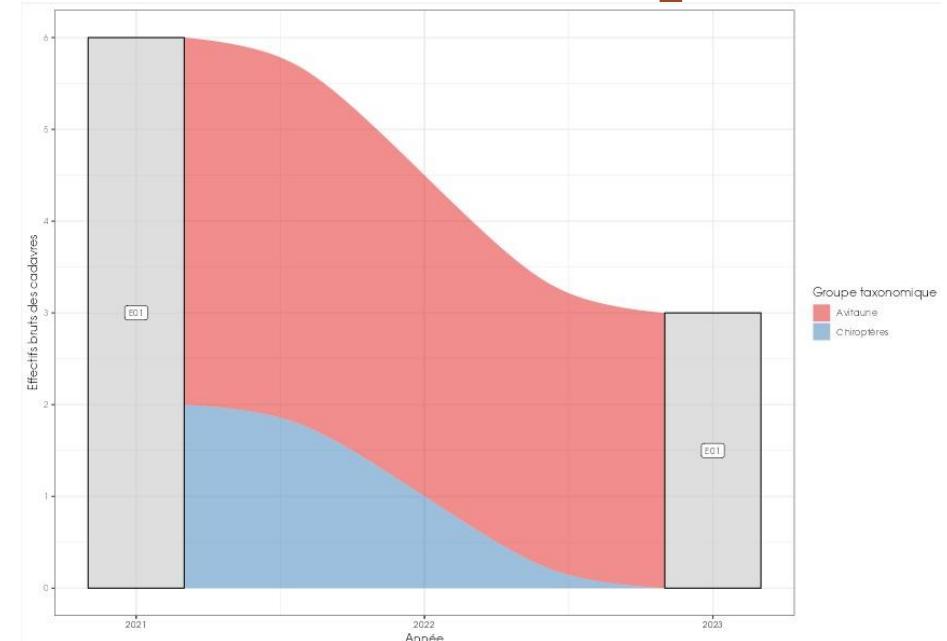
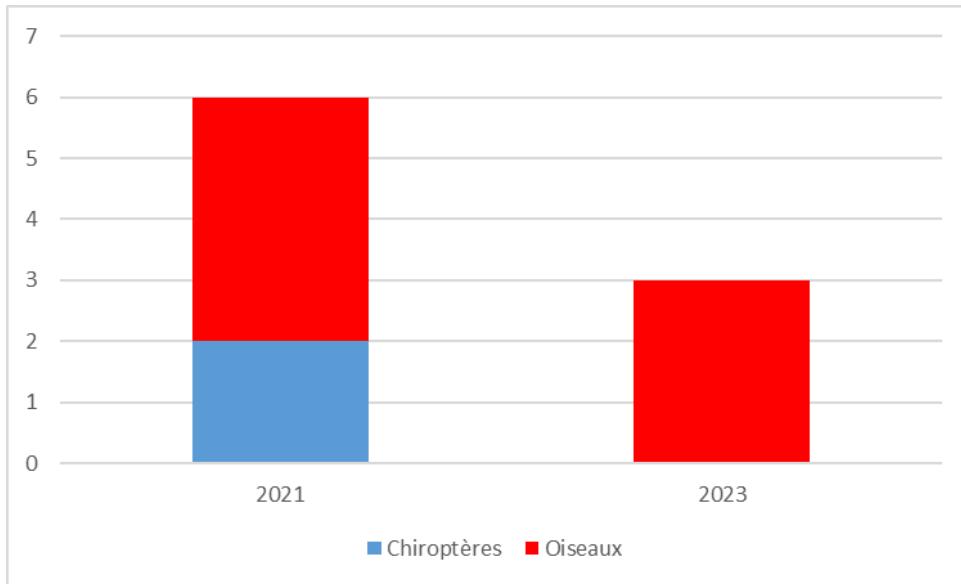


Figure 17 : Evolution de la mortalité brute globale (chiroptères et oiseaux) observée au cours des deux années de suivi (2021 et 2023) – analyse sur la même période de mi-mai à fin octobre

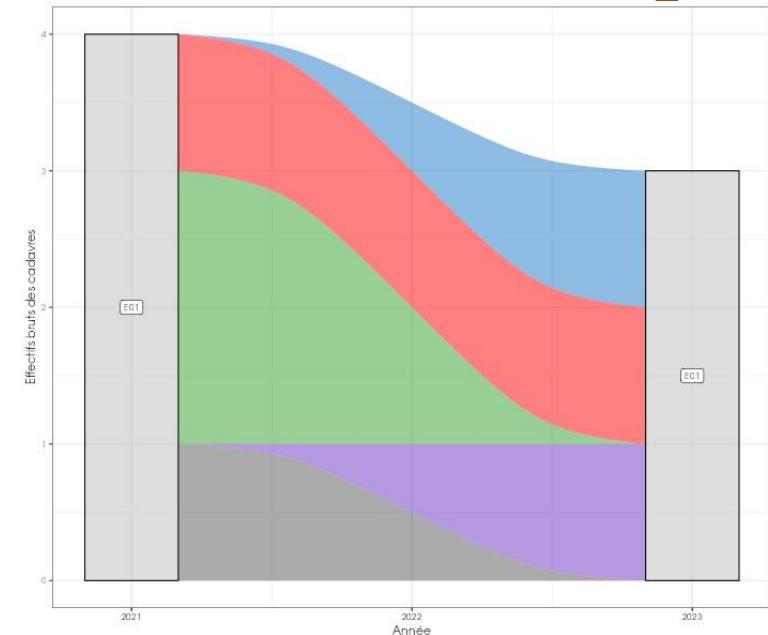
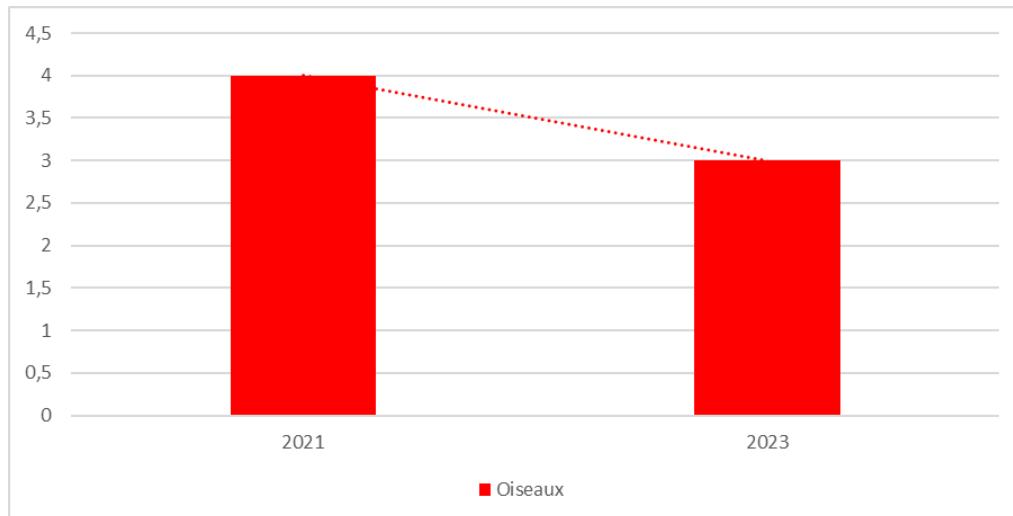


Figure 18 : Zoom spécifique sur l'évolution de la mortalité brute des oiseaux observée au cours des deux années de suivi (2021 et 2023) – analyse sur la même période de mi-mai à fin octobre

2 Synthèse et analyse des résultats

Entre 2021 et 2023, on constate une diminution importante du nombre de cadavres de chiroptères par rapport à l'année précédente (2 cadavres en 2021 et aucun en 2023). Le nombre de cadavres d'oiseaux, en revanche, reste stable durant les deux années. On constate que la mortalité brute a tendance à diminuer au fil des années dans les deux groupes étudiés (4 oiseaux et 2 chiroptères en 2021 contre 3 oiseaux en 2023). Il convient néanmoins de relativiser ces résultats bruts notamment pour les chauves-souris en l'absence d'indications sur l'activité en altitude entre ces deux années. La météo, le vent, la hauteur de vol en migration, la modification des secteurs de migration (...) sont autant d'hypothèses pouvant expliquer cette disparité.

2.3 Comparaison des estimations de mortalité

Le tableau ci-dessous fait le bilan protocole mis en place dans le cadre de la réalisation des suivis mortalités de 2021 et de 2023 ainsi que les résultats des estimations.

Tableau 15 : Croisement des informations sur l'estimation de la mortalité issues des deux années de suivi mortalité

	En 2021		En 2023	
Période de suivi	24 passages réalisés en continu entre les semaines S20 et S43		24 passages réalisés en continu entre les semaines S20 et S43	
Nombre de jours de suivi	161 jours (1 passage par semaine entre le 18/05 et le 26/10).		162 jours (1 passage par semaine entre le 15/05 et 24/10).	
Test de prédatation	2 tests réalisés (10 cadavres de jeunes rats répartis de manière aléatoire sous l'éolienne du parc soit 20 cadavres de jeunes rats utilisés sur l'ensemble du suivi)		2 tests réalisés (10 cadavres de jeunes rats répartis de manière aléatoire sous l'éolienne du parc soit 20 cadavres de jeunes rats utilisés sur l'ensemble du suivi)	
Test d'efficacité	2 tests réalisés en juin et en août sur l'ensemble des surfaces prospectables sous l'éolienne		2 tests réalisés en juin et en août sur l'ensemble des surfaces prospectables sous l'éolienne	
Nombre total d'espèces impactées (toutes espèces confondues)	Oiseaux	Chiroptères	Oiseaux	Chiroptères
	4	2	3	0
Huso (2010)	18 [7 ; 38]	8 [3 ; 27]	9 [4 ; 23]	0 [0 ; 8]
Erickson et al. (2000)	16 [7 ; 37]	8 [3 ; 26]	9 [4 ; 22]	0 [0 ; 8]
Korner-Nievergelt et al. (2011)	30 [10 ; 68]	15 [4 ; 48]	17 [5 ; 42]	0 [0 ; 15]
Mesure de bridage en cours lors du suivi	Non		Non	



2.3.1 Comparaison des estimations pour les chiroptères

La comparaison des 2 années de suivi (2021 et 2023) est réalisée sur la période commune de ces deux suivis.

➤ En 2021

La mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est d'environ 8 individus sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95 %), les effectifs impactés sont de 3 individus au minimum et de 27 individus au maximum ce qui correspond à une incertitude assez importante.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 16 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Thimert-Gâtelles sur la période du suivi 2021.

Estimateurs	Thimert-Gâtelles
Mortalité observée des chiroptères	2
Huso (2010) [IC 95%]	8 [3 ; 27]

➤ 2023

Aucun chiroptère n'ayant été découvert durant le suivi, les estimations donnent une mortalité probable de 0 sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95 %), les effectifs impactés atteignent un maximum de 8 individus au maximum ce qui correspond à une incertitude assez importante.

Tableau 17 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Thimert Gatelles sur la période du suivi 2023

Estimateurs	Thimert-Gâtelles
Mortalité observée des chiroptères	0
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 8]

➤ Comparaison 2021 et 2023 entre mi-mai et fin octobre

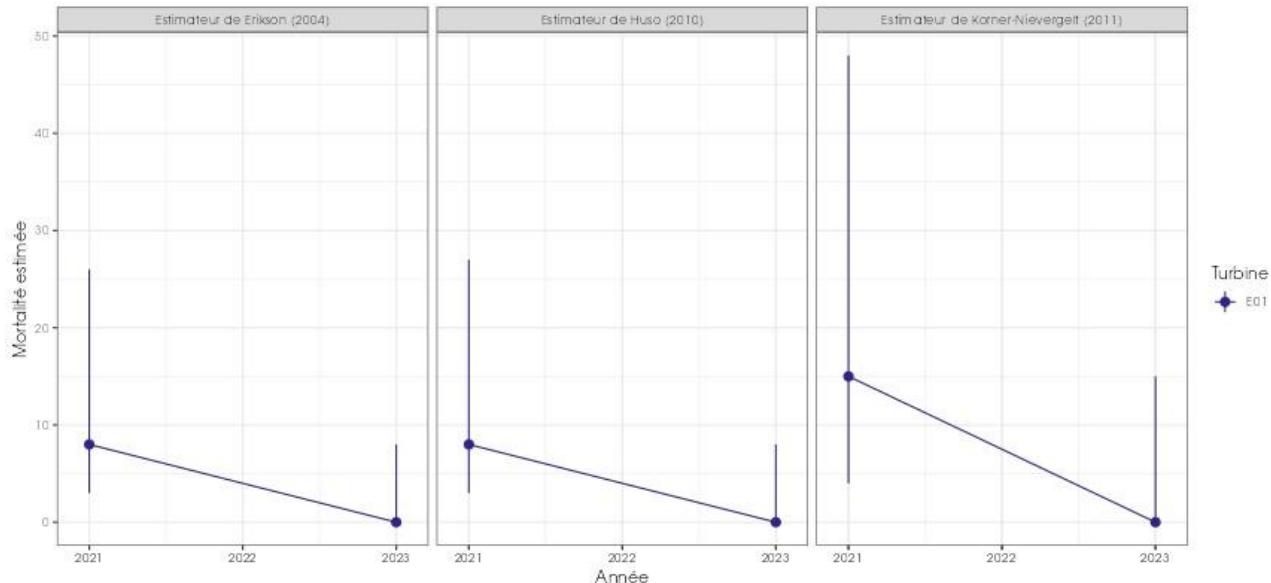


Figure 19 : Bilan de la mortalité la plus probable (et intervalle de confiance à 95%) pour les suivis 2021 et 2023 sur le parc de Thimert-Gâtelles de 2021 à 2023 pour les chiroptères

2 Synthèse et analyse des résultats

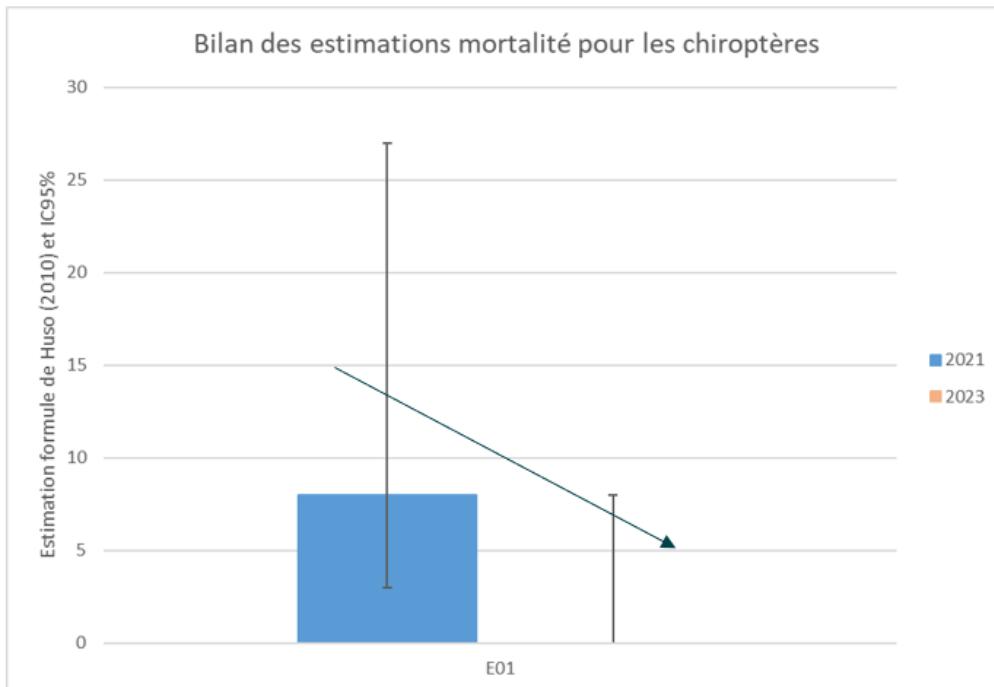


Figure 20 : Bilan de la mortalité la plus probable (et intervalle de confiance à 95%) pour les suivis 2021 et 2023 sur le parc de Thimert-Gâtelles de 2021 à 2023 pour les chiroptères

En considérant l'évolution des probabilités globales de détection dans le temps (probabilités de détection stables de 2021 à 2023, les variations observées entre 2021 et 2023 ne semblent pas significatives notamment au regard des intervalles de confiance. Le fait que les incertitudes se recoupent entre les deux années de comparaisons ne permettent pas de donner de significativité à la différence observée.

Cette analyse ne se basant que sur deux années de suivi, il est difficile d'évaluer précisément l'évolution de la mortalité des chiroptères sur le parc, de nombreux facteurs pouvant être pris en compte tels que la météo ou l'activité des éoliennes. On peut toutefois noter une baisse significative de l'estimation de la mortalité des chiroptères entre 2021 et 2023.

2.3.2 Comparaison des estimations de mortalité pour les oiseaux

La comparaison des 2 années de suivi (2021 et 2023) est réalisée sur la période commune de ces deux suivis.

➤ 2021

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est d'environ 18 individus sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95 %), les effectifs impactés sont de 7 individus au minimum et de 38 individus au maximum pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude importante.

Tableau 18 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Thimert-Gâtelles sur la période du suivi 2021

Estimateurs	Thimert-Gâtelles
Mortalité observée des oiseaux	4
Huso (2010) [IC 95%]	18 [7 ; 38]

2 Synthèse et analyse des résultats

➤ 2023

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est d'environ 9 individus sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95 %), les effectifs impactés sont de 4 individus au minimum et de 23 individus au maximum pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude importante

Tableau 19 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Thimert-Gâtelles sur la période du suivi 2023

Estimateurs	Thimert-Gâtelles
Mortalité observée des oiseaux	3
Huso (2010) [IC 95%]	9 [4 ; 23]

➤ Comparaison 2021 et 2023 entre mi-mai et fin octobre

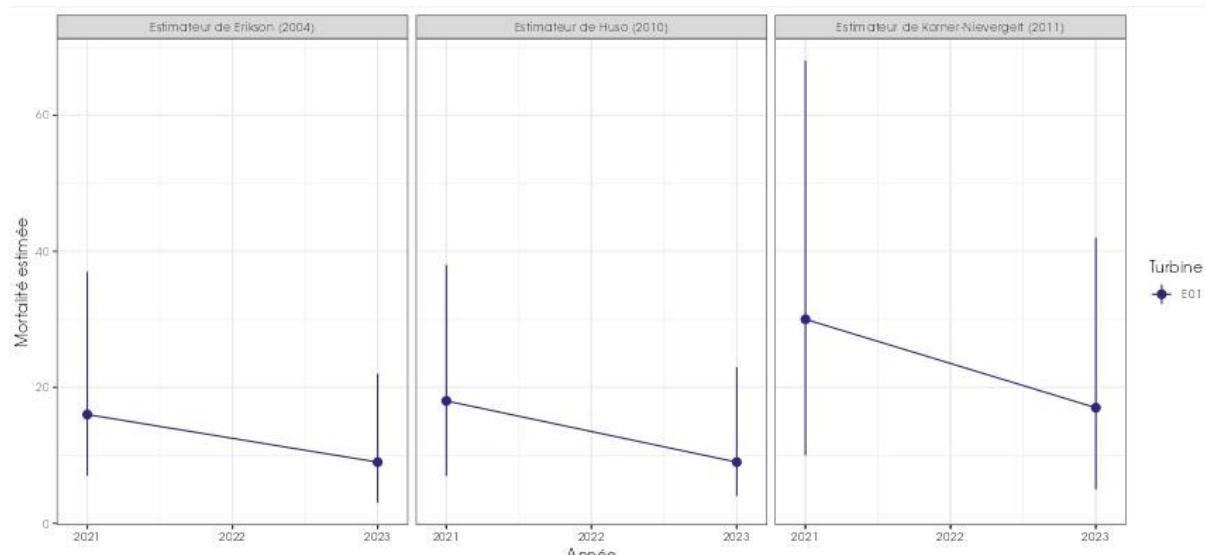


Figure 21 : Bilan de la mortalité la plus probable (et intervalle de confiance à 95%) sur le parc de Thimert-Gâtelles de 2021 à 2023 pour les oiseaux

2 Synthèse et analyse des résultats

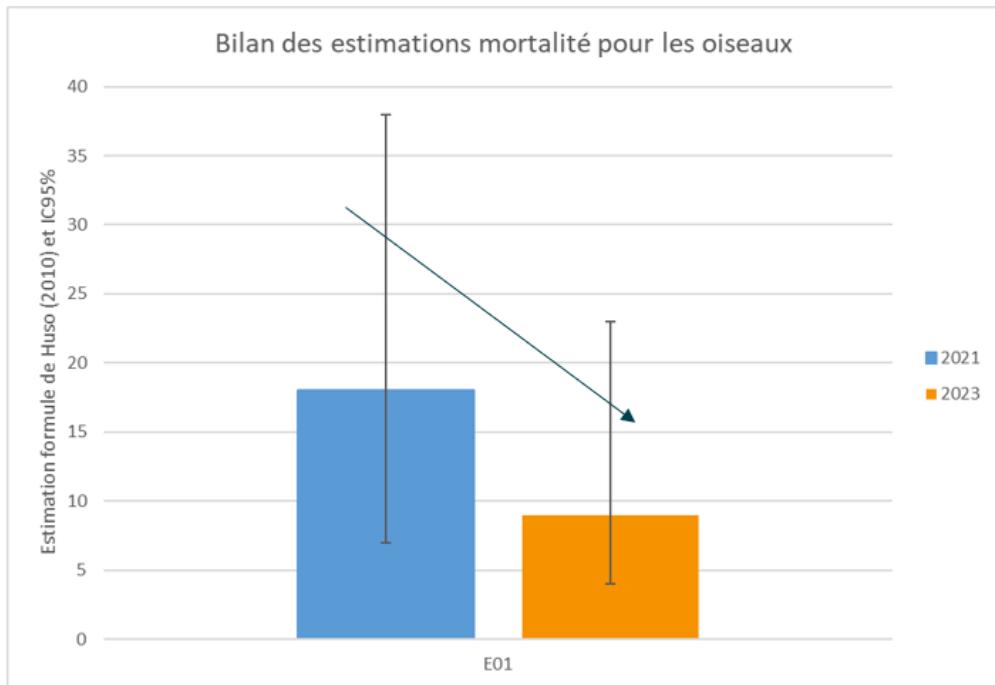


Figure 22 : Bilan de la mortalité la plus probable (et intervalle de confiance à 95%) sur le parc de Thimert-Gâtelles de 2021 à 2023 pour les oiseaux

En considérant l'évolution des probabilités globales de détection dans le temps (probabilités de détection stables de 2021 à 2023, les variations observées entre 2021 et 2023 ne semblent pas significatives notamment au regard des intervalles de confiance. Le fait que les incertitudes se recoupent entre les deux années de comparaisons ne permettent pas de donner la significativité à la différence observée.

Cette analyse ne se basant que sur deux années de suivi, il est difficile d'évaluer précisément l'évolution de la mortalité des oiseaux sur le parc, de nombreux facteurs pouvant être pris en compte tels que la météo ou l'activité des éoliennes. On peut toutefois noter une baisse significative de l'estimation de la mortalité des oiseaux entre 2021 et 2023.

2.4 Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères

Rappels : Les enregistrements acoustiques en nacelle ont été réalisés au niveau de l'unique éolienne du parc de Thimert entre mi-mai et mi-novembre 2023. Le nombre de nuits d'enregistrement des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de 197 nuits. Le suivi de mortalité n'a pas découvert de chiroptères morts au pied de l'éolienne.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.4.1 Comparaison de la phénologie entre suivis mortalité et acoustique

Aucun chiroptère n'a été découvert mort sous l'éolienne de Thimert-Gâtelles.

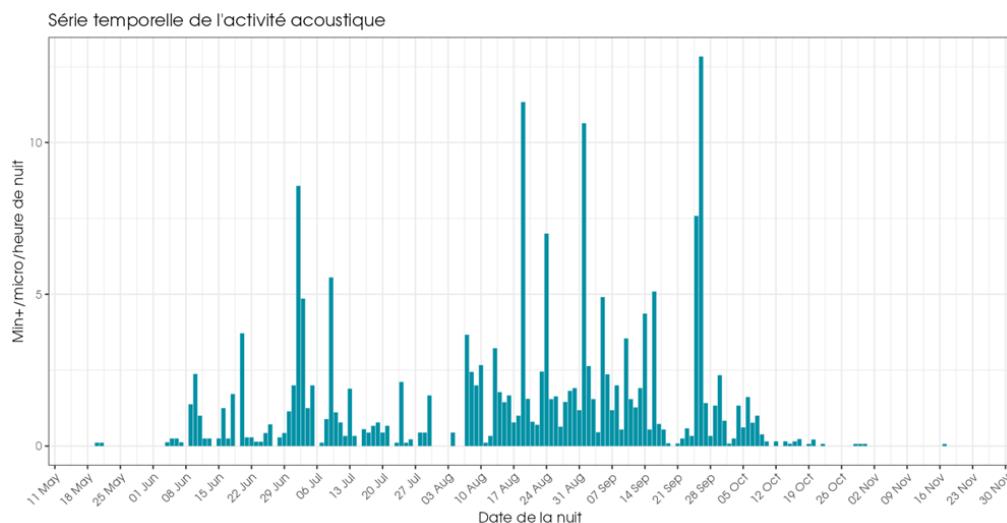


Figure 23 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau de l'éolienne de Thimert-Gâtelles sur la période de réalisation du suivi mortalité

Cette représentation graphique permet de mettre en évidence plusieurs pics au cours de la période d'activité des chiroptères. Premièrement à la fin juin en période de mise-bas et d'élevage des jeunes, ensuite plusieurs pics entre la mi-août et la fin aout, ainsi qu'un très fort pic à la fin septembre, correspondant eux plutôt à une activité de migration ou de swarming. L'activité ne débute réellement que début juin, avec peu d'activité avant cette date.

Aucun cadavre n'a été découvert sous l'éolienne du parc de Thimert-Gâtelles, même durant les périodes de pic d'activité.

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

Pour le suivi de mortalité, aucun chiroptère n'a été découvert au pied de l'éolienne du parc de Thimert-Gâtelles.

2 Synthèse et analyse des résultats

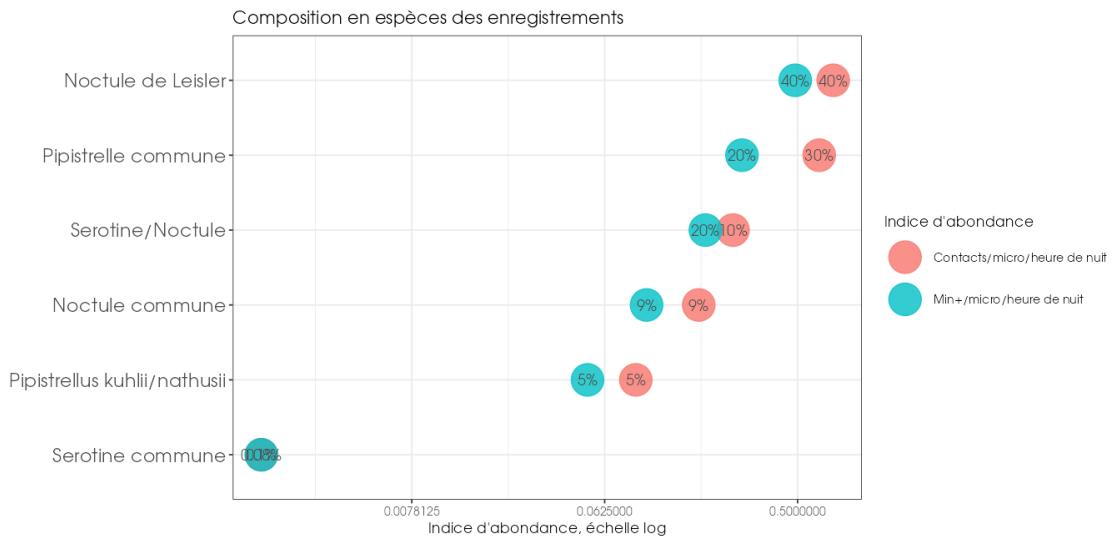


Figure 24 : Espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle sur la période de réalisation du suivi mortalité

Pour le suivi acoustique, les espèces les plus fréquemment contactées sont la Noctule de Leisler (40%), suivie de la Pipistrelle commune (30%), avec ensuite le groupe des « Sérotules » (10%). Seulement 9% des contacts ont été identifiés comme appartenant à la Noctule commune, tandis que 5% d'entre eux appartiennent à la paire d'espèces des Pipistrelles de Kuhl/Nathusius. Enfin, moins d'1% des contacts appartiennent avec certitude à la Sérotine commune.

Aucun chiroptère n'a été retrouvé mort lors du suivi mortalité, ce qui ne permet pas de faire des analyses croisées avec les contacts obtenus en altitude. On observe cependant que la Noctule commune, espèce classée vulnérable et soumise au risque de collisions, est peu représentée dans les contacts en altitude, avec moins de 10%.

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

Aucun chiroptère n'a été retrouvé lors des suivi mortalité, il n'est donc pas possible de comparer la phénologie des contacts en altitude avec ces individus.

2 Synthèse et analyse des résultats

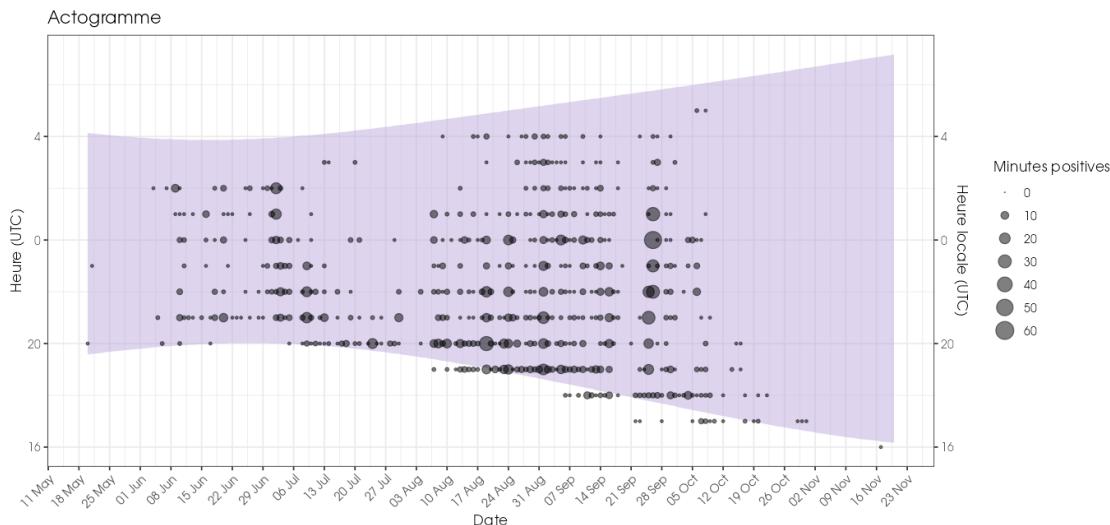


Figure 25 : Actogramme toutes espèces de chiroptères confondues sur la période du suivi de mortalité. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin)

On peut observer que l'activité des chiroptères au niveau du parc se poursuit généralement sur une grande partie de la nuit, et d'un large creux dans leur activité peut être observé en fin juillet. En automne, l'activité des chiroptères débute même avant la nuit, ce qui est généralement dû à l'activité des Noctules.

Les bilans de la phénologie des découvertes de cadavres est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 20 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces

Total général	
Total général	0

2.4.4 Bilan du croisement des informations des deux suivis moralité/acoustique

Aucun chiroptère n'a été retrouvé tué lors du suivi mortalité, malgré une activité en altitude jugée globalement très forte au niveau du site, par rapport aux autres parcs suivis dans les 140km.

L'espèce la plus vulnérable au risque éolien, la Noctule commune, est assez peu représentée en altitude sur ce site (9% des contacts en minutes positives), et les chiroptères ont été observées volant à des vitesses de vent plutôt modérées.

Malgré une activité jugée globalement très forte, celle-ci est jugée très faible au printemps, et seulement forte en été, pour devenir très forte à l'automne, lors de la période de migration. Cependant, les espèces les plus représentées, la Noctule de Leisler (40% des minutes positives) ainsi que la Pipistrelle commune (30% des minutes positives) ne sont quand même pas retrouvées lors du suivi mortalité.

On peut donc conclure à un impact non significatif pour les chiroptères au niveau de ce parc.

2 Synthèse et analyse des résultats

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

3 Mesures correctives

3.1 Entretien rigoureux des plateformes

Il est important que la plateforme de l'éolienne ne soit pas attrayante pour le petit gibier de plaine, afin d'éviter d'attirer les prédateurs que sont les oiseaux de type « rapaces », espèces sensibles aux risques de collision. Afin d'éviter une telle attractivité, une fauche régulière des friches devra être maintenue chaque année durant la totalité de fonctionnement du parc éolien de Thimert-Gâtelles.

3

Conclusion générale



*Suivi de mortalité de l'avifaune
et des chiroptères sur les mois
de mai à octobre 2023*

3 Conclusion générale

Le parc éolien de Thimert-Gâtelles 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.

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. 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 chiroptères n'a été identifiée. Concernant les oiseaux, des enjeux liés à la sensibilité observée, à la période d'observation et au risque de collision avait été mise en évidence.

Un premier suivi mortalité a été réalisé en 2021 mais ce dernier ne suivait 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. A la suite de ce dernier, un renouvellement du suivi mortalité a été préconisé avec en parallèle un suivi de l'activité en altitude des chauves-souris.

Lors du suivi mortalité réalisé en 2023, trois cadavres d'oiseaux (3 espèces) et aucune chauves-souris ont été observés lors des prospections qui s'étendaient du 15 mai au 24 octobre 2023. Le parc ayant été suivi en 2021 (avec le protocole national), nous avons basé nos calculs du taux de persistance des cadavres sur l'ensemble des résultats des tests de persistance réalisés sur site. Lors de ces tests, la vitesse de disparition des cadavres est d'environ 4,48 jours avec des variations allant de 0,69 jours à 8,27 jours. 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 plus importantes pour les oiseaux et les chauves-souris, tout comme les incertitudes associées à ces estimations.

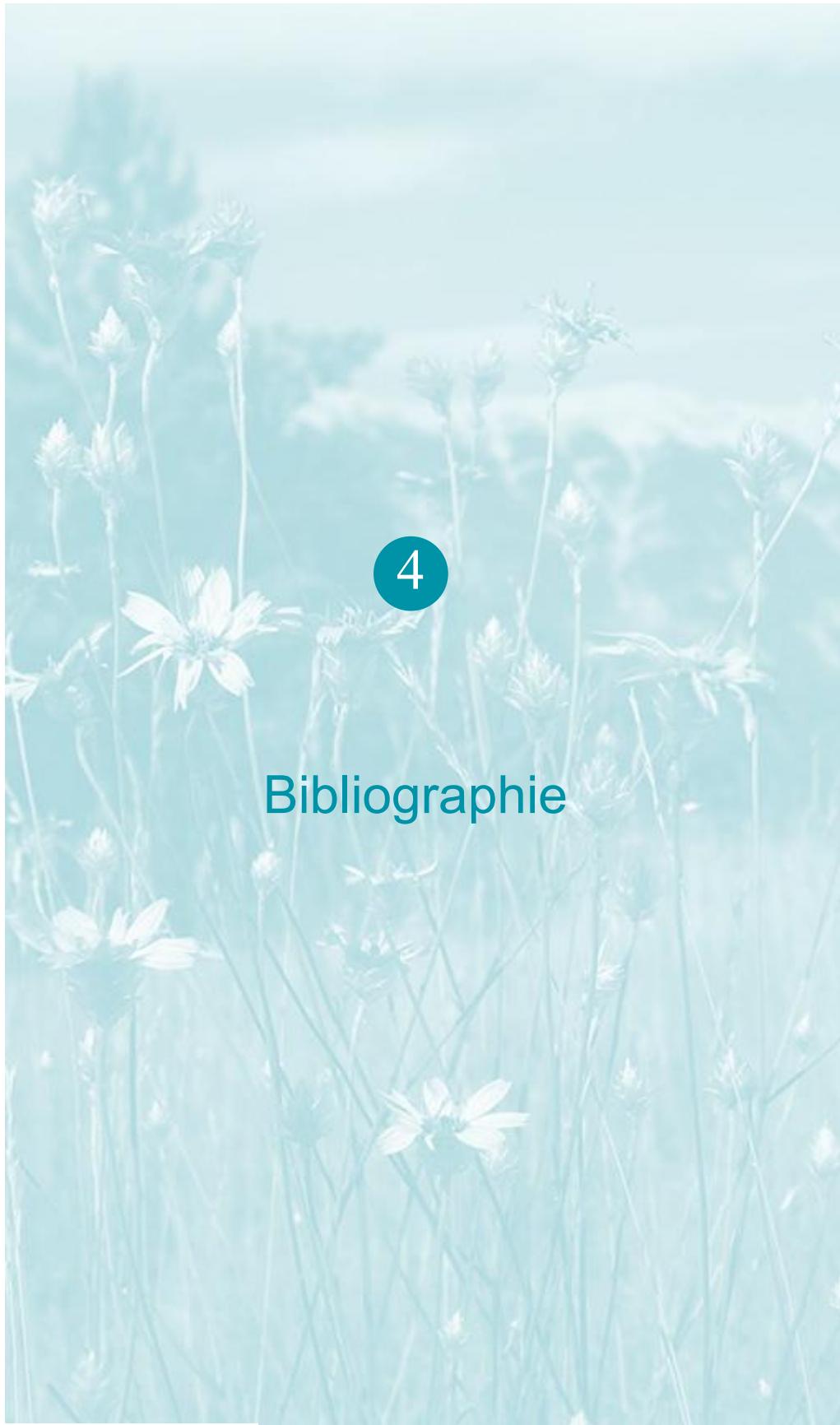
Concernant les oiseaux retrouvés au pied de l'éolienne en 2023 (3 individus), il s'agit d'une part d'espèces observées en période de reproduction (Alouette des champs) et d'autres part d'espèces en dispersion à la suite de la période de reproduction (Faucon crécerelle et Pigeon ramier). On constate que dans le référentiel de mortalité brute élaboré par Biotope, le parc de Thimert-Gâtelles est parmi les plus élevés du référentiel pour les oiseaux. **Néanmoins, étant donné que les résultats obtenus (entre 9 et 16 oiseaux/éolienne sur l'ensemble du suivi) sont globalement proches de la moyenne renseignée dans la bibliographie (0,3 à 18,3 oiseaux par éolienne et par an), nous pouvons conclure que l'impact du parc est non significatif pour les oiseaux.** On notera également qu'aucune espèce d'oiseaux menacés n'a été retrouvée lors du suivi de 2023.

Concernant les chiroptères, aucun individu n'a été découvert au pied de l'éolienne de Thimert-Gâtelles lors du suivi de 2023. Les incertitudes maximales étant assez proches des données que l'on peut retrouver dans la bibliographie, **nous pouvons conclure que l'impact du parc est non significatif pour les chiroptères.**

On notera que la mortalité brute a tendance à diminuer au fil des années dans les deux groupes étudiés. Il convient néanmoins de relativiser ces résultats bruts notamment pour les chauves-souris en l'absence d'indications sur l'activité en altitude entre ces deux années.

4

Bibliographie



4 Bibliographie

AKAIKE, Hirotugu. A new look at the statistical model identification. IEEE transactions on automatic control, 1974, vol. 19, no 6, p. 716-723. ANDRE, Y. 2004. - Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. LPO, Rochefort. 20 p.

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

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

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

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

BIOTOPE, 2021, Parc éolien de Thimert-Gâtelles, commune de Thimert-Gâtelles (28), Suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères. SPETG, mai 2022, 56 p.

BORNER, L., DURIEZ, Olivier, BESNARD, A., et al. Bird collision with power lines: estimating carcass persistence and detection associated with ground search surveys. Ecosphere, 2017, vol. 8, no 11, p. e01966.

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

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

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

DÜRR, T. (2023). Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe.

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

GAULTIER, Simon P., BLOMBERG, Anna S., IJÄS, Asko, et al. Bats and wind farms: The role and importance of the Baltic Sea countries in the European context of power transition and

4 Bibliographie

biodiversity conservation. *Environmental Science & Technology*, 2020, vol. 54, no 17, p. 10385-10398.

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

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

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

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

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

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

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

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE (MEDDE), 2015, Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestre, Novembre 2015, 40p.

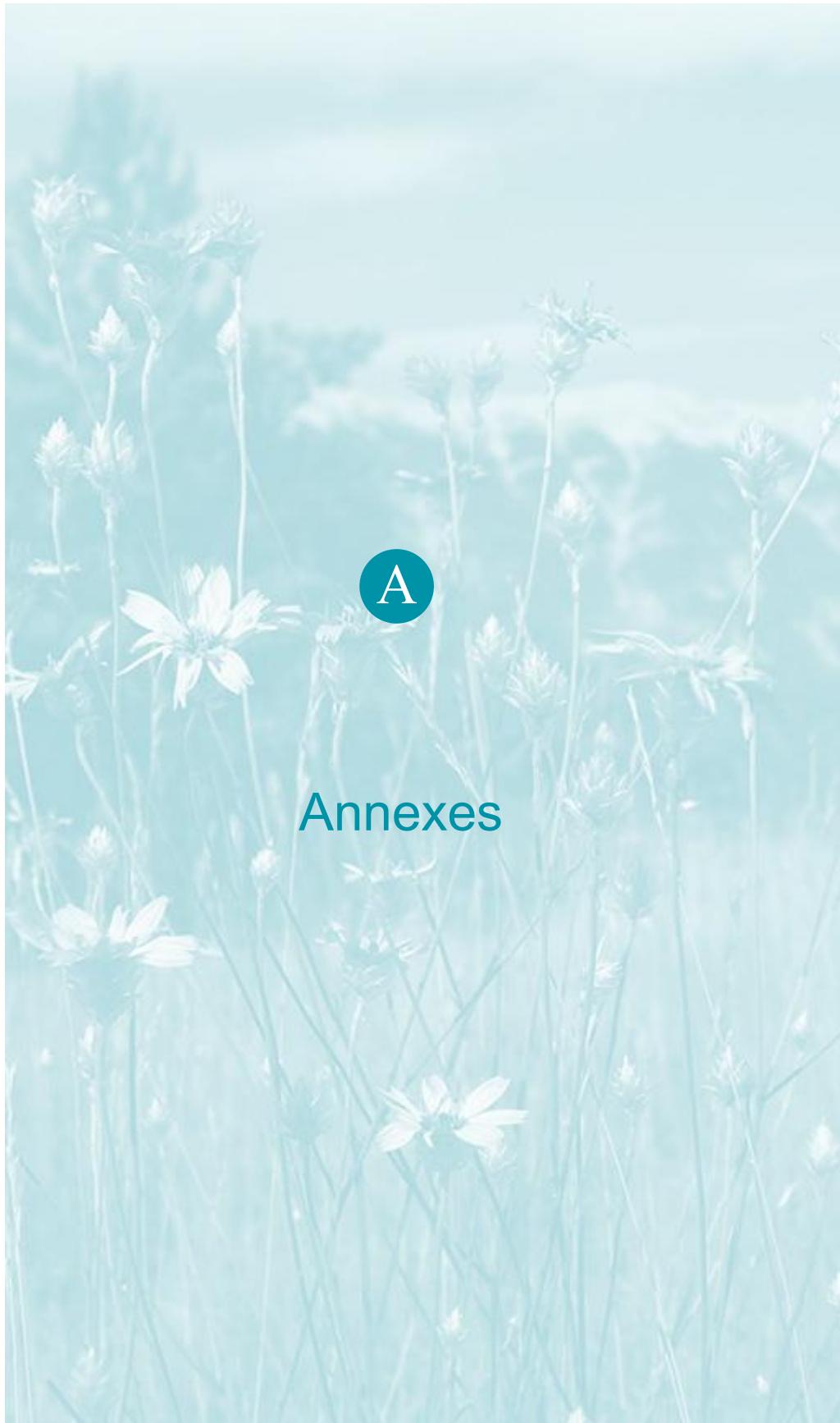
RYDELL, J, OTTVALL, R, PETTERSSON, S, & GREEN M. (2017) The effects of wind power on birds and bats, an updated synthesis report 2017, Swedish Environmental Protection Agency. ISBN 978-91-620-6791-5, ISSN 0282-7298, 129p.

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.

Site internet :

DURR, 2023 :

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



Annexes

A Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres lors du suivi 2023

Tableau 21 : Résultats du suivi mortalité 2021



Date prospection	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne
26/06/2023	<i>Alauda arvensis</i>	Alouette des champs	Sec	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	30 m
31/07/2023	<i>Columba palumbus</i>	Pigeon ramier	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	45 m
31/07/2023	<i>Falco tinunculus</i>	Faucon crécerelle	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	50 m

A Annexe 2 : Détails des arrêtés relatifs aux installations de production d'électricité

Annexe 2 : Détails des arrêtés relatifs aux installations de production d'électricité

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

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

« Arrêté du 22 juin 2020 - art. 9 a modifié les dispositions suivantes :

Modifie Arrêté du 26 août 2011 - art. 12 (V) , L'article 12 est remplacé par : »

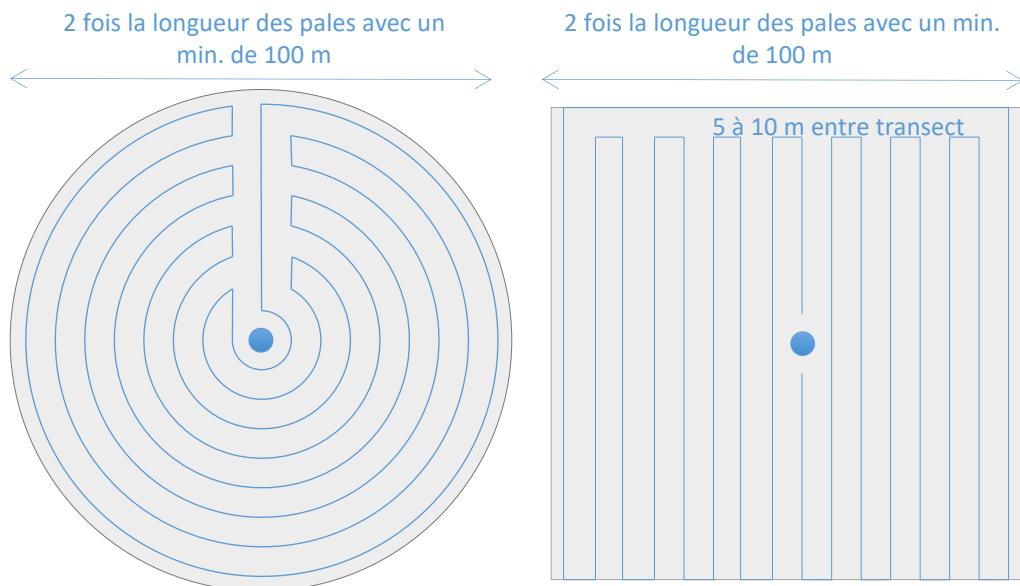
« Art. 12.-L'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs. Sauf cas particulier justifié et faisant l'objet d'un accord du Préfet, ce suivi doit débuter dans les 12 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation afin d'assurer un suivi sur un cycle biologique complet et continu adapté aux enjeux avifaune et chiroptères susceptibles d'être présents. Dans le cas d'une dérogation accordée par le Préfet, le suivi doit débuter au plus tard dans les 24 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation. « Ce suivi est renouvelé dans les 12 mois si le précédent suivi a mis en évidence un impact significatif et qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives. A minima, le suivi est renouvelé tous les 10 ans d'exploitation de l'installation. « Le suivi mis en place par l'exploitant est conforme au protocole de suivi environnemental reconnu par le ministre chargé des installations classées. « Les données brutes collectées dans le cadre du suivi environnemental sont versées, par l'exploitant ou toute personne qu'il aura mandatée à cette fin, dans l'outil de télé-service de “ dépôt légal de données de biodiversité ” créé en application de l'arrêté du 17 mai 2018. Le versement de données est effectué concomitamment à la transmission de chaque rapport de suivi environnemental à l'inspection des installations classées imposée au II de l'article 2.3. Lorsque ces données sont antérieures à la date de mise en ligne de l'outil de télé-service, elles doivent être versées dans un délai de 6 mois à compter de la date de mise en ligne de cet outil. « Dans le cas d'un projet de renouvellement d'une installation existante, autre qu'un renouvellement à l'identique ou une extension au sens de l'article R. 181-46-1 du code de l'environnement, l'exploitant met en place un suivi environnemental, permettant d'atteindre les objectifs visés au 1er alinéa du présent article, dans les 3 ans qui précèdent le dépôt du porter à connaissance au préfet prévu par l'article R. 181-46 du code de l'environnement.

A Annexe 3 : Détails sur les méthodes d'inventaires attendues à l'échelle nationale

Annexe 3 : Détails sur les méthodes d'inventaires attendues à l'échelle nationale

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

Figure 26 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018



A Annexe 4 : Détails sur les coefficients correcteurs et des méthodes statistiques

Annexe 4 : Détails sur les coefficients correcteurs et des méthodes statistiques

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

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

Tel que demandé dans le protocole national, deux tests ont été réalisés dans le cadre du suivi de la mortalité. Ces deux tests sont réalisés par la méthode de l'échantillonnage stratifié en fonction des différents types d'occupation du sol que l'observateur est susceptible de prospector tout au long du suivi. Le moment de réalisation des tests doit permettre de tester l'observateur dans un maximum de situations d'occupation du sol, à l'échelle de l'ensemble du parc éolien. De 10 à 15 leurres identiques sont disposés aléatoirement pour chaque catégorie d'occupation du sol à tester et sur l'ensemble du parc, à l'insu de l'observateur.

Le principe général des estimations par éolienne est le suivant :

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

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

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

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

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

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

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

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

L'utilisation de modèles, suivie d'une sélection par AIC pour déterminer les coefficients correcteurs (persistance et efficacité de recherche), a pour avantage 1) de générer les incertitudes aux coefficients correcteurs pour évaluer leur précision, 2) de prendre en compte le

A Annexe 4 : Détails sur les coefficients correcteurs et des méthodes statistiques

design expérimental des tests (notamment le nombre de leurres déployés qui limitent la capacité prédictive des modèles) en respectant les contraintes statistiques et aussi 3) de réaliser la meilleure stratification (intégration de tous facteurs influençant la détectabilité) pour décrire au plus juste la réalité du suivi. Toutefois, il n'est pas possible d'intégrer toutes les sources de variation, comme le travail des agriculteurs sur leurs parcelles. En effet, le travail du sol dépend de la météo et il est impossible de savoir à quel moment les agriculteurs vont passer sur leurs champs, entraînant l'enterrement involontaire/aléatoire des cadavres.

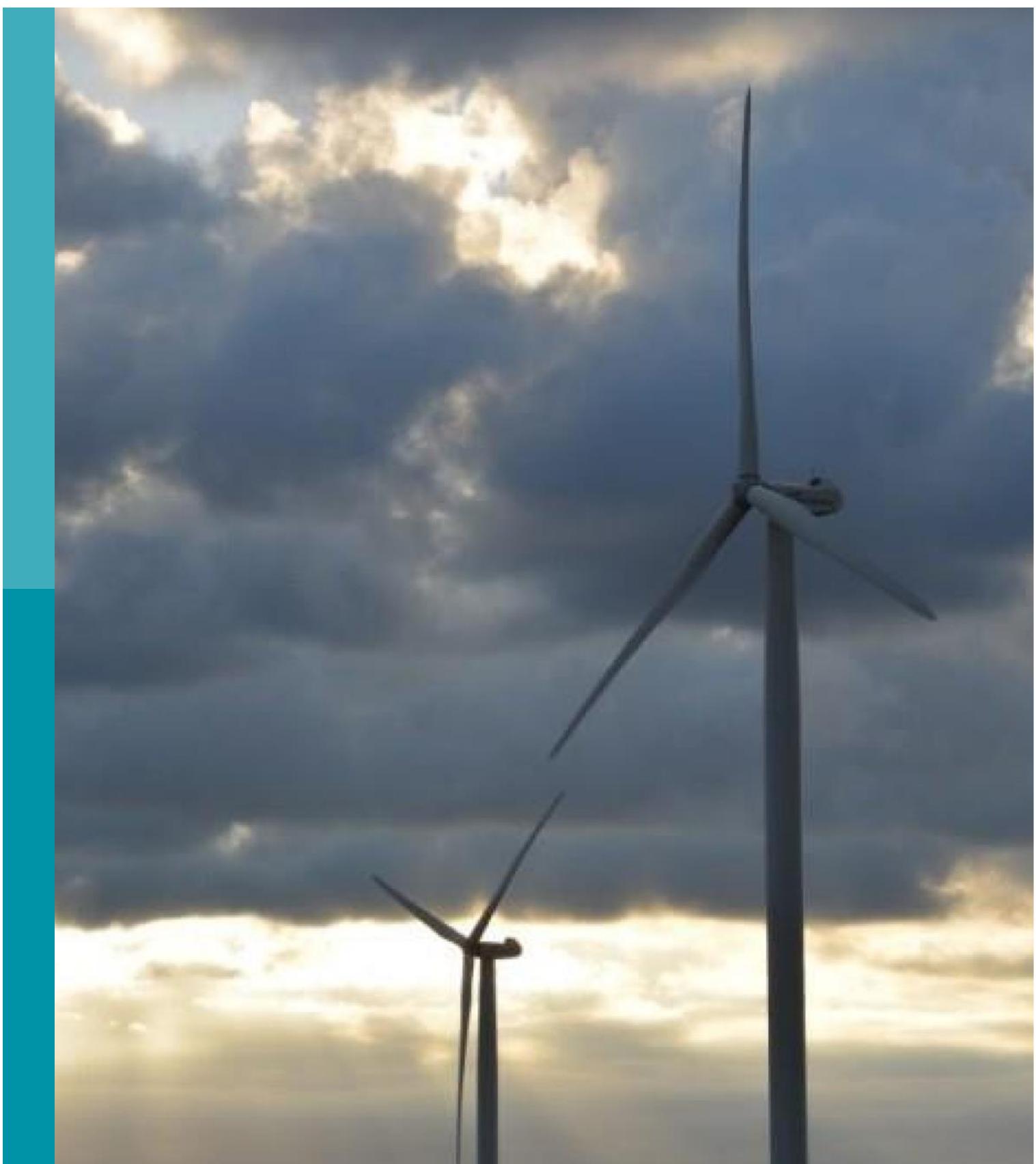
Tel que défini par le protocole national, « seules les zones à ciel ouvert et praticables sont prospectées. Le reste de la surface échantillon devra faire l'objet d'une correction proportionnelle par coefficient surfacique ». Les zones non prospectables sont définies comme 1) des secteurs de boisements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

Le coefficient correcteur de surface par simple proportion, tel que demandé par le protocole national suppose comme hypothèse que la densité des cadavres est identique entre les zones prospectées et celles non prospectées. Par ailleurs, il est assez fréquent que le faible nombre de cadavres ne permette pas de quantifier la relation entre la densité de cadavres et la distance au sol de l'éolienne. Toutefois, ce sont majoritairement les zones éloignées des 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.

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

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



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