



BORALEX
créatrice d'énergie

Parc éolien de Evits et Josaphat, commune de Louville-la- Chenard (28)

BORALEX
mars 2024

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


biotope

Citation recommandée	Biotope, 2023, Louville-la-Chenard (28), Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères. VALOREM. 70 p	
Version/Indice	V1	
Date	mars 2024	
Nom de fichier	Evits et Josaphat_Mortalité_VALOREM_Biotope_V1	
Référence dossier	Evits et Josaphats	
Maître d'ouvrage	BORALEX	
Interlocuteurs	Vezians Dupont	Contact : <vezians.dupont@boralex.com>
Biotope, Rédaction de l'étude	Vincent RENARDIER Julien BARGE	
Biotope, Contrôleur qualité	Ludivine DOYEN	Contact : ldoyen@biotope.fr Tél : 06 78 87 24 58

Avant-propos

Le parc éolien d'Evits et Josaphat est en fonctionnement depuis 2006. Ce dernier a fait l'objet d'un renouvellement des éoliennes (« repowering ») qui est mis en service depuis fin 2022.

La société BORALEX a missionné Biotope pour réaliser le suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères entre mi-mai et fin octobre 2023 au niveau du parc.

En parallèle du suivi de la mortalité, l'arrêté préfectoral préconisait également un suivi spécifique de l'Œdicnème criard, du Cochevis huppé et du Busard cendré dans un rayon d'un kilomètre autour des éoliennes du parc entre avril et juin 2023. En cas de découverte de nidification de Busards et/ou de Cochevis, BORALEX devait établir une convention avec l'exploitant concerné afin de mettre en œuvre des mesures de protection. Cette mission fait l'objet d'un autre rapport

Extrait de l'Arrêté préfectoral d'autorisation environnemental relatif au renouvellement du parc éolien Evits et Josaphat du 26 juillet 2019, concernant la préservation de l'avifaune et des chiroptères :

Préservation de l'avifaune et des chiroptères

Au cours de la première année complète de fonctionnement, et au moins une fois tous les 10 ans, l'exploitant met en place, à ses frais, le suivi environnemental prévu à l'article 12 de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent permettant de discriminer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs. Ce suivi est basé sur un minimum de 20 passages de mi-mai à fin octobre. La pression d'inventaire devra être plus forte dans la période de bridage, avec au moins un passage par semaine entre le 1^{er} août et le 31 octobre. Les méthodes mises en œuvre sont celles prévues par le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres reconnu par le ministère en charge de l'écologie. Ces études sont conduites par une personne ou un organisme qualifié. Le rapport contient en outre les écarts de ces résultats par rapports aux analyses précédentes ainsi que d'éventuelles propositions de mesures correctives, le cas échéant. Le rapport est tenu à la disposition de l'inspection des installations classées. L'exploitant engage sous un délai maximum de 6 mois les mesures préconisées dans le rapport de suivi environnemental de mortalité des chiroptères et de l'avifaune.

Au cours de la première année de fonctionnement, et au moins une fois tous les 10 ans, des suivis de l'activité de l'avifaune et des chiroptères sont réalisés. Le suivi de l'activité des chiroptères comprend en particulier des mesures en continu en altitude sur l'éolienne E6 du 1^{er} août au 31 octobre, dans l'objectif d'affiner si nécessaire les conditions de bridage (conditions météorologiques). Ces mesures seront donc couplées à des enregistrements des paramètres météorologiques (pluviométrie, vitesse du vent, température). Dans le cadre du suivi de l'avifaune, une attention sera notamment portée sur la recherche de l'Œdicnème Criard et de nids de Busard Cendré et de Cochevis huppé. En cas de découverte de nidification du Busard Cendré et/ou de Cochevis huppé, l'exploitant établira une convention avec l'exploitant agricole concerné afin de mettre en œuvre des mesures de protection

L'arrêté préfectoral ne fait mention que du suivi du Busard cendré pour les rapaces sur le parc d'Evits et Josaphat. Cependant, compte-tenu des habitats disponibles, de la bibliographie (INPN, Obs'28, étude d'impact sur l'environnement pour le projet de renouvellement du parc d'Evits et Josaphat), de notre connaissance de l'écologie des espèces et des observations réalisées de Busard Saint-Martin et de Busard des roseaux, il a été décidé de les inclure également dans le suivi.

Le présent document présente les résultats des suivis réalisés 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 Evits et Josaphat.

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	10
1	Contexte – présentation du parc et données historiques	11
1.1	Présentation du parc	11
1.2	Rappel des enjeux de l'étude d'impact	13
2	Méthodologie appliquée	15
2.1	Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national	15
2.2	Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées	16
2.3	Conditions de réalisation du suivi de mortalité	19
2.4	Équipe de travail	23
2	Synthèse et analyse des résultats	24
1	Résultats du suivi de mortalité	25
1.1	Résultats bruts	25
1.2	Analyse des résultats	35
1.3	Synthèse du suivi de mortalité	45
2	Facteurs d'impact et mesures correctives	47
2.1	Analyse croisée avec l'étude d'impact	47
2.2	Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères	49
2.3	Suivi du comportement des oiseaux	56
2.4	Autres facteurs d'impact	57
3	Mesures correctives	59
3.1	Bridage éolien en fonction de l'activité chiroptérologique	59
3.1	Reconduction du suivi post implantation	60
3.2	Entretien rigoureux des plateformes	60
3.3	Suivi des Busards	60
3.4	Nichoirs	Erreur ! Signet non défini.
	Bibliographie	62
	Annexes	66

Liste des tableaux

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques	19
Tableau 2 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 2 tests).	22

Tableau 3 : Équipe de travail	23
Tableau 4 : 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.	29
Tableau 5 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Evits et Josaphat	30
Tableau 6 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 09/08/2023), les données régionales de la DREAL (mis à jour le 21/09/2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope 2022 pour des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine.	32
Tableau 7 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauve-souris touchées par le parc de Evits et Josaphat	33
Tableau 8 : Bilan de l'occupation du sol pour les quatre éoliennes 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).	35
Tableau 9 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 24 passages	39
Tableau 10 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les deux tests de persistance pour chacune des quatre éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.	40
Tableau 11 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations et interpolations) par type d'occupation du sol pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi. Les valeurs d'extrapolation renseignées à dire d'expert sont indiquées en gras.	41
Tableau 12 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation	42
Tableau 13 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Evits et Josaphat sur la période du suivi	43
Tableau 14 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Evits et Josaphat sur la période du suivi	44
Tableau 15 Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité	47
Tableau 19 : Abondance relative des contacts de chiroptères en altitude au niveau du parc éolien de Evits et Josaphats en 2023.	51

Tableau 20 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce en 2023.	55
Tableau 17 : Comparatif entre le suivi mortalité avant repowering de 2015 et le suivi mortalité de 2023.	57
Tableau 18 : Comparatif des espèces entre le suivi mortalité avant repowering de 2015 et le suivi mortalité de 2023.	58
Tableau 20 : Scénarios de bridage proposés sur le site d'Evits et Josaphat	59
Tableau 19 : Résultats du suivi mortalité	67

Liste des illustrations

Figure 1 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Evits et Josaphat (de gauche à droite, E01, E02, E03, E04, E05 et E06)	12
Figure 2 : Situation paysagère et disposition des éoliennes du parc éolien de Evits et Josaphat	12
Figure 3 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope	21
Figure 4 : Mortalité par espèces ou groupes d'espèces observées sur le parc éolien de Evits et Josaphat	25
Figure 5 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts. De gauche à droite et de haut en bas : Noctule de leisler, Buse variable, Faisan de Colchide, Faucon crécerelle, Rougegorge familier et Martinet noir © Biotope	26
Figure 6 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Evits et Josaphat	26
Figure 7 : Nombre de cadavres découverts par éolienne	27
Figure 8 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Evits et Josaphat. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.	28
Figure 9 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation	28
Figure 10 : Projection du 'quantile de mortalité' en fonction de la mortalité brute de votre parc à travers la répartition du nombre de cadavres découverts sur les parc éoliens suivis par Biotope (de 2019 à 2022).	34
Figure 11 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi	36
Figure 12 : Occupation du sol pour les éoliennes E01, E02, E03, E04, E05, E06 (de gauche à droite et de haut en bas) le 17 mai 2023 (premier passage en haut) et le 25 octobre 2023 (passage 24)	37
Figure 13 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. A gauche évolution du pourcentage de surface prospectée par passage, à droite 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).	38
Figure 14 : Durées de persistance moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédation	39
Figure 14 : Efficacité de recherche en fonction de la hauteur de végétation à l'échelle du parc.	40
Figure 15 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Evits et Josaphat au cours du suivi de 2023 sur 161 jours	43
Figure 16 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Evits et Josaphat au cours du suivi de 2023 sur 161 jours	45
Figure 21 : Phénologie de découverte des cadavres à l'échelle du parc de Evits et Josaphats en 2023.	49
Figure 22 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, durant la période de collecte des données (2023).	50
Figure 23 : Nombre de contacts mensuels, pour la Pipistrelle commune, observé au niveau de la nacelle (90 m) durant les différents mois de mai à octobre 2023. (μ - microphone).	50
Figure 24 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre mai et octobre.	52
Figure 19 : Nombre de contacts mensuels, pour les espèces du groupe des sérotules, observé au niveau de la nacelle (90 m) durant les différents mois de mai à octobre 2023. (μ - microphone).	53
Figure 26 : Nombre de contacts mensuels, pour la Pipistrelle commune, observé au niveau de la nacelle (90 m) durant les différents mois de mai à octobre 2023. (μ - microphone).	54
Figure 27 : Nombre de contacts mensuels, pour la Pipistrelle de Nathusius, observé au niveau de la nacelle (90 m) durant les différents mois de mai à octobre 2023. (μ - microphone).	55
Figure 27 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018	69
Figure 28 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).	69

Annexes

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres	67
Annexe 2 : Détails des arrêtés relatifs aux installations de production d'électricité	68

Annexe 3 : Détails sur les méthodes d’inventaires attendues à l’échelle nationale	69
Annexe 4 : Détails sur les coefficients correcteurs et des méthodes statistiques	70

1

Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Contexte – présentation du parc et données historiques

1.1 Présentation du parc

Le parc d'Evits et Josaphat se situe dans le département de l'Eure et Loire (28), en région Centre-Val de Loire sur la commune de Louville-la-Chenard. Il est situé à environ 25 km au sud-est de Chartres et à environ 55 km au nord d'Orléans.

Le parc, mis en fonctionnement en 2009, puis ayant fait l'objet d'un repowering fonctionnel depuis fin 2022, comprend 6 éoliennes de type N117 (Nordex de 117 mètres de rotor), d'une puissance nominale de 3,45 MW. Ces éoliennes ont une hauteur de moyeu de 91,5 mètres et un rotor de 117 mètres de diamètre.

Le parc d'Evits et Josaphat se situe au sein d'une zone agricole intensive caractérisée par de grandes cultures céréalières et oléagineuses. On notera la présence d'un boisement « Bois des Fontaines » à proximité de l'éolienne E06.



Eolienne 1



Eolienne 2



Eolienne 3



Eolienne 4

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



Eolienne 5



Eolienne 6

Figure 1 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Evits et Josaphat (de gauche à droite, E01, E02, E03, E04, E05 et E06)



Figure 2 : Situation paysagère et disposition des éoliennes du parc éolien de Evits et Josaphat

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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 2016/2017 et rédigée en 2018 afin de les comparer avec les résultats des suivis post-implantations réalisés en 2023.

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

L'aire d'étude initiale correspond à un périmètre d'étude rapproché de 3 à 5 km.

Pour la partie « oiseaux », 12 passages ont été réalisés sur la période 2016-2017 couvrant l'ensemble des cycles biologiques suivants : 3 en période nuptiale, 5 en migration postnuptiale, 2 en période hivernale et 2 en migration prénuptiale (4 relevés réalisés entre décembre et février pour l'avifaune hivernante). L'ensemble des observations directes ont été réalisées en parcourant l'aire d'étude pour chacun des 12 passages. Cette méthode a permis d'apprécier l'utilisation du site par les oiseaux nicheurs ou en transit mais aussi de préciser les espèces hivernantes et en passage migratoire.

Pour la partie chauves-souris, 6 sorties de terrains en période nocturne (deux en période de transit printanier 2017, deux en période de parturition 2017 et deux en période de transit automnal 2016) et un passage en période diurne (recherche de gîte). Ces sorties résultent en un total de 6 sorties d'écoute active (de 7 à 11 points par nuit) et 28 points d'écoute passive. De plus 425 nuits complètes d'enregistrement en altitude ont été effectuées entre août 2016 et novembre 2018 et analysées.

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

Au total 48 espèces ont été observées sur la zone d'étude durant la période de suivis 2016-2017 lors des passages de terrains aux différentes saisons. « Sur les 48 espèces fréquentant le site toute période confondue : 34 espèces sont protégées au niveau national, 3 espèces sont inscrites à l'annexe 1 de la directive oiseaux (Busard Saint-Martin, Busard cendré et Pluvier doré), 2 espèces présentent un intérêt patrimonial fort (Busard Saint-Martin et Busard cendré, espèces nicheuses de la directive oiseaux) et 11 espèces présentent un intérêt modéré, car vulnérables ou quasi-menacées en France ou en Centre Val de Loire (Alouette des champs, Bruant jaune, Bruant proyer, Chardonneret élégant, Cochevis huppé, Faucon hobereau, Linotte mélodieuse, Perdrix grise, Pluvier doré, Vanneau huppé, Verdier d'Europe. Il n'est pas tenu compte des espèces vues uniquement en vol.

12 espèces sont d'intérêt patrimonial : 3 espèces de l'Annexe 1 de la Directive Oiseaux, 6 espèces avec statut défavorable dans la liste rouge nationale des nicheurs, 9 espèces avec statut défavorable dans la liste rouge régionale des nicheurs : **ENJEU GLOBALEMENT MODERE à FORT.**

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

La zone d'étude n'est pas utilisée par les chiroptères pour chasser. La typologie de la zone explique cette absence de chiroptères en chasse, en effet, il s'agit d'une plaine de culture intensive où ne subsistent que de rares boqueteaux. Bien qu'ayant fait l'objet de recherches poussées au sol, les seuls endroits où des contacts de chasse ont été notés sont les villages environnants et le parc du château de Louville.

Ils ne sont fréquentés que par une seule espèce de chiroptère, la Pipistrelle commune. Cette espèce est commune régionalement et nationalement. Les données collectées en altitude du

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

parc de Evits et Josaphat ont démontré que 2 espèces de chiroptères (Noctule commune et Pipistrelle commune) traversaient la zone d'étude lors de déplacements de type migratoire en automne. Le niveau de sensibilité au projet apparaît faible pour la Pipistrelle commune, en raison de la non-utilisation de la zone d'étude pour chasser. Le niveau de sensibilité est peu élevé pour les déplacements migratoires de la Noctule commune en raison du faible nombre d'individus notés lors de ces migrations.

Cette aire d'étude apparaît à première vue, en termes d'habitats, comme peu favorable avec un **enjeu globalement faible** pour la majorité des espèces de chauves-souris recensées en région centre. Composée de vastes parcelles de cultures non reliées par des linéaires denses de haies, elle ne présente que peu d'habitats susceptibles d'abriter des populations aussi importantes que variées de chiroptères.

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.

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 28). 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 : $(\text{nombre d'éoliennes} - 8) / 2$.

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 29). 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.

2.1.3 Obligations réglementaires spécifiées dans l'arrêté préfectoral

Au cours de la première année complète de fonctionnement, et au moins une fois tous les 10 ans, l'exploitant met en place, à ses frais, le suivi environnemental prévu à l'article 12 de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent permettant de « discriminer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs ». Ce suivi est basé sur un minimum de 20 passages de mi-mai à fin octobre. La pression d'inventaire devra être plus forte dans la période de bridage, avec au moins un passage par semaine entre le 1^{er} août et le 31 octobre. Les méthodes mise en œuvre sont celles prévues par le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestre reconnu par le ministère en charge de l'écologie. Ces études sont conduites par

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

une personne ou un organisme qualifié. Le rapport contient en outre les écarts de ces résultats par rapports aux analyses précédentes ainsi que d'éventuelles propositions classées. L'exploitant engage sous un délai maximum de 6 mois les mesures préconisées dans le rapport de suivi environnemental de mortalité des chiroptères et de l'avifaune.

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 Evits et Josaphat. Il présente par ailleurs en détail les principales données collectées et analyses réalisées.

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

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

Principe de l'estimation de mortalité et formules utilisées

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

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 **coefficient de persistance (s)** et le **coefficient d'efficacité de recherche (f)**, deux tests doivent faire l'objet d'une mise en œuvre précise :

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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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 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 prédation en fonction du type de leurre déployé (mammifères et/ou oiseaux), de la période du test et de l'éolienne. Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un processus classique de sélection de modèles par la pondération des AIC*. Le modèle sélectionné permet d'estimer les paramètres recherchés avec leurs incertitudes (intervalles de confiance à 95%**) et prédites en fonction des facteurs retenus. Ces facteurs, comme la période du test ou l'éolienne, sont retenus dès lors que ce facteur permet de mieux correspondre à la réalité observée des tests, comme une différence significative entre les tests et/ou entre éoliennes.

- Évaluation du coefficient moyen d'efficacité de recherche

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

- 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 x 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

● **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

trouvés ainsi que la probabilité globale de les détecter (c'est-à-dire les chances réelles de trouver un cadavre selon les différentes méthodes d'estimation), cette méthode permet de déterminer *a posteriori* l'intervalle de confiance à 95% associé.

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

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 60 m autour de chaque éolienne : 13 cercles éloignés de 5 m les uns des autres, en partant du plus éloigné du mât de l'éolienne (60 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 60 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, 13 cercles de diamètre variable ont été parcourus ainsi qu'un tour au pied de l'éolienne.

Pour chaque éolienne, nous prévoyons alors de parcourir 2695 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.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Détermination des cadavres

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

Les ouvrages 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 **Erreur ! Référence non valide pour un signet.**

Ainsi 24 passages ont été réalisés, à raison d'un par semaine, du 17 mai 2023 au 25 octobre 2023.

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
Suivi de mortalité (24 passages)		
1	17/05/2023	Nébulosité : 81%. Température : 13.8 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 13.1 km/h. Direction du vent : N
2	24/05/2023	Nébulosité : 95%. Température : 15.2 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 14.9 km/h. Direction du vent : NE
3	31/05/2023	Température : 19.9 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 15.3 km/h. Direction du vent : NE
4	07/06/2023	Température : 22.1 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 8.1 km/h. Direction du vent : NE
5	14/06/2023	Température : 24.9 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 5.5 km/h. Direction du vent : N
6	21/06/2023	Nébulosité : 82%. Température : 23.2 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 0.7 km/h. Direction du vent : SE
7	28/06/2023	Nébulosité : 95%. Température : 21.8 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 4.6 km/h. Direction du vent : NE
8	05/07/2023	Nébulosité : 89%. Température : 17.8 °C. Pluie : 0 mm/h
9	12/07/2023	Nébulosité : 75%. Température : 21.3 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 11.1 km/h. Direction du vent : O

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
10	19/07/2023	Nébulosité : 89%. Température : 21 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 11.3 km/h. Direction du vent : O
11	26/07/2023	Nébulosité : 93%. Température : 19.3 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 10.6 km/h. Direction du vent : O
12	02/08/2023	Nébulosité : 95%. Température : 20.3 °C. Pluie : 0.19 mm/h. Vitesse du vent : 23.1 km/h. Direction du vent : SO
13	09/08/2023	Nébulosité : 96%. Température : 20.2 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 5.8 km/h. Direction du vent : O
14	16/08/2023	Nébulosité : 81%. Température : 22.8 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 7 km/h. Direction du vent : N
15	23/08/2023	Nébulosité : 94%. Température : 25.8 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 6.9 km/h. Direction du vent : NE
16	30/08/2023	Nébulosité : 97%. Température : 17.7 °C. Pluie : 0.05 mm/h. Vitesse du vent : 9.1 km/h. Direction du vent : SO
17	06/09/2023	Température : 29 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 5.7 km/h. Direction du vent : N
18	13/09/2023	Nébulosité : 94%. Température : 19.7 °C. Pluie : 0.02 mm/h. Vitesse du vent : 4 km/h. Direction du vent : NO
19	20/09/2023	Nébulosité : 96%. Température : 20.4 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 21 km/h. Direction du vent : S
20	27/09/2023	Nébulosité : 88%. Température : 21 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 4.1 km/h. Direction du vent : S
21	04/10/2023	Nébulosité : 75%. Température : 14 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 4 km/h. Direction du vent : SO
22	11/10/2023	Température : 21.3 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 13.9 km/h. Direction du vent : S
23	18/10/2023	Nébulosité : 99%. Température : 16.2 °C. Pluie : 0.74 mm/h. Vitesse du vent : 17.6 km/h. Direction du vent : E
24	25/10/2023	Nébulosité : 97%. Température : 13.2 °C. Pluie : 0.46 mm/h. Vitesse du vent : 12.1 km/h. Direction du vent : SO
Tests de prédation (2 tests)		
Test 1	22/05/2023	Dépôt de 60 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Test 2	28/08/2023	Dépôt de 60 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	24/05/2023	Dépôt de 15 leurres
Test 2	30/08/2023	Dépôt de 90 leurres

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.3.2 Réalisation des tests de prédation

Les deux tests de prédation ont été réalisés sur 14 jours sous l'ensemble des éoliennes du parc. Les tests de prédation ont été réalisés par l'opérateur en charge du suivi de mortalité. La pose (J0), a été réalisée en début de semaine en dehors du cadre habituel d'un passage hebdomadaire « suivi de mortalité ». 60 cadavres de jeunes rats (fraîchement décongelés, catégories « Petit rats 25 – 50g ») ont été disposés de manière aléatoire (localisations générées une fois seulement par SIG puis réutilisées pour chaque test) sur l'ensemble des zones de prospections (tampon de 60 m autour des éoliennes). Les visites de contrôle ont été menées lors de différents jours (J+1, J+2, J+4, J+7, J+10, J+14), tôt le matin, pendant deux semaines. L'opérateur avait la charge de noter la présence de tous les cadavres avec identification et localisation des cadavres disparus à chaque passage dédié.

2.3.3 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 15 à 90 leurres disposés par test, (Tableau 2 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)). La pose est réalisée tôt le matin avant le lancement du suivi ou bien la veille en fin de journée. Des leurres non organiques ont été déployés (pas de risques de disparition par les prédateurs). La position de chaque lure est enregistrée au GPS. Le test se déroule pendant la réalisation du suivi de mortalité par l'observateur selon le protocole habituel des transects circulaires. L'observateur a noté et localisé les leurres retrouvés et l'opérateur en charge du test, contrôle à la fin du suivi de mortalité, le nombre de leurres découverts par catégorie d'occupation du sol testée.



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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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

	E01	E02	E03	E04	E05	E06	Parc ensemble
Occupations du sol							
Champ sol nu	4	2	6	0	3	0	15
Chaume	0	0	6	9	15	0	30
Déchaume	7	15	0	0	0	8	30
Plateforme	6	4	4	3	4	9	30
Hauteurs de végétation							
0	10	6	10	3	7	9	45
5	0	15	0	0	0	0	15
10	7	0	0	0	0	8	15
15	0	0	6	9	0	0	15
20	0	0	0	0	15	0	15
Dates de tests							
24/05/2023	3	2	3	1	3	3	15
32/08/2023	14	19	13	11	19	14	90
Total	17	21	16	12	22	17	105

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 totalité partie du suivi a été réalisée par la même personne (qui a été testée).

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 fait 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 4 catégories d'occupation du sol qui ont été testées ainsi que 5 hauteurs différentes de végétation.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.4 Équipe de travail

Une équipe pluridisciplinaire a été constituée dans le cadre de cette étude (Tableau 3).

Tableau 3 : Équipe de travail

Domaine d'intervention	Agents de Biotope
Contrôle qualité	Ludivine DOYEN
Chef de projet Responsable du projet	Julien BARGE
Technicien suivi de mortalité Rédaction de l'étude	Vincent RENARDIER
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (24 sessions)	Sarah CARDIN

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, 11 cadavres ont été trouvés au sein du parc éolien de Evits et Josaphat, dont 10 oiseaux (7 espèces) et 1 chauve-souris (1 espèce et un groupe d'espèces) entre le 17 mai 2023 et le 25 octobre 2023

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

Les espèces d'oiseaux trouvés sont la Buse variable (2 individus), le Faisan de Colchide (1 individu), le Faucon crécerelle (2 individus), le Martinet noir (1 individu), le pigeon biset (2 individus), le Pigeon ramier (1 individu) et le Rougegorgé familier (1 individu).

La seule espèce de chauve-souris trouvée est la Noctule de Leisler (1 individus)

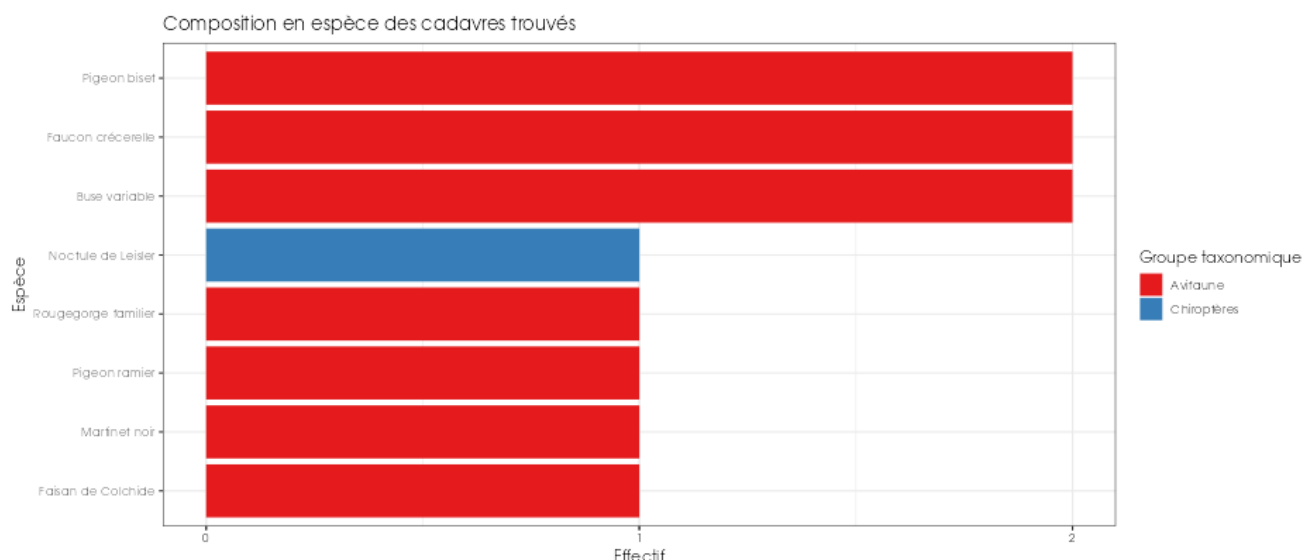
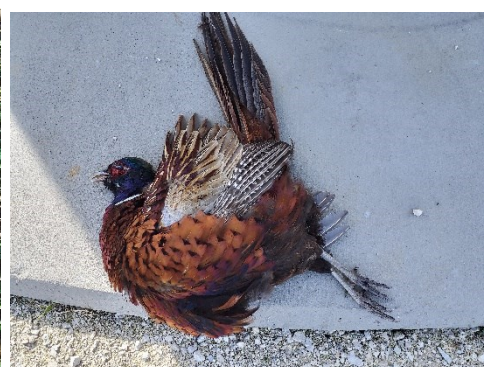


Figure 4 : Mortalité par espèces ou groupes d'espèces observées sur le parc éolien de Evits et Josaphat



2 Synthèse et analyse des résultats



Figure 5 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts. De gauche à droite et de haut en bas : Noctule de leisler, Buse variable, Faisan de Colchide, Faucon crécerelle, Rougegorge familier et Martinet noir © Biotope

Au niveau phénologique, on remarque que :

- Les cadavres d'oiseaux ont été observés sur trois périodes : de mi-mai à mi-juin puis mi-juillet à fin août et enfin de fin septembre à fin octobre. Au regard des effectifs, un léger pic de mortalité qui se dégage sur la période juillet-août lors de ce suivi. Les espèces découvertes sont concernées à la fois en période de nidification (Martinet noir, rougegorge familier) et de migration/dispersion postnuptiale (Faucon crécerelle)
- Le cadavre de Noctule de Leisler a été retrouvé la semaine du 7 septembre. Après une période de reproduction fin août - début septembre, cette espèce peut migrer sur une distance proche de 1000 km avant de retrouver leur quartier d'hiver vers le sud-ouest.

L'individu découvert mort l'a été par barotraumatisme et/ou par collision avec les pâles soit concrètement, une mort est imputable aux éoliennes du parc.

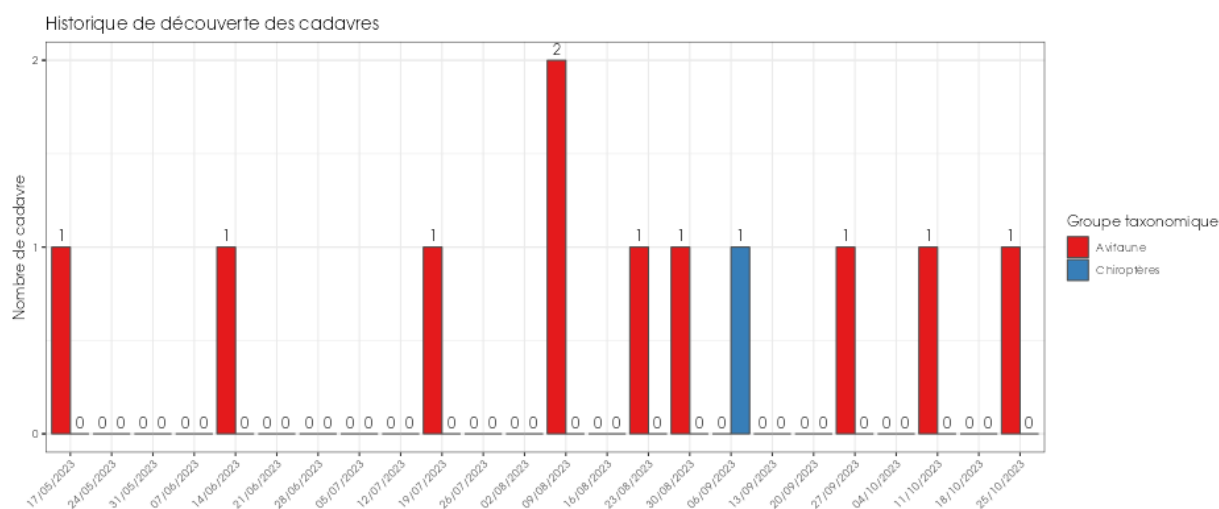


Figure 6 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Evits et Josaphat

2 Synthèse et analyse des résultats

1.1.2 Suivi par éolienne

L'analyse par éolienne montre que des cadavres ont été retrouvés sous les six éoliennes avec des effectifs de 2 individus pour 5 éoliennes sur 6. Concernant les oiseaux, les 6 éoliennes montrent un impact, avec une mortalité de 1 à 2 individus maximum. L'éolienne E03 est la seule à montrer un cas de mortalité pour les chiroptères (1 individu).

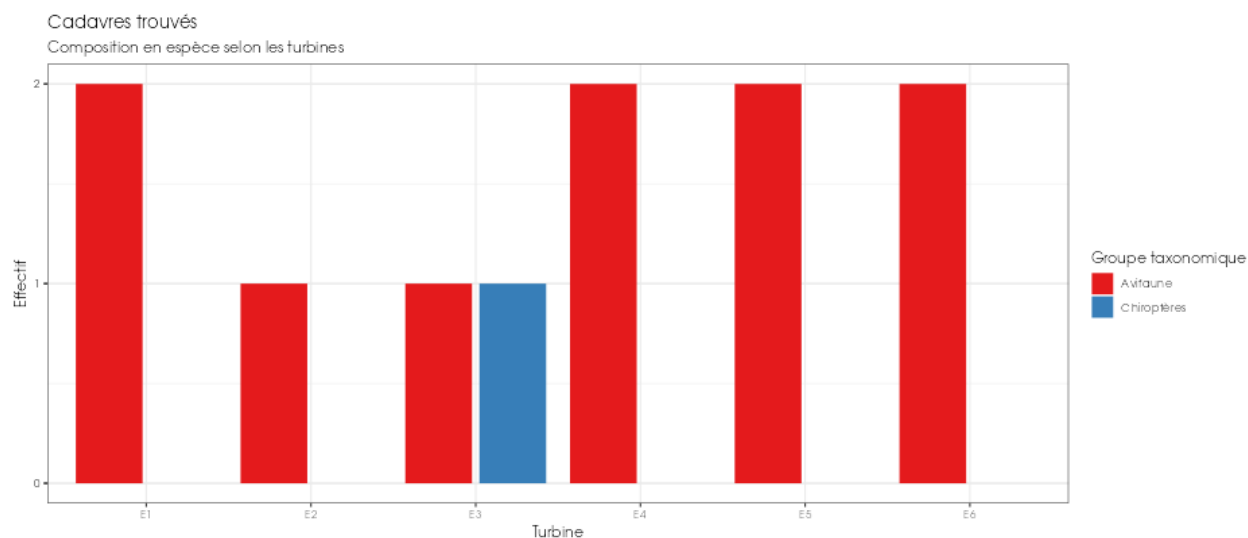


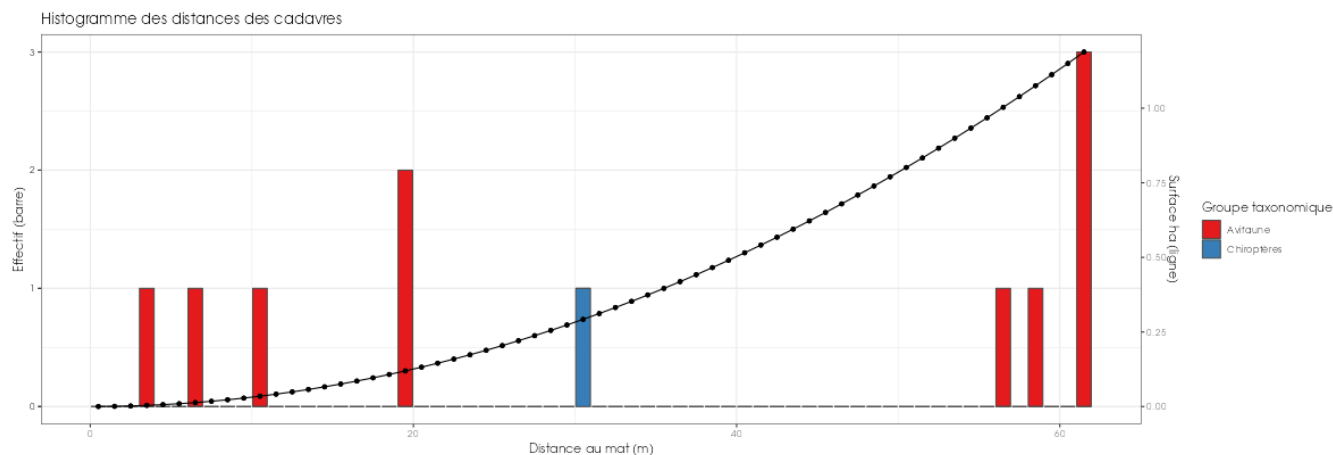
Figure 7 : Nombre de cadavres découverts par éolienne

L'ensemble des éoliennes présentent des cas de mortalité pour l'avifaune, seul l'éolienne E03 présente un cas de mortalité pour les chiroptères. Les mortalités brutes recensées varient peu entre les éoliennes, comprises entre 1 et 2 cadavres par éolienne. La majorité des cadavres appartient au groupe des oiseaux (10 individus). L'éolienne E02 (dans une moindre mesure) semble avoir un impact moins marqué que les autres machines sur la base des résultats bruts.

1.1.3 Répartition spatiale des observations

Les observations pour l'avifaune ont été réalisées majoritairement aux « extrêmes » de la zone de prospection. Cinq cadavres ont été observés entre 4 et 19 mètres et les cinq autres entre 56 et 62 mètres. Pour les chiroptères, le seul individu a été retrouvé 31 mètres du mat.

Les cadavres ont été plus fréquemment découverts au sud-est des éoliennes



2 Synthèse et analyse des résultats

Figure 8 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Evits et Josaphat. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.

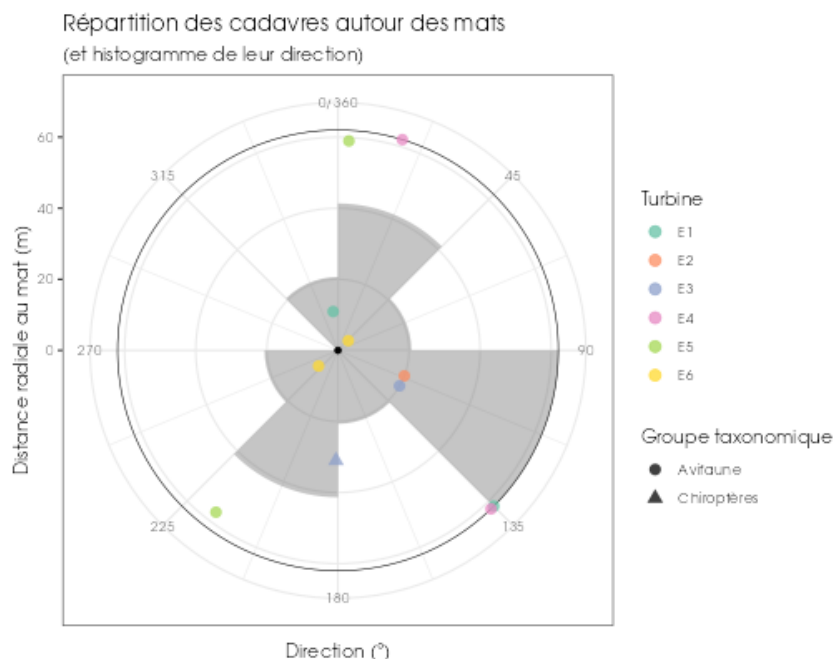


Figure 9 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation

1.1.4 Description des oiseaux retrouvés

10 individus répartis au sein de 7 espèces ont été retrouvés et identifiés sous les éoliennes du parc de Evits et Josaphat : la Buse variable (2 individus), la Faucon crécerelle (2 individus), le Faisan de colchide (1 individu), le Martinet noir (1 individu), le Pigeon biset (2 individus), le Pigeon ramier (1 individu) et le Rouge-gorge familier (1 individu).

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 la Buse variable, le Faucon crécerelle, le Martinet noir, le Pigeon ramier et le Rouge-gorge familier 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 partie des 10 espèces les plus découvertes en Métropole. Le pigeon biset au 17^{ème} rang, reste dans le haut du tableau au niveau des espèces retrouvées. Concernant le Faisan de Colchide, il est rarement observé au niveau des éoliennes lors des suivis avec 4 apparitions dans notre référentiel, ce qui le classe au 28^{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 la Buse variable, le Faucon crécerelle, le Martinet noir et le Pigeon ramier restent dans la liste des espèces les plus impactées en Europe et en France. En effet, sur les

2 Synthèse et analyse des résultats

224 espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité en Europe, elles sont respectivement classées au 2^{ème}, 3^{ème}, 6^{ème} et 10^{ème} rang européen et 4^{ème}, 3^{ème}, 1^{er} et 5^{ème} rang français des espèces les plus découvertes et les plus touchées d'après la base de Tobias Dürr. Concernant les trois autres espèces, le Rouge-gorge familier et le Faisan de colchide restent fortement impacté (17^{ème} et 19^{ème} Europe et 11^{ème} et 10^{ème} France), le pigeon biset est beaucoup moins fréquent lors des suivis, il se situe au 63^{ème} rang européen et 35^{ème} rang Français, ce qui fait de lui une espèce peu fréquente en termes de mortalité.

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 Rougegorge familier, le Martinet noir, le Faucon crécerelle, le Pigeon ramier et la Buse variable comptent parmi les espèces les plus fortement impactées au niveau régional (respectivement aux 2^{ème}, 3^{ème}, 4^{ème}, 5^{ème} et 6^{ème} rang). Le Faisan de Colchide est classé 10^{ème} à l'échelle régionale et le Pigeon biset est 20^{ème}.

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 Evits et Josaphat par rapport à celle 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 confortée au niveau métropolitain par le « référentiel de mortalité brute » réalisé par Biotope en 2022.

Tableau 4 : 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 Evits et Josaphat
Buse variable	2 (1189)	4 (314)	4 (61)	6 (51)	7 (15)	18 (3)	1 (772)	26 (31)	5 (30)	8 (13)	1 (2)

2 Synthèse et analyse des résultats

Faucon crécerelle	3 (867)	3 (347)	3 (71)	4 (58)	4 (28)	14 (7)	8 (155)	2 (273)	10 (14)	13 (39)	1 (2)
Faisan de colchide	19 (203)	10 (97)	28 (4)	10 (28)	1 (62)	17 (4)	26 (32)	48 (2)	17 (5)	-	2 (1)
Martinet noir	6 (728)	1 (433)	2 (74)	3 (90)	8 (14)	17 (4)	7 (170)	13 (75)	17 (5)	7 (18)	2 (1)
Pigeon biset	63 (27)	35 (23)	17 (9)	20 (8)	13 (39)	13 (39)	13 (39)	47 (3)	21 (1)	13 (39)	1 (2)
Pigeon ramier	10 (469)	5 (222)	6 (44)	5 (55)	15 (5)	11 (13)	5 (196)	36 (14)	9 (16)	13 (39)	2 (1)
Rouge-gorge familial	17 (220)	11 (89)	10 (15)	2 (95)	-	20 (1)	24 (38)	12 (79)	21 (1)	16 (3)	2 (1)

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

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 20018, on constate que seul le Martinet noir et n'avait pas été contacté lors de l'état initial, à l'opposé des autres espèces qui ont été observées lors des inventaires réalisés et traités dans cette étude.

Évaluation des enjeux

Le Tableau 5 présente les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux retrouvées sur le parc de Evits et Josaphat à l'échelle régionale, française et européenne.

Aucune espèce n'est inscrite à l'Annexe I de la Directive Oiseaux. Cependant, 4 espèces sont protégées au niveau national (la Buse variable, le Faucon crécerelle, le Martinet noir et le Rouge-gorge familial). Le Faucon crécerelle et le Martinet noir ont un statut « quasi menacé » sur la liste rouge des oiseaux nicheurs au niveau national.

Tableau 5 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Evits et Josaphat

Espèces	Protection nationale	Directive Oiseaux	Liste rouge Europe (2015)	Liste rouge France nicheur (2016)	NIOF migrateur (2008)	Liste rouge nicheur Centre (2015)	Liste rouge migrateur Centre (2015)	Espèces déterminantes Centre : Espèces nicheuses
Buse variable	Article 3	-	LC	LC	C	LC	C	-
Faucon crécerelle	Article 3	-	LC	NT	C	LC	C	-
Faisan de colchide	-	-	LC	LC	-	DD	DD	-
Martinet noir	Article 3	-	NT	NT	CC	LC	C	-
Pigeon biset	-	-	LC	DD	-	DD	DD	-
Pigeon ramier	-	-	LC	LC	CC	LC	C	-

2 Synthèse et analyse des résultats

Rouge-gorge familial	Article 3	-	LC	LC	CC	LC	C	-
-----------------------------	-----------	---	----	----	----	----	---	---

Légende :

Protection nationale (PN)

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 (DO)

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).

Listes rouges

Liste rouge des oiseaux nicheurs en Europe (European Red List of Birds (Birdlife International, 2021)) : LC : préoccupation mineure ; NT : quasi menacée ; VU : vulnérable ; EN : en danger ; DD : données insuffisantes.

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

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

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

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

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

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

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

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>

1.1.5 Description des chauves-souris retrouvées

1 individu a été retrouvé mort sur le parc de Evits et Josaphat : **Une Noctule de leisler**. Il s'agit d'une espèce qui effectue des déplacements sur de longues distances à la suite de ses périodes de reproduction, ce qui explique sa présence aux alentours de ce parc.

La **Noctule de Leisler** est une espèce migratrice sur presque toute son aire de distribution, ce sont essentiellement les femelles qui sont concernées. Elles accomplissent de longs déplacements pouvant atteindre les 1500 km.

À titre de comparaison, Biotope a réalisé en 2022 un « **référentiel de mortalité brute** » cumulant l'ensemble des observations de cadavres de chiroptères 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 la Noctule de leisler est parmi les espèces les plus fréquemment observées en France. En effet, sur les 13 espèces ou groupes d'espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité réalisés par Biotope depuis 2019, la Khul est la 2^{de} espèce la plus découverte en Métropole.

De la même manière, la synthèse de données disponibles de Tobias Dürr (mise à jour le 9 août 2023) sur les cadavres de chauves-souris relate :

- Que sur les 24 espèces, la Noctule de leisler est la 4^{ème} espèce la plus impactée en Europe et la 5^{ème} en France.

Enfin, en région Centre-Val de Loire, la synthèse de la DREAL (mise à jour le 21/09/2023) sur les cadavres de chauves-souris relate que la Noctule de Leisler est la 3^{ème} espèce la plus impactée par l'éolien. Elle représente actuellement 11,4 % des cadavres de chiroptères retrouvés sur le sol régional.

Pour rappel, les bases de données observationnelles, que ce soit celle de Biotope, de la DREAL Centre-Val de Loire 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.

2 Synthèse et analyse des résultats

Par ailleurs, la base de données concernant les chiroptères 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 Evits et Josaphat par rapport à celle 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. De plus, ces chiffres sont des approximations car on note une grande part d'individus indéterminés au sein de chaque genre (Pipistrelle indéterminée, Noctule indéterminée, etc.). De même, pour un grand nombre d'individus, même le genre n'a pas pu être déterminé du fait, entre autres, de leur état de décomposition avancée et/ou de la non-présence de spécialistes à proximité capables d'identifier notamment les pipistrelles grâce à leur dentition. Toutefois Il s'agit néanmoins de la synthèse Européenne la plus détaillée qui existe à ce jour et qui est confortée au niveau métropolitain par le « référentiel de mortalité brute » réalisé par Biotope en 2022.

Tableau 6 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 09/08/2023), les données régionales de la DREAL (mis à jour le 21/09/2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope 2022 pour des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine.

Espèce/Pays	Rang Europe	Rang France	Rang FR Biotope	Rang régional	A	BE	CR	D	ES	PT	Rang Evits et Josaphat (effectif)
Noctule de leisler	4 (813)	5 (243)	2 (79)	3 (72)	-	-	8 (4)	4 (199)	11 (15)	2 (273)	1 (1)

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

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2018, le parc n'était fréquenté que par de la Pipistrelle commune et quelques Noctules communes qui ont traversé la zone d'étude pendant les périodes d'écoutes en altitude. Aucune de ces deux espèces n'a été retrouvées au pied des éoliennes, contrairement à la Noctule de leisler qui a été détectée lors des passages de début septembre.

La plupart des chauves-souris effectuent des déplacements entre leurs gîtes estivaux et leurs gîtes d'hibernation, variant de quelques kilomètres à plusieurs dizaines de kilomètres. Quatre espèces effectuent cependant de véritables migrations, parcourant parfois plus de 1 000 km : la Noctule commune, la Noctule de Leisler (1 cas de mortalité recensé sur le parc éolien de Evits et Josaphat), la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine bicolore (Hutterer et al. 2005). Ces espèces se reproduisent en Europe du Nord et de l'est. Les jeunes naissent entre juin et fin juillet et s'émancipent au bout de quelques semaines. On assiste donc à une migration automnale, dès le mois d'août, d'individus qui reviennent des sites de mise-bas du nord et de l'est de l'Europe pour venir s'accoupler et hiberner en Europe de l'Ouest. Ces mouvements concernent essentiellement les femelles et les jeunes, à l'exception de la Sérotine bicolore où la majorité des données en période de migration concernent des mâles. Au printemps, les femelles retournent sur leur site de mise-bas. Des colonies de mise-bas sont également présentes en France, bien que rares. Cependant, cette rareté peut être liée à un manque de connaissances, de nouvelles colonies étant découvertes chaque année, notamment pour les noctules (Arthur & Lemaire, 2015).

La Noctule commune et la Pipistrelle commune font partie des espèces les plus impactées par les parcs éoliens en fonctionnement (en Europe : Gaultier et al., 2020). Les chiroptères sont des animaux ayant une longue espérance de vie mais une faible fécondité, entraînant un faible renouvellement des populations. Une forte mortalité des adultes est donc particulièrement dommageable pour les populations (Arthur & Lemaire, 2015).

2 Synthèse et analyse des résultats

Évaluation des enjeux

Le Tableau 7 ci-dessous présente les statuts de protection et de conservation des espèces de chauves-souris retrouvées sur le parc de Evits et Josaphat à l'échelle de la France et de l'Europe. L'espèce contactée est strictement protégée en France et dans l'Union Européenne.

Tableau 7 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauve-souris touchées par le parc de Evits et Josaphat

Espèce	Directive Habitats	Protection nationale	Liste rouge Europe (2012)	Liste rouge France (2017)	Liste rouge Centre (2015)
Noctule de leisler	Annexe IV	Article 2	LC	NT	LC

Légende :

Protection nationale

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

Directive Habitats

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

Listes rouges Europe, France et Centre-Val de Loire

Liste rouge européenne des espèces menacées (UICN, 2012)

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

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

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

2 Synthèse et analyse des résultats

1.1.6 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

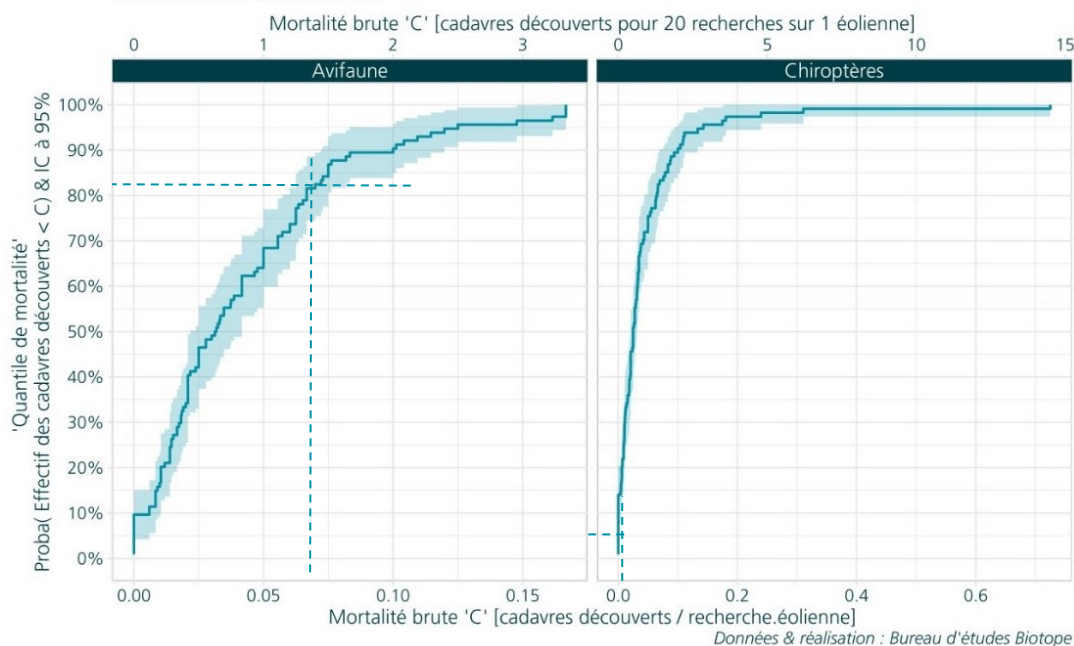


Figure 10 : Projection du 'quantile de mortalité' en fonction de la mortalité brute de votre parc à travers la répartition du nombre de cadavres découverts sur les parcs éoliens suivis par Biotope (de 2019 à 2022).

Cette représentation graphique repose sur les données extraites du référentiel de mortalité brute élaboré par Biotope. Ce référentiel synthétise l'intégralité des informations relatives aux cadavres 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 Evits et Josaphat, il a été observé un total de 10 cadavres d'oiseaux et 1 cadavre de chiroptères. Pendant le suivi, 6 éoliennes ont été suivies durant 24 passages. Cela conduit à une mortalité brute 'C' de 0.07 cadavre par recherche-éolienne pour les oiseaux et de 0,007 cadavre par recherche-éolienne pour les chiroptères.

En utilisant le graphique comme référence, nous déterminons un quantile de mortalité brute de 83% pour les oiseaux et de moins 10 % pour les chiroptères. 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 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 Evits et Josaphat sur les populations d'oiseaux et de chiroptères.

2 Synthèse et analyse des résultats

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 d'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 8 ;

Figure 11 et Figure 12). Le couvert végétal dans les zones de recherche influence directement les capacités de l'observateur à détecter les cadavres. Les milieux herbacés hauts (> à 30/40 cm) et denses sont incompatibles avec les suivis. Ainsi, dès lors que la végétation correspondait à ce type d'occupation du sol, l'efficacité de recherche a été considérée comme nulle et les parcelles non prospectées.

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

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

Tableau 8 : Bilan de l'occupation du sol pour les quatre éoliennes 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	E01	E02	E03	E04	E05	E06	Total
Blé	27,43%	15,02%	28,31%	30,14%	28,89%	25,87%	25,94%
Champ sol nu	16,42%	13,75%	18,52%	13,99%	13,91%	0,00%	12,76%
Chaume	7,60%	8,29%	23,14%	24,95%	25,06%	12,94%	17,00%
Colza	0,00%	20,19%	0,00%	0,00%	0,00%	2,77%	3,83%
Déchaume	15,43%	20,31%	10,26%	12,92%	12,88%	36,04%	17,97%
Dépôt de terre	0,00%	0,00%	0,67%	0,64%	0,51%	0,00%	0,30%
Friche	0,19%	0,00%	0,60%	0,00%	0,39%	0,00%	0,20%
Local électrique	0,00%	0,00%	0,18%	0,00%	0,00%	0,00%	0,03%
Plateforme	23,37%	20,53%	18,31%	17,37%	18,36%	22,38%	20,05%
Semis	9,55%	1,91%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,91%
Total	100 %	100 %	100 %	100%	100%	100%	100%

2 Synthèse et analyse des résultats

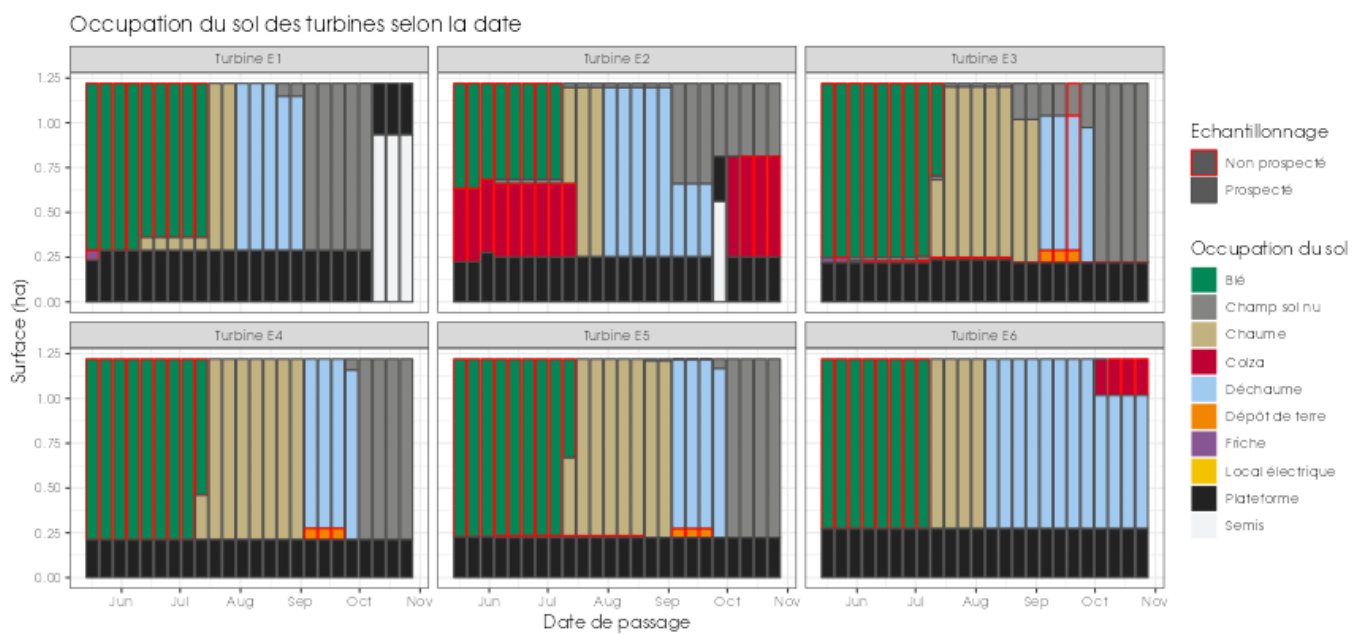


Figure 11 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi

2 Synthèse et analyse des résultats

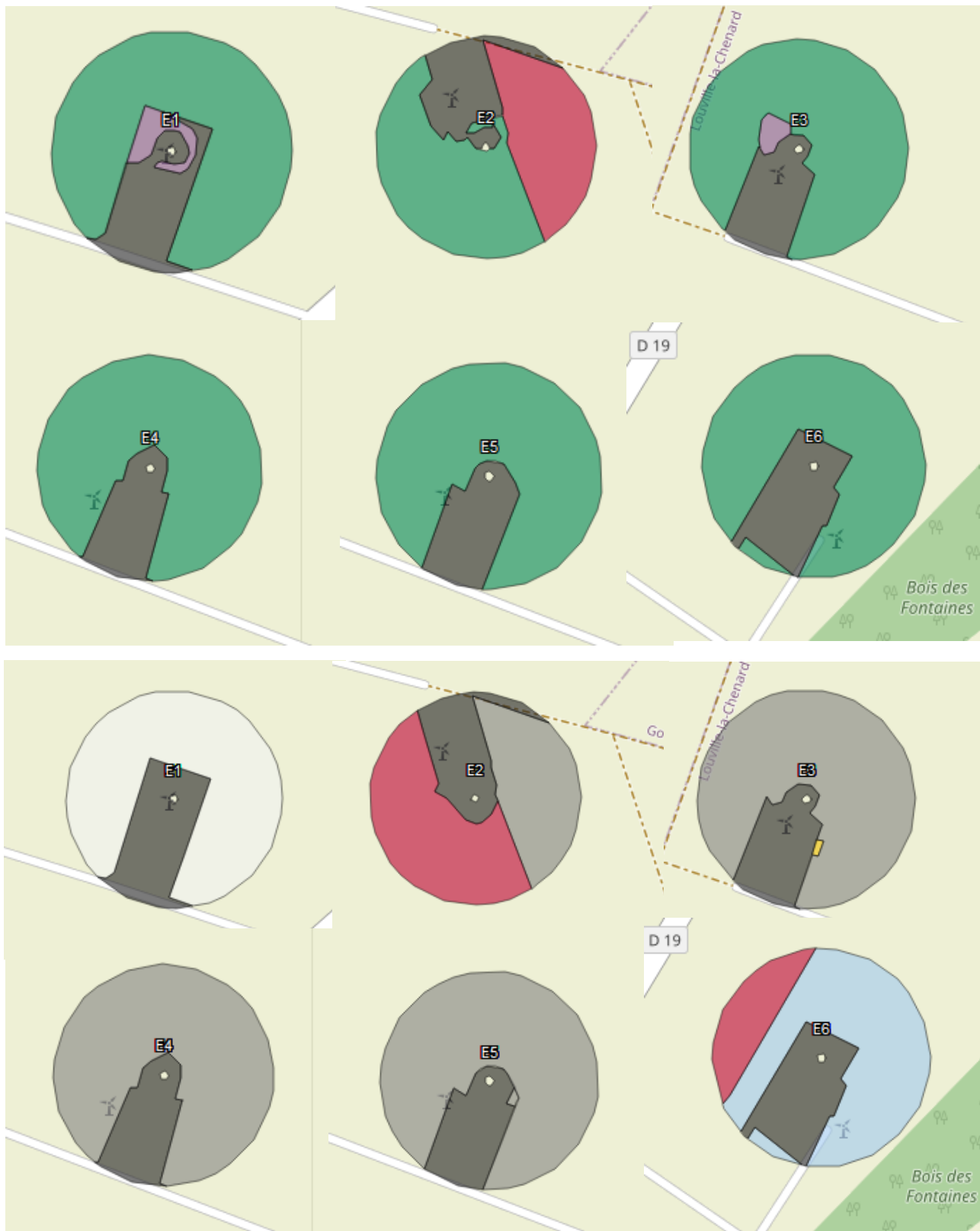


Figure 12 : Occupation du sol pour les éoliennes E01, E02, E03, E04, E05, E06 (de gauche à droite et de haut en bas) le 17 mai 2023 (premier passage en haut) et le 25 octobre 2023 (passage 24)

2 Synthèse et analyse des résultats

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. En effet, la surface prospectée (ou échantillonnée) est assez faible entre le mai et juillet, puis devient casi-totale à partir de juillet, notamment dû aux fauches de l'été.

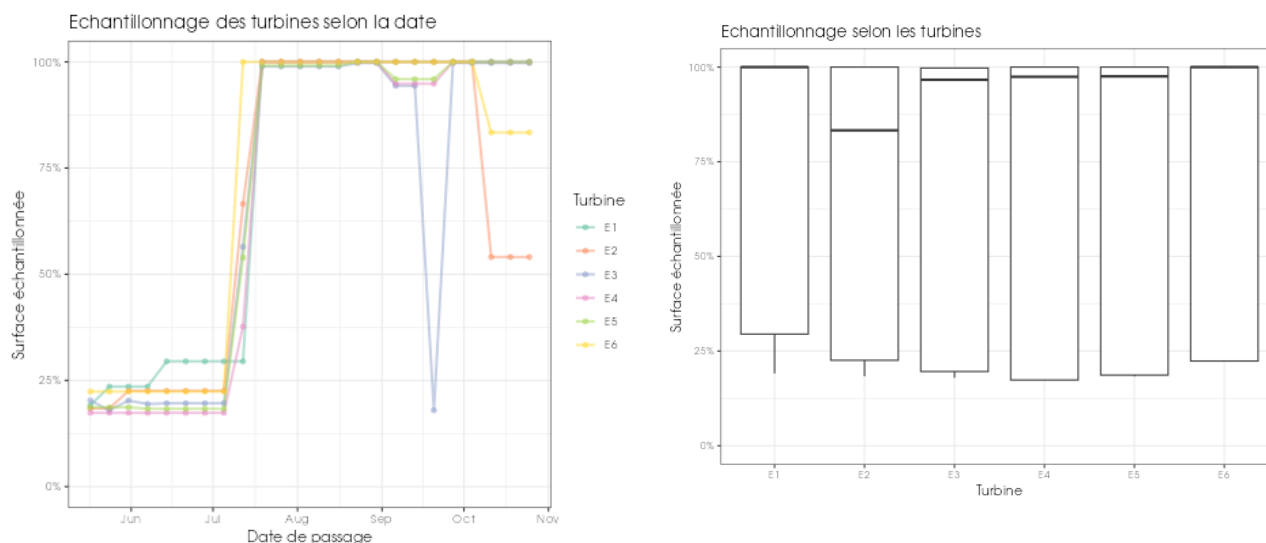


Figure 13 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. A gauche évolution du pourcentage de surface prospectée par passage, à droite synthèse (boite à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 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 9 **Erreur ! Référence non valide pour un signet.**). La moyenne pondérée (par le temps entre passages) est le résultat retenu pour le calcul d'estimation de la mortalité par éolienne. Les coefficients correcteurs de surface moyens sont faibles (allant de 0,69 à 0,75). Ceci est lié à des périodes avec des parcelles non prospectables pour des durées et des surfaces différentes suivant l'éolienne, dont principalement la période entre le début du suivi et début juillet.

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

	E01	E02	E03	E04	E05	E06
Quantile 2.5%	0,22	0,18	0,18	0,17	0,18	0,22
Premier quartile	0,29	0,23	0,20	0,17	0,19	0,22
Moyenne	0,72	0,67	0,67	0,69	0,70	0,72
Moyenne pondérée	0,75	0,69	0,69	0,71	0,72	0,74
Médiane	1,00	0,83	0,97	0,97	0,98	1,00
Troisième quartile	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00
Quantile 97.5%	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

● *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*

Coefficient de persistance (s)

À la suite des tests de persistance et aux analyses statistiques basées sur la sélection de modèles, nous avons retenu le modèle le plus « parcimonieux » (AIC weight = 0.59) : « **Persistance ~ Turbid** » en utilisant une famille de distribution « loglogistic ». Cette modélisation illustre que la durée de persistance est variable entre les différentes éoliennes.

Durées de persistance moyennes et médianes des cadavres

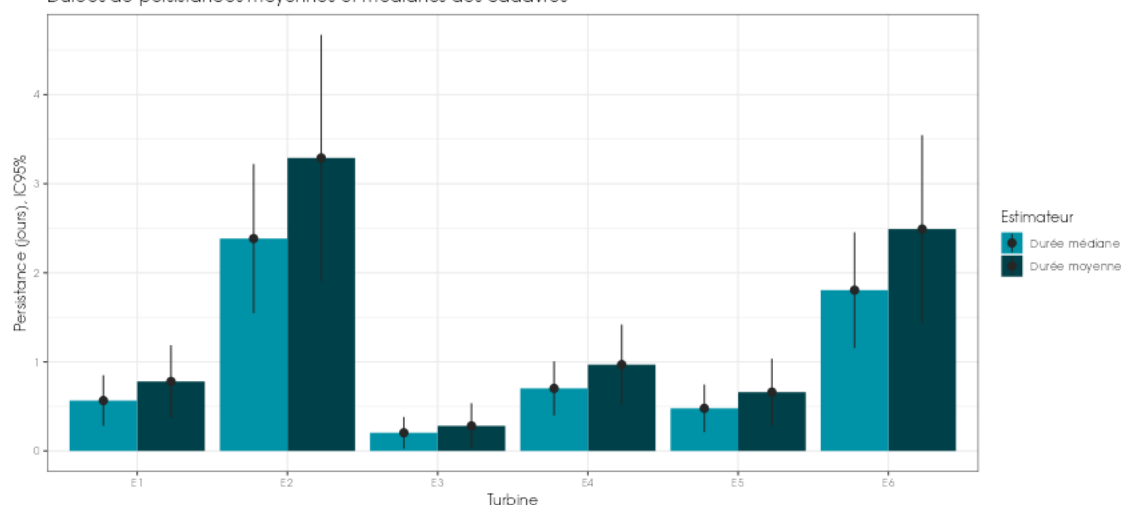


Figure 14 : Durées de persistance moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédation

2 Synthèse et analyse des résultats

Nous pouvons discerner 2 groupes d'éoliennes avec des durées de persistance différentes. En effet, les deux éoliennes (E02 et E06) ont une durée de persistance moyenne au-dessus des 2 jours, c'est-à-dire qu'un cadavre disparaît en moyenne après 2 à 3 jours de présence. Les quatre autres éoliennes (E01, E03, E04 et E05) possèdent une durée de persistance inférieure à 1 jour de présence, ce qui peut s'apparenter à une vitesse de disparition extrêmement rapide. Les intervalles de confiance montrent que l'évaluation de la prédation est assez moyenne en illustre une incertitude modérée, voir faible (Figure 14 & Tableau 10).

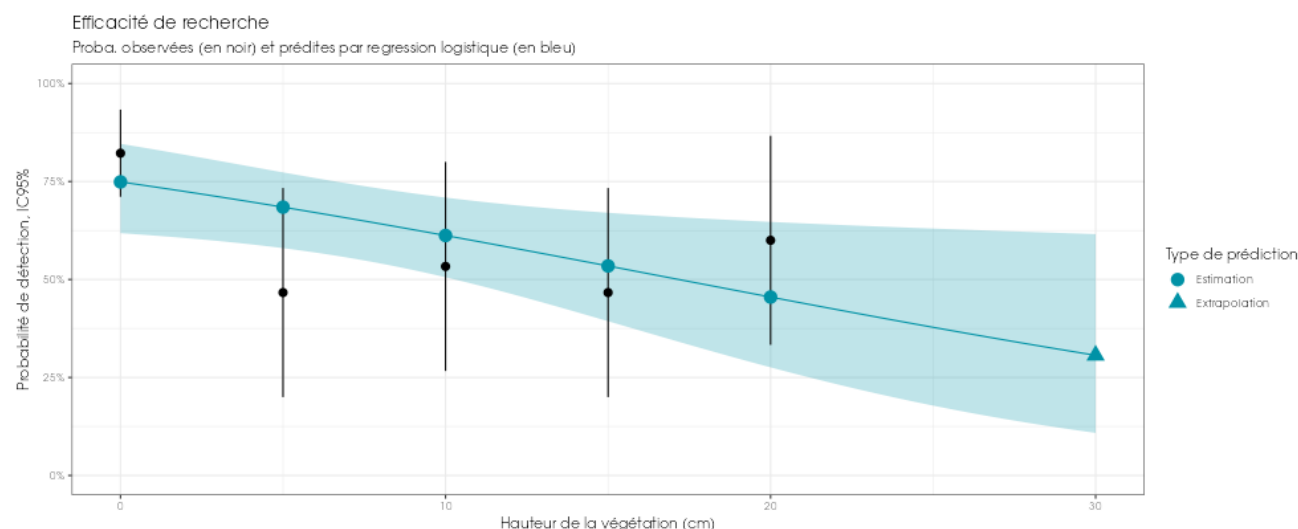
Tableau 10 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les deux tests de persistance pour chacune des quatre éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.

	E01	E02	E03	E04	E05	E06
Résultats des tests de persistances						
Persistance moyenne (en jours)	0,7	3,2	0,3	0,9	0,6	2,4
Intervalle de confiance à 95%	[0,36 ; 1,13]	[1,88 ; 4,43]	[0,03 ; 0,51]	[0,51 ; 1,35]	[0,28 ; 0,99]	[1,41 ; 3,37]

Coefficient d'efficacité de recherche (f)

À la suite des tests d'efficacité de recherche, les analyses statistiques basées sur la sélection de modèles ont permis de retenir un modèle étudiant la relation entre la probabilité de détection (l'efficacité de recherche) et la hauteur de la végétation (Figure 14). Nous avons donc sélectionné le modèle « **Trouve ~ Hmoy +1** ». Les hauteurs « estimées » correspondent aux valeurs réellement observées durant les tests d'efficacité de recherche [0-20 cm]. Néanmoins, durant le suivi, des hauteurs de végétation de 30 cm ont été révélées, ce type de prédiction se nomme une « extrapolation » car elle sort du range des valeurs échantillonnées durant les tests. Nous avons ainsi pu déterminer les probabilités de détection pour tous les cas de figure de hauteur de végétation du sol rencontrés par l'observateur durant le suivi (Tableau 11).

Figure 15 : Efficacité de recherche en fonction de la hauteur de végétation à l'échelle du parc.



2 Synthèse et analyse des résultats

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

Hauteur moyenne	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction	Hauteur moyenne	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
0	0,75 [0,62 ; 0,85]	0,82 [0,71 ; 0,93]	Estimation	15	0,53 [0,39 ; 0,67]	0,47 [0,27 ; 0,73]	Estimation
5	0,68 [0,58 ; 0,77]	0,47 [0,2 ; 0,73]	Estimation	20	0,46 [0,28 ; 0,65]	0,6 [0,33 ; 0,8]	Estimation
10	0,61 [0,51 ; 0,71]	0,53 [0,27 ; 0,8]	Estimation	30	0,31 [0,11 ; 0,62]	0 [0 ; 0]	Extrapolation

Les taux d'efficacité prédits des zones prospectées sont très variables en fonction de l'occupation du sol. Ils sont globalement satisfaisants avec une gamme de valeurs allant de 0,31 au minimum (30cm de hauteur de végétation) à 0,75 au maximum (0cm de hauteur de végétation) suivant les milieux prospectés.

2 Synthèse et analyse des résultats

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.

La probabilité de détection $P(s,f)$ est très faible de manière générale (entre 0.01 et 0.31 suivant les méthodes) et le coefficient surfacique (a) est assez moyen globalement (entre 69% et 75% de surfaces prospectées). Par la combinaison des deux, les probabilités globales de détection varient de 0.01 à 0.23, c'est à dire un facteur démultiplicateur moyen de la mortalité observée allant respectivement de 4,30 à 133,2. **En ordre de grandeur, la mortalité probable de chaque éolienne est entre 4 et 130 fois plus importantes que celle observée suivant les éoliennes et la méthode d'estimation sélectionnée.**

Les éoliennes E01, E03, E04 et E05 ont une probabilité de détection globale très faible, E02 et E06 sont les éoliennes avec les plus fortes probabilités de détection globale, principalement dues à des temps de persistance plus long, mais qui restent dans l'absolu assez faibles.

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

	E01	E02	E03	E04	E05	E06
Probabilité détection $P(s,f)$						
Huso (2010)	0,08	0,3	0,03	0,1	0,06	0,23
Erickson et al. (2000)	0,08	0,31	0,03	0,1	0,06	0,23
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,03	0,25	0,01	0,05	0,02	0,18
Coefficient correcteur de surface a						
Taux surfaces prospectées pondérées par le temps	0,75	0,69	0,69	0,71	0,72	0,74
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$						
Huso (2010)	0,06	0,23	0,02	0,08	0,05	0,17
Erickson et al. (2000)	0,06	0,23	0,02	0,08	0,05	0,17
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,02	0,19	0,01	0,04	0,02	0,14

Estimation de la mortalité pour l'avifaune

• Éolienne E03

C'est l'éolienne qui présente la mortalité probable (ou modale) la plus forte, et dont les incertitudes sont également les plus importantes. Les estimations de mortalité, selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E03, sont comprises entre 51 et 225 individus sur une période de 161 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximums (IC 95%) allant de 135 à 245 individus et minimum allant de 8 à 35 individus. Une observation a été réalisée sur cette éolienne (Faucon crécerelle) le 23 août 2023.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 13 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Evits et Josaphat sur la période du suivi

Estimateurs	E01	E02	E03	E04	E05	E06	Total parc
Mortalité observée des oiseaux	1	1	1	2	2	2	9
Huso (2010) [IC 95%]	18 [2 ; 77]	5 [1 ; 22]	51 [6 ; 206]	28 [6 ; 91]	44 [8 ; 135]	12 [3 ; 35]	158
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	14 [2 ; 77]	4 [1 ; 21]	53 [5 ; 209]	32 [6 ; 89]	43 [9 ; 135]	12 [3 ; 36]	158
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	52 [3 ; 182]	5 [1 ; 26]	225 [42 ; 262]	49 [11 ; 181]	135 [35 ; 245]	15 [2 ; 45]	481

• Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est de 158 à 481 individus sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 26 à 94 individus au minimum et de 566 à 941 individus au maximum pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude très importante.

Les 10 observations ont été réalisées sur 161 jours centrés sur les 3 saisons (du 17 mai au 25 octobre : 1 découverte en mai, 1 découverte en juin, 1 découverte en juillet, 4 découvertes en août, 1 découverte en septembre et 2 découvertes en octobre).

L'éolienne E03 présente la plus forte estimation probable de mortalité (Huso) à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, E05, E04, E01, E06 et E02. Les incertitudes importantes ne permettent pas de distinguer facilement l'impact des éoliennes les unes des autres. Seules E03 et E05 semblent proches et différentes des autres éoliennes (difficilement discernables entre elles).

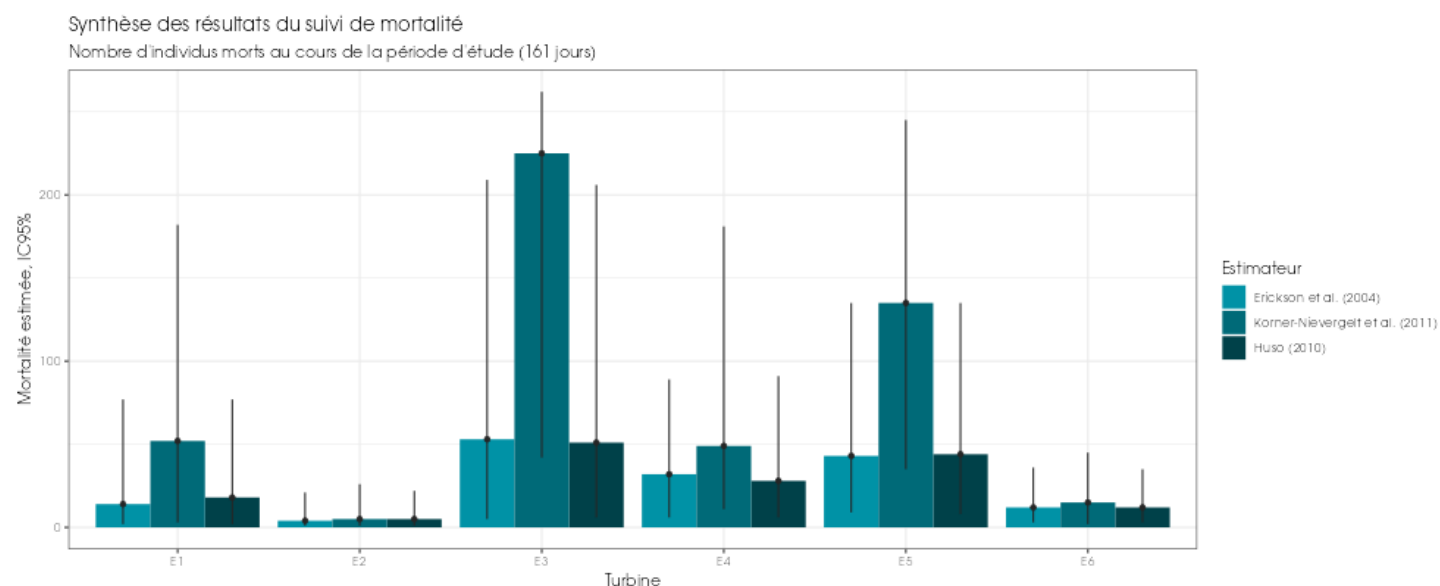


Figure 16 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Evits et Josaphat au cours du suivi de 2023 sur 161 jours

2 Synthèse et analyse des résultats

Estimation de la mortalité des chiroptères

- Éolienne E03

C'est l'éolienne qui présente l'unique cadavre de chiroptère observé (n=1) et par conséquent, la mortalité probable (ou modale) la plus forte. Les estimations de mortalité selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E03 sont comprises entre 47 et 192 individus sur une période de 161 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 203 à 257 individus et minimums allant de 3 à 36 individus.

Tableau 14 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Evits et Josaphat sur la période du suivi

Estimateurs	E01	E02	E03	E04	E05	E06	Total parc
Mortalité observée des chiroptères	0	0	1	0	0	0	1
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 49]	0 [0 ; 13]	63 [3 ; 203]	0 [0 ; 42]	0 [0 ; 65]	0 [0 ; 16]	63
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	0 [0 ; 48]	0 [0 ; 13]	47 [5 ; 204]	0 [0 ; 42]	0 [0 ; 62]	0 [0 ; 16]	47
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	0 [0 ; 122]	0 [0 ; 16]	192 [36 ; 257]	0 [0 ; 87]	1 [0 ; 170]	0 [0 ; 21]	193

- Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 47 et 193 individus sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 5 à 43 individus au minimum et de 385 à 673 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude très importante.

La seule observation a été réalisée la semaine du 06 septembre 2023

L'éolienne E03 présente la plus forte estimation probable de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, E05, E04, E01, E02, étant donné qu'aucun cadavre n'a été observé sur ces éoliennes. Néanmoins, l'absence d'observation de cadavre n'invalide pas leur présence réelle, principalement dans les cas de forte persistance ou de mauvaise capacité de détection (ce qui résulte en une très faible probabilité globale de détection). Les incertitudes importantes ne permettent pas de distinguer facilement l'impact des éoliennes les unes des autres. Seule E03 semble nettement différente.

2 Synthèse et analyse des résultats

Synthèse des résultats du suivi de mortalité

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

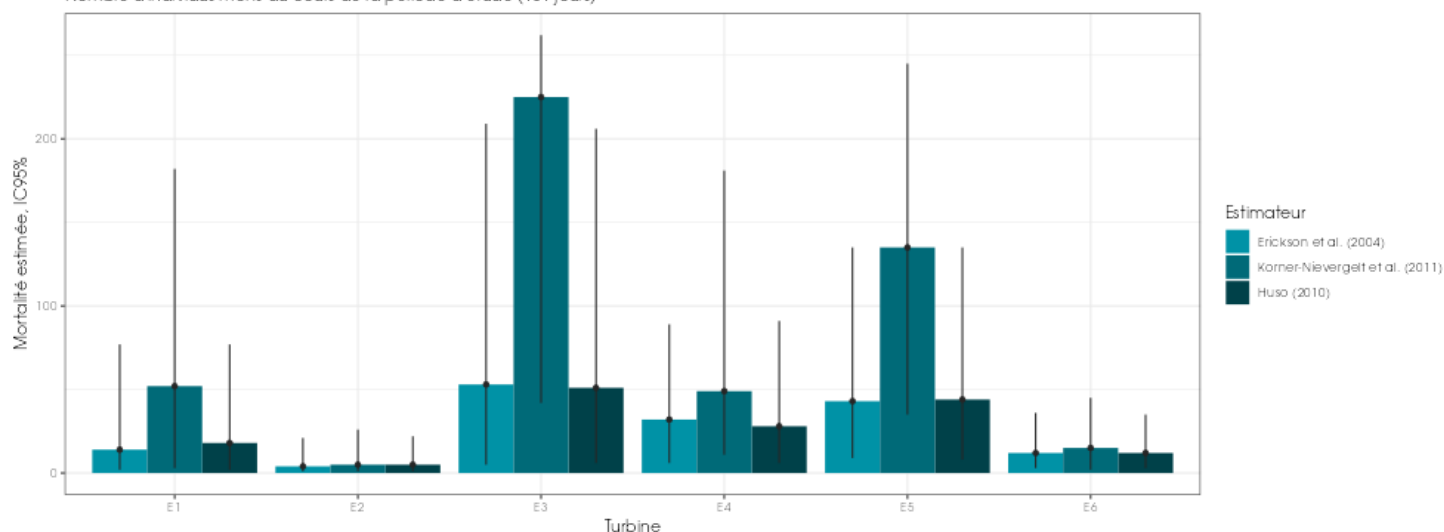


Figure 17 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Evits et Josaphat au cours du suivi de 2023 sur 161 jours

1.3 Synthèse du suivi de mortalité

Le premier suivi de mortalité mené sur le parc éolien de Evits et Josaphat entre le 17 mai 2023 et le 25 octobre 2023 (6 machines) a conduit à l'observation de 11 cadavres, dont 10 oiseaux (7 espèces) et 1 chauves-souris (1 espèce).

En effet, 7 espèces d'oiseaux (la Buse variable, le Faucon crécerelle, le Faisan de Colchide, le Martinet noir, le Pigeon biset, le Pigeon ramier et le Rouge-gorge familier) et 1 espèce de chiroptère (la Noctule de Leisler) ont été retrouvées sous les éoliennes du parc suivi.

La majorité des cadavres d'oiseaux observés concernent la Buse variable (2 individus), le Faucon crécerelle (2 individus) et le Pigeon biset (2 individus). Les autres espèces n'ont été retrouvées qu'une seule fois au cours du suivi 2023. 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 3 m (Faisan de Colchide) et 60 m (Buse variable et Martinet noir) du mât pour les oiseaux et à 25 m (Noctule de Leisler) pour les chiroptères.

Deux tests de persistance des cadavres ont été réalisés, avec l'utilisation d'un total de 120 rats. Lors de ces tests, les vitesses de disparition des cadavres déposés ont été relativement faibles à l'échelle du parc, avec des temps moyens de persistance des cadavres variants de 0.3 jour (E03) à 3.2 jours (E02). Ces tests réalisés avec des rats de petite taille ont pour objectif principal de bien cerner la vitesse de disparition des chiroptères et petits passereaux. Des corrections avec des cadavres de tailles différentes pourraient amener à corriger ce biais.

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

L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 47 à 193 cas de mortalité de chiroptères sur la période de suivi, soit en moyenne au niveau du parc **une estimation comprise entre 7.8 et 32.16 chiroptères/éoliennes sur l'ensemble du suivi**. L'observation a eu lieu sur la semaine du 7 septembre pour le seul cadavre observé.

2 Synthèse et analyse des résultats

Concernant l'avifaune, l'utilisation des différentes formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable (ou modale) de l'ordre de 158 à 481 cas de mortalité d'oiseaux sur la période de suivi, soit en moyenne au niveau du parc une **estimation comprise entre 26,3 et 80,16 oiseaux/éoliennes sur l'ensemble du suivi**.

Les incertitudes des estimations de mortalité sont d'autant plus grandes au regard notamment du fort taux de prédation observé lors des tests de persistance réalisés sur le suivi de 2023. Nous nous baserons sur l'estimation moyenne pour conclure.

Pour les oiseaux, si l'on prend en compte les chiffres bruts obtenus lors de ce suivi 2023, Ce parc comparé au référentiel brut de Biotope se trouve dans le dernier quantile de mortalités par rapport aux autres parcs du référentiel. On constate que les estimations de mortalité sont supérieures à celles mentionnées par la bibliographie 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.

Pour les chauves-souris, si l'on prend en compte les chiffres bruts obtenus lors de ce suivi 2023, Ce parc comparé au référentiel brut de Biotope se trouve dans le premier quantile de mortalités avec moins de 10 % par rapport aux autres parcs du référentiel. Les estimations sont-elles dans la moyenne 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. En Allemagne, la mortalité des chauves-souris est estimée entre 10 et 12 individus par éolienne et par an (KORNER-NIEVERGELT et al., 2013).

Faute de référentiel complet, il est complexe de conclure et d'évaluer l'impact du parc de Réclainville en fonctionnement sur la conservation des espèces d'oiseaux et de chiroptères.

Concernant les oiseaux retrouvés aux pieds des éoliennes en 2023 (10 individus), il s'agit d'espèces non menacées et présentant des enjeux faibles (Buse variable, Faucon crécerelle, Faisant de Colchide, Martinet noir, Pigeon biset, Pigeon ramier et Rouge-gorge familier) de plus il s'agit probablement d'individus locaux. **L'impact du parc est donc significatif pour les oiseaux.**

Concernant les chiroptères, 1 chauve-souris a été retrouvée correspondant à une estimation de mortalité selon les formules entre 47 et 193 individus sur l'ensemble du parc, soit entre 7.83 et 32.16 chauves-souris par éolienne sur la période de suivi. Ces estimations se situent à minima dans la gamme des données que l'on peut retrouver dans la bibliographie (environ 10 chauves-souris/éolienne/an). On notera par ailleurs qu'aucune espèce de chauves-souris considérée comme menacé en France ou en région Centre n'a été retrouvée en 2023. **Dans cette situation, 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 comme étant susceptibles d'être impactées par le projet ainsi que des espèces découvertes durant la réalisation du suivi mortalité de 2023.

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

Espèces	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial	Nombre de cas de mortalité	Analyse comparative
Oiseaux			
Buse variable	Non évalué	2 individus	Aucune évaluation spécifique par période ou global
Faucon Crécerelle	Non évalué	2 individus	Aucune évaluation spécifique par période ou global
Faisan de colchide	Non évalué	1 individu	Aucune évaluation spécifique par période ou global
Martinet noir	Non évalué	1 individu	Aucune évaluation spécifique par période ou global
Pigeon biset	Non évalué	2 individus	Aucune évaluation spécifique par période ou global
Pigeon Ramier	Non évalué	1 individu	Aucune évaluation spécifique par période ou global
Rouge-gorge familier	Non évalué	1 individu	Aucune évaluation spécifique par période ou global
Chiroptères			
Noctule de leisler	Non évalué	2 individus	Aucune évaluation spécifique par période ou global

De manière générale, l'étude d'impact de 2018 n'avait pas relevé de sensibilité particulière au risque de collision aussi bien pour les oiseaux (majorité des observations en dessous du niveau des pâles) que pour les chiroptères (composition / abondance des espèces et structure paysagère du site d'étude). Le suivi de mortalité réalisé en 2023 a au contraire pu mettre en avant la présence de nouvelles espèces non présentes lors des bilans ornithologiques et chiroptérologiques (Martinet noir et Noctule de Leisler).

Pour les oiseaux : l'évaluation du niveau de collision n'a pas été estimé dans l'étude d'impact, l'enjeu écologique sur la zone d'étude avait été défini comme « enjeu globalement modéré à fort », il est donc difficile de réaliser une analyse comparative par rapport aux observations et estimations réalisées en 2023.

Pour les chiroptères : l'évaluation du niveau de collision a été estimé pour la pipistrelle commune et la Noctule commune, seules espèces recensées au moment des suivis d'étude d'impact 2016-2018. Le niveau de sensibilité au projet apparaissait « faible » pour la Pipistrelle commune, en raison de la non-utilisation de la zone d'étude pour chasser, ce qui tend à se confirmer étant

2 Synthèse et analyse des résultats

donné son absence lors des suivis de mortalités. Le niveau de sensibilité estimé était peu élevé pour les déplacements migratoires de la Noctule commune en raison du faible nombre d'individus contactés lors de ces migrations. Aucune évaluation n'a pu être donnée pour la Noctule de Leisler, l'espèce ne faisant pas l'objet de relevés durant la période de suivi.

2 Synthèse et analyse des résultats

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

En 2023, les enregistrements acoustiques en nacelle ont été réalisés au niveau de l'éolienne E06, à 90 m d'altitude, entre le 03 mai et le 30 octobre 2023, pour un total de 180 nuits exploitables d'écoutes complètes.

Le suivi de mortalité a permis de découvrir 1 chiroptère (1 Noctule de Leisler) sur le parc éolien au niveau de l'éolienne E03.

Un bridage a été mis en œuvre sur le parc dès sa mise en service en 2022 selon les recommandations de l'arrêté d'autorisation soit à partir du 1^{er} août 2023.

Les résultats du suivi permettent d'évaluer l'efficacité du bridage préconisé.

2.2.1 Comparaison de la phénologie entre suivis mortalité et acoustique

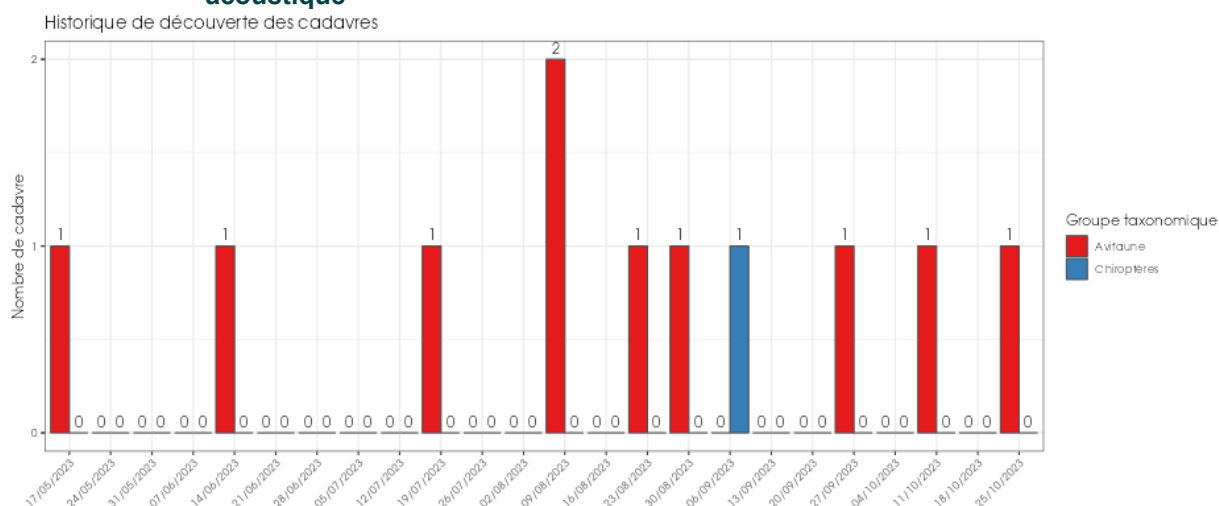


Figure 18 : Phénologie de découverte des cadavres à l'échelle du parc de Evits et Josaphats en 2023.

Le suivi de mortalité mené sur le parc éolien de Evits et Josaphats entre le 17 mai 2023 et le 25 octobre 2023 (6 machines) a conduit à l'observation d'un cadavre de chauves-souris : Noctule de Leisler (1 individu) découverte le 06 septembre 2023.

2 Synthèse et analyse des résultats

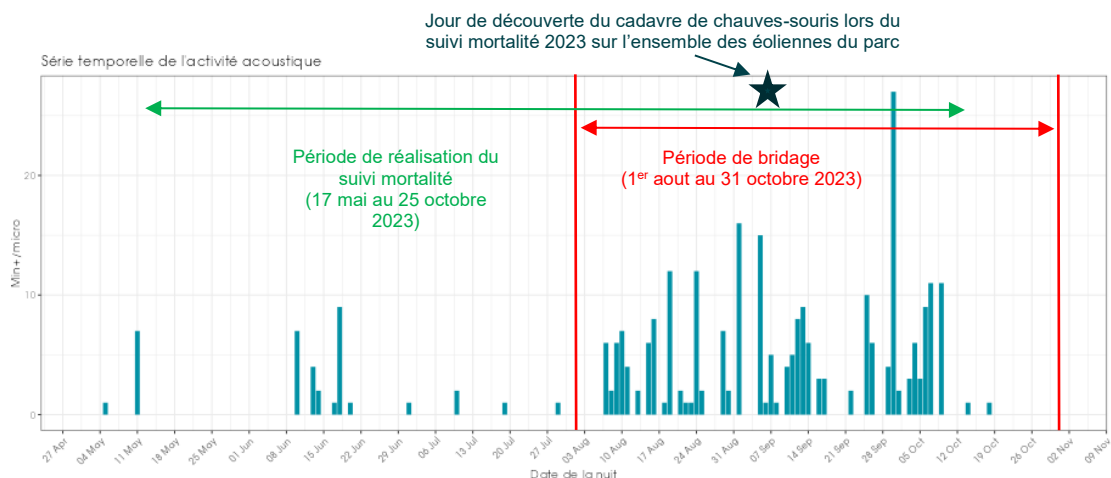


Figure 19 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, durant la période de collecte des données (2023).

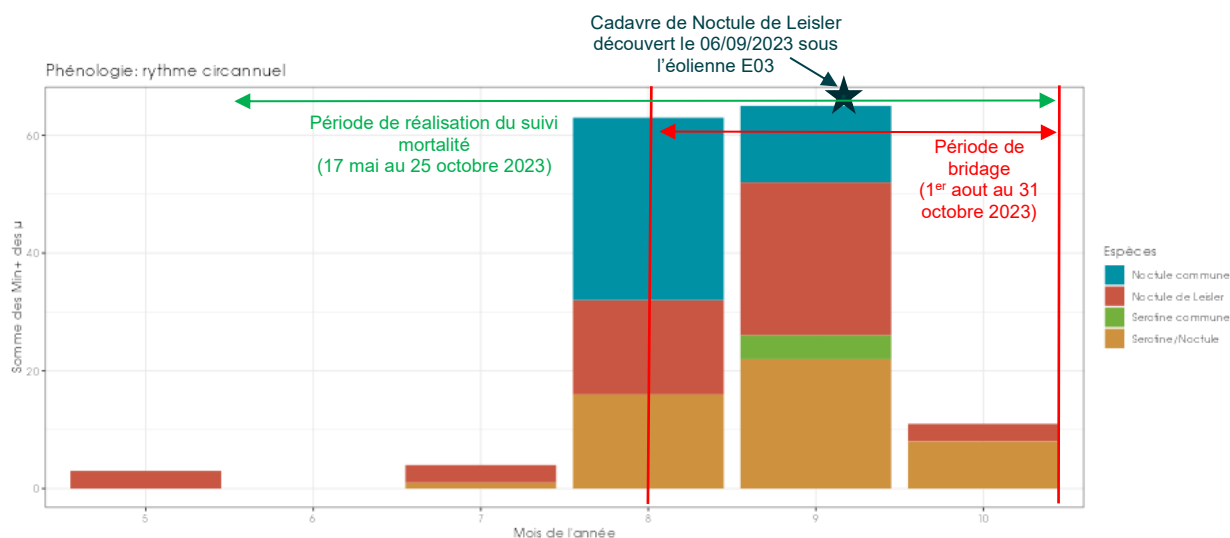


Figure 20 : Nombre de contacts mensuels, pour la Pipistrelle commune, observé au niveau de la nacelle (90 m) durant les différents mois de mai à octobre 2023. (μ - microphone).

En 2023, on note une brusque augmentation en août, culminant mi-août (période de transit, dispersion des colonies et de migration) puis croissant en septembre et décroissante en octobre. En altitude, la distribution d'activité est classiquement plus marquée en fin période estivale (migration automnale).

2 Synthèse et analyse des résultats

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

L'espèce de chiroptères retrouvée est la Noctule de Leisler (n = 1) découverte le 06 septembre 2023.

Le nouvel ActiChiro® a été conçu pour être un référentiel dynamique. C'est-à-dire que pour chaque étude, l'emprise spatio-temporelle est adaptée aux sites d'étude et aux types d'analyses réalisées, ce qui permet de comparer les résultats des inventaires à un jeu de données le plus pertinent.

Le référentiel ActiChiro® utilisé pour le tableau récapitulatif suivant prend en compte les études en nacelle dans un rayon de 160 km autour de l'éolienne E03 du parc de Evits et Josaphats sur l'ensemble de la période d'écoute des chauves-souris (03 mai au 30 octobre). C'est à ces données que sont comparées celles récoltées lors du suivi de 2023 pour obtenir une évaluation du niveau d'activité des espèces rencontrées.

Tableau 16 : Abondance relative des contacts de chiroptères en altitude au niveau du parc éolien de Evits et Josaphats en 2023.

Nom vernaculaire Nom scientifique	Nombre de contacts de 5 sec. totaux	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Nombre de minutes positives totales	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Niveau d'activité
Sérotine / Noctule indéterminé <i>Eptesicus / Nyctalus sp</i>	72	9,54%	47	15,16%	Très faible
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	8	1,06%	4	1,29%	Faible
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	96	12,72%	51	16,45%	Très faible
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	109	14,44%	44	14,19%	Très faible
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	139	18,41%	69	22,26%	Très faible
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	162	21,46%	44	14,19%	Faible
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	23	3,05%	14	4,52%	Très faible
Pipistrelle de Nathusius/ de Kuhl <i>Pipistrellus nathusii / kuhlii</i>	146	19,34%	37	11,94%	Faible
Total général	755	100,00%	310	100,00%	/

Pour l'année 2023, l'analyse montre que :

- La Noctule de Leisler est bien représentée et représente environ **12 à 16%** de l'activité globale. Cette espèce est classiquement contactée en altitude. Son activité est jugée **très faible**.
- La Noctule commune **avec 14% du total des contacts obtenus (en fonction de la méthode de calcul)**. Cette espèce est classiquement très fortement représentée en altitude. Elle présente une activité jugée cependant **très faible sur l'aire d'étude**.
- La Pipistrelle commune **est assez peu contactée comparativement à d'autres suivi en nacelle, entre 18 et 22% du total des contacts**. Son activité est jugée **très faible**. Cette

2 Synthèse et analyse des résultats

espèce vole régulièrement en altitude et fait partie des espèces les plus régulièrement découverte au cours des suivis mortalités.

- La Sérotine commune est peu représentée et représente environ **1%** de l'activité globale. Cette espèce est classiquement contactée en altitude. Son activité est jugée **faible**.
- La Pipistrelle de Kuhl est bien représentée pour **14 à 21%** de l'activité globale. Cette espèce est classiquement contactée en altitude. Son activité est jugée **faible**.
- La Pipistrelle de Nathusius représente **3 à 4%** de l'activité globale. Cette espèce, classiquement contactée en altitude et migratrice, présente une activité jugée **très faible**.
- Le groupe des « Sérotules » représente **9 à 15%** des contacts obtenus. Son activité est jugée **très faible** et est liée principalement aux activités des deux espèces de Noctule.
- La Paire Pipistrelle de Nathusius / de Kuhl est bien représentée avec environ **11 à 19% du total des contacts obtenus**. Cette paire d'espèce présente une activité jugée **faible**.

L'espèce découverte dans le cadre du suivi mortalité concorde avec la composition des espèces enregistrées lors du suivi acoustique, l'espèce retrouvée ayant également été contactée en altitude.

La Noctule de Leisler est considérée comme sensible au risque de collision, notamment en période automnale, l'espèce étant migratrice. La découverte du cadavre correspond à cette période-là.

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

Sur la période de suivi de l'activité en altitude en 2023, l'activité des chauves-souris est généralement plus importante en début de nuit (0 à h+2) mais on observe une activité qui se prolonge sur une bonne partie de la nuit (jusqu'à h+8) en période de migration automnale (août et septembre notamment).

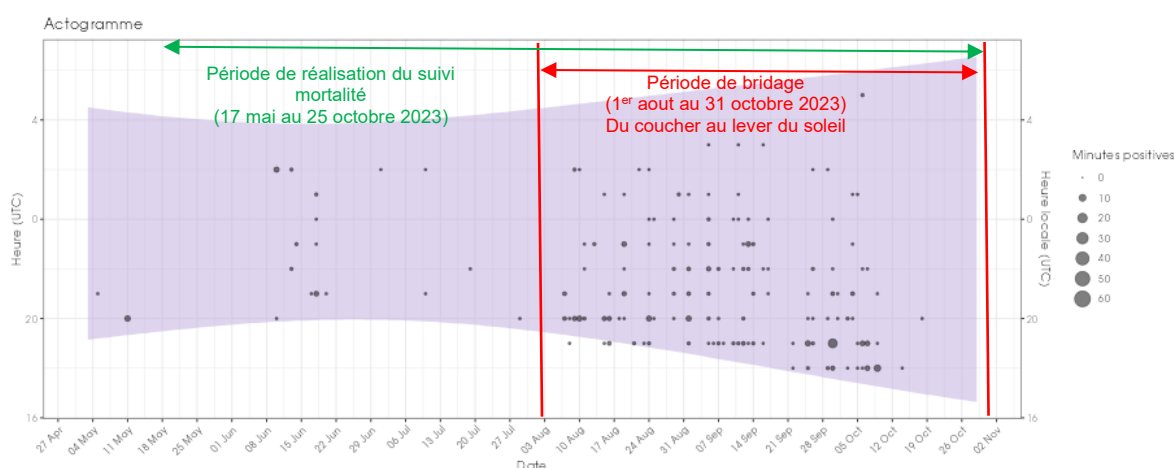


Figure 21 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre mai et octobre.

Dans l'actogramme, la zone colorée en violet correspond à la nuit.

2 Synthèse et analyse des résultats

Groupe des sérotules (*Sérotine commune*, *Noctule de Leisler* et *Noctule commune*)

- Sérotine / Noctule (*Eptesicus* / *Nyctalus* sp)

Le groupe des sérotines / noctules représente environ 9 à 15% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris pour une activité toutefois jugée très faible (probablement liée aux noctules présentes sur site).

Il est difficile de fournir des analyses détaillées de l'activité mesurée des espèces appartenant aux groupes des sérotules (groupe comprenant les signaux non identifiés de la Sérotine commune, de la Noctule de Leisler et de la Noctule commune).

- Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*)

Pour rappel, la **Noctule de Leisler** représente **12 à 16%** du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris.

Cette espèce de haut vol a été contactée sur toute la période exceptée en juin et avec des pics d'activité d'août à octobre en période de migration automnale. Son activité est qualifiée de **très faible**.

- Noctule commune (*Nyctalus nyctalus*)

Pour rappel, la **Noctule commune** représente **14%** du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris. Son activité est jugée comme très faible. Cette espèce est présente uniquement sur la période de « swarming » et de migration automnale (mi-août – septembre).

- Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*)

La **Sérotine commune** est **peu représentée avec 1%** du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris. Son activité est jugée comme faible. Cette espèce a été contactée uniquement sur le mois de septembre.

Ces espèces de haut vol sont présentes de manière quasi constante sur l'ensemble de la période d'enregistrement. On note une explosion de l'activité sur les mois d'août et de septembre, en période de migration des noctules.

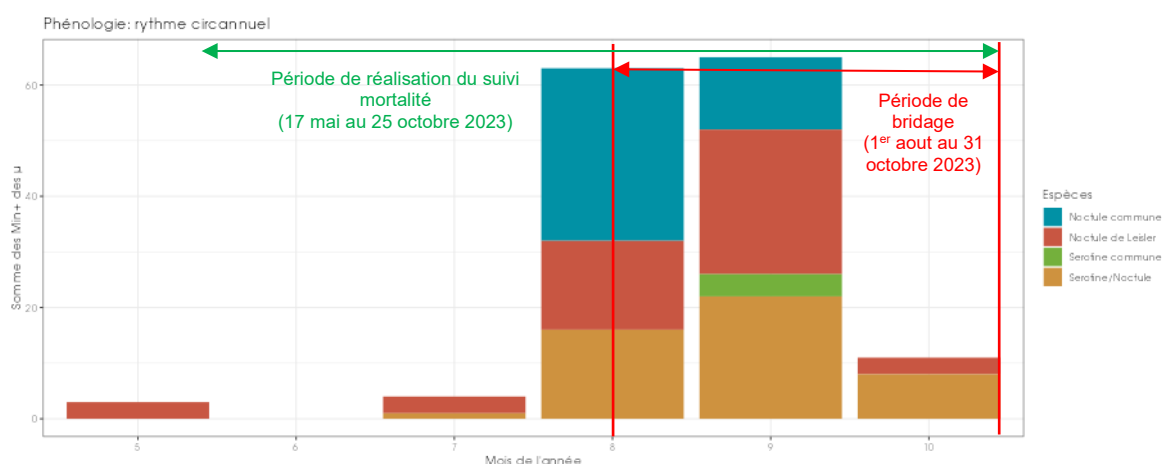


Figure 22 : Nombre de contacts mensuels, pour les espèces du groupe des sérotules, observé au niveau de la nacelle (90 m) durant les différents mois de mai à octobre 2023. (μ - microphone).

2 Synthèse et analyse des résultats

Pipistrelle commune (Pipistrellus pipistrellus) et Pipistrelle de Nathusius / de Kuhl (Pipistrellus nathusii/kuhlii)

- **Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*)**

Pour rappel, la **Pipistrelle commune** représente 18 à 22% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris et présente une activité chiroptérologique très faible.

Elle montre une augmentation croissante de l'activité en septembre.

L'activité est plus forte en période de dispersion des colonies (mi-aout – septembre).

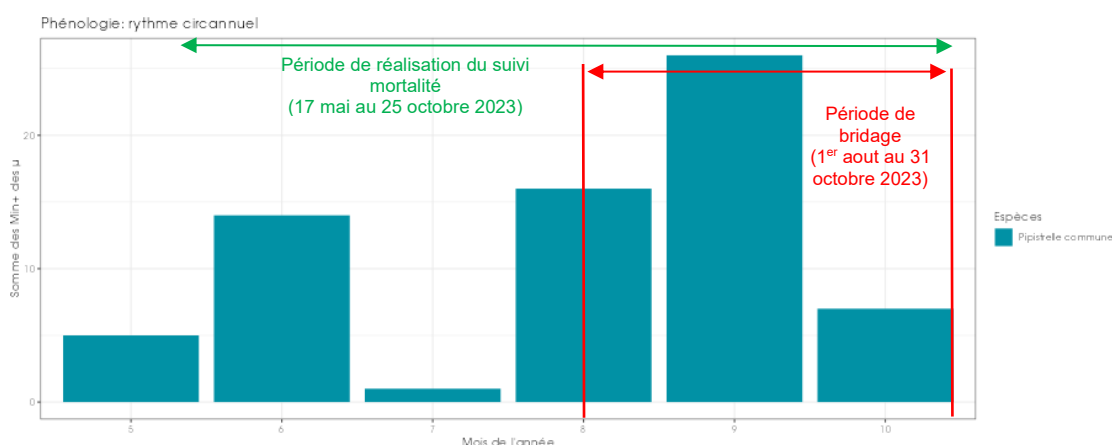


Figure 23 : Nombre de contacts mensuels, pour la Pipistrelle commune, observé au niveau de la nacelle (90 m) durant les différents mois de mai à octobre 2023. (μ - microphone).

- **La paire Pipistrelle de Nathusius / de Kuhl (*Pipistrellus nathusii / kuhlii*)**

Pour rappel, la **Pipistrelle Nathusius** représente 3 à 4% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris, la **Pipistrelle de Kuhl** 14 à 21% et la **paire Pipistrelle de Nathusius / de Kuhl** environ 11 à 19%. Il est difficile de fournir des analyses détaillées de l'activité mesurée des espèces appartenant aux groupes des Pipistrelles de Kuhl/Nathusius.

L'activité pour le groupe est globalement plus importante en septembre et en octobre. Ce pic d'activité est peut-être une conséquence de la migration automnale. Cette activité est cependant jugée très faible à faible sur le site éolien en comparaison à notre référentiel altitude.

2 Synthèse et analyse des résultats

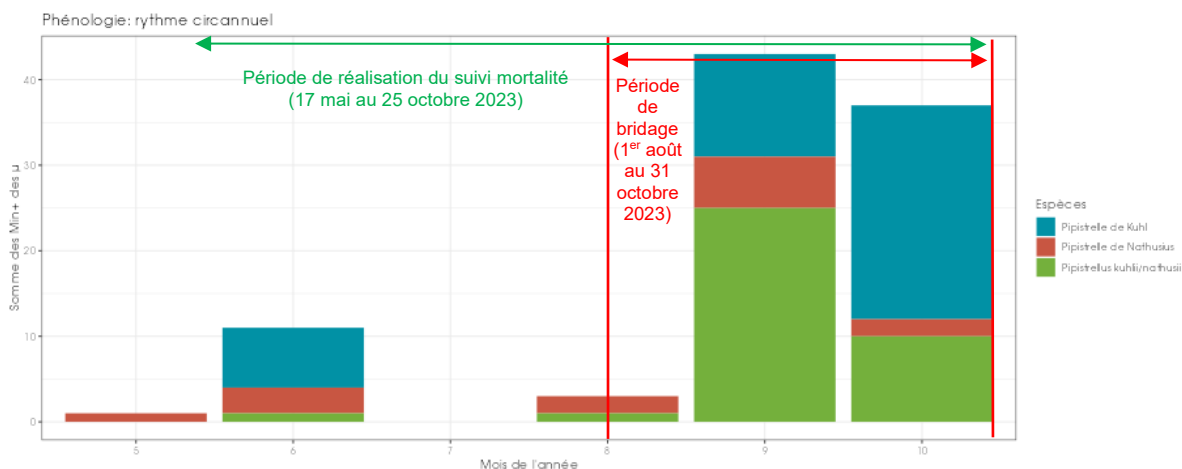


Figure 24 : Nombre de contacts mensuels, pour la Pipistrelle de Nathusius, observé au niveau de la nacelle (90 m) durant les différents mois de mai à octobre 2023. (μ - microphone).

L'activité des pipistrelles en altitude est globalement assez faible, avec un pic en juin et un en septembre/octobre.

Dans le cas de la paire Kuhl/Nathusius, le pic de septembre/octobre peut être attribué à la Pipistrelle de Nathusius en migration.

Le bilan de la phénologie des découvertes de cadavres est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 17 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce en 2023.

Date	06/09	Total général
Période	Migration <i>Bridage</i>	
Noctule de Leisler	1	1
Total général	1	1

Les pics d'activité en altitude pour les différentes espèces est cohérente avec les résultats du suivi mortalité.

2.2.4 Bilan du croisement des informations des deux suivis mortalité/acoustique

L'espèce découverte lors du suivi de mortalité correspond à celles contactées lors du suivi acoustique.

Le seul cadavre retrouvé fut celui d'une Noctule de Leisler le 06 septembre morte durant la période de bridage. Le nombre de contacts de Noctule de Leisler au niveau de l'éolienne E06

2 Synthèse et analyse des résultats

en 2023 s'est révélé assez faible, représentant un total de 16 % des minutes positives enregistrées entre le 03 mai 2023 et le 30 octobre 2023.

L'activité enregistrée lors de l'écoute en altitude est considérée comme faible voire très faible durant les pics d'activité, principalement en août mais également en septembre, dans une moindre mesure. Cette activité est principalement due aux pipistrelles, principalement la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl, mais aucune n'a été retrouvée durant le suivi mortalité, ce qui tend à justifier l'efficacité du bridage.

Le seul cadavre trouvé l'a été le 06 septembre et au regard de son état (sec), cet individu a été tué sur les derniers jours de la période estivale durant la période de bridage. Néanmoins, au regard de la très faible activité printanière sur le site, on peut considérer que le bridage actuel qui couvre d'août à fin octobre est approprié aux enjeux chiroptérologiques sur le site, la majorité de l'activité restant faible étant présente durant la période de bridage.

2.3 Suivi du comportement des oiseaux

Les cinq espèces ciblées par ce suivi (le Busard cendré, le Busard des roseaux, le Busard Saint-Martin, le Cochevis huppé et l'Œdicnème criard) ont toutes été contactées durant la période du suivi d'avril à juin 2023. Ce suivi a également permis de repérer plusieurs territoires de reproduction pour le Busard cendré et Saint-Martin, ainsi qu'une tentative de reproduction pour le Busard des roseaux sur l'aire d'étude du parc d'Evits et Josaphat.

Nous avons aussi pu constater que les trois espèces de Busards utilisaient régulièrement l'ensemble du parc et notamment les parcelles céréalières (blé et orge). Ce type d'occupation des sols est en effet favorable au développement des micromammifères constituant une part importante de la ressource alimentaire des Busards.

L'Œdicnème criard a été contacté à plusieurs reprises lors des passages spécifiques diurnes et crépusculaires. Les individus ont été à chaque fois observés sur des parcelles de maïs mais aucun indice de reproduction n'a été recensé.

Un seul contact de Cochevis huppé en transit a été recensé sur l'aire d'étude. Aucun indice de nidification n'a été trouvé pour cette espèce sur le parc.

A l'heure actuelle, aucun cadavre de Cochevis (faible activité recensée), de Busards, ni d'Œdicnème criard n'a été découvert sur le parc d'Evits et Josaphat dans le cadre du suivi de la mortalité réalisé en 2023 et ce, malgré une fréquentation régulière du site en période de reproduction. Le suivi pourrait être reconduit pour suivre les populations et mettre en action une mesure de protection des nichées pour les busards en cas de découverte dans la zone du parc.

Un rapport spécifique a été rendu sur le suivi comportemental des oiseaux.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.4 Autres facteurs d'impact

Le suivi mortalité de 2023 faisant suite à un repowering, nous avons pu comparer nos données avec celles récoltées lors du suivi de mortalité initial de 2015. Le premier suivi ayant été réalisé avant la mise en place du protocole national (2018) des différences sont à noter, comme l'indique le tableau ci-dessous, les méthodes de prospections et les test mis en place lors des deux suivis s'avèrent différents.

Le comparatif des espèces permet de signaler qu'aucune espèce d'oiseaux retrouvées en 2015 ne l'a été durant le suivi de 2023. De plus contrairement au suivi de 2023 aucun chiroptère n'avait été observé en 2015, cela a pu être influencé par la méthode de prospection laissant peu de probabilités de trouver un chiroptère sur le rayon de recherche.

Tableau 18 : Comparatif entre le suivi mortalité avant repowering de 2015 et le suivi mortalité de 2023.

En 2015			En 2023	
Méthode de suivi	1 transect / 25 mètres		1 transect / 5 mètres	
Période de suivi	12 passages réalisés sur trois périodes différentes		24 passages réalisés en continu entre les semaines S20 et S43	
Nombre de jours de suivi	. 4 passages du 12 au 21 mai . 4 passages du 14 au 24 septembre . 4 passages du 19 au 29 octobre		161 jours (1 passages par semaines entre le 17/05 et 25/10 sous chaque éolienne). Les 6 éoliennes composant ce parc ont toutes été suivies.	
Test de prédation	1 test de prédation 20 carcasses (poussins 10cm)		2 tests réalisés (10 cadavres de jeunes rats répartis de manière aléatoire sous chaque éolienne du parc, soit 120 cadavres de jeunes rats utilisés sur l'ensemble du suivi)	
Test d'efficacité	1 test avec 20 carcasses test (poussins de 10cm)		2 tests réalisés sur l'ensemble des surfaces prospectables sous l'ensemble des éoliennes en mai puis en août.	
Nombre total d'espèces impactées (Toutes espèces confondues)	Oiseaux	Chiroptères	Oiseaux	Chiroptères
	11	0	10	1
	1 cadavre par éolienne sans corrections statistiques			
Estimation parc Huso (2010)	16-44	0	150	56
Estimation parc Erickson et al. (2000)	7-20	0	142	51
Estimation parc Korner-Nievergelt et	-	-	457	193

2 Synthèse et analyse des résultats

En 2015		En 2023	
al. (2011)			
Mesure de bridage en cours lors du suivi	Non	Oui du « 1 ^{er} aout au 31 octobre, pour des vents inférieurs à 6m/s à hauteur de nacelle, des températures supérieurs à 10°C et sur des nuits entières (du coucher au lever du soleil) »	

Tableau 19 : Comparatif des espèces entre le suivi mortalité avant repowering de 2015 et le suivi mortalité de 2023.

	En 2015	En 2023
Oiseaux impactés		
Buse variable	-	2
Faucon crécerelle	-	2
Facon hobereau	1	-
Faisant de Colchide	2	1
Martinet noir	-	1
Perdrix grise	3	-
Pigeon biset	-	2
Pigeon ramier	2	1
Rouge-gorge familier	-	1
Espèces non identifiés	3	-
TOTAL	11	10
Noctule de leisler	-	1
TOTAL	0	1
En bleu, les espèces retrouvées lors des 2 années de suivi de la mortalité sur le parc de Evits et Josaphat		

2 Synthèse et analyse des résultats

3 Mesures correctives

3.1 Bridage éolien en fonction de l'activité chiroptérologique

Dans le cadre du suivi réalisé en 2023, on notera que le nombre de cadavre de chauves-souris retrouvé aux pieds des éoliennes du parc éolien de Evits et Josaphats reste très faible (1 individu). Par ailleurs, les estimations de mortalité pour ce groupe d'espèces sont dans la moyenne par rapport aux données que l'on peut retrouver dans la bibliographie (environ 10 chauves-souris/éolienne/an). On notera par ailleurs qu'aucune espèce de chauves-souris considérée comme menacée en France ou en région Centre-Val de Loire n'a été retrouvée en 2023.

L'activité en altitude est faible voir très faible pour l'ensemble des groupes contactés.

L'impact du parc éolien sur les chiroptères étant non significatif, il n'apparaît pas nécessaire de renforcer le bridage mis en place actuellement qui couvre environ 85 % toutes espèces confondues et 90 % pour le groupe des Noctules, enjeu fort en région Centre.

Tableau 20 : Scénarios de bridage proposés sur le site d'Evits et Josaphat

Bridage en place 2023	
Période de mise en service du bridage	Du 1 ^{er} aout au 31 octobre, correspondant à la période d'activité principale des noctules en altitude
Seuil de température	Par des températures supérieures ou égales à 10°C
Seuil de vent	Par des vitesses de vents inférieures ou égale <u>à 6 m/s</u>
Nombre d'heures durant la nuit	L'ensemble de la nuit
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	84,52%
Nombre de minute positive restant à risque	48 minutes sur 310 toutes espèces confondues
Proportion d'activité du groupe des Noctules /Sérotines (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	90,41%
Nombre de minute positive restant à risque pour le groupe des Noctules /Sérotines	14 minutes sur 146 minutes de présence des noctules sp.
Proportion d'activité de Noctules commune (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	95,45%
Nombre de minute positive restant à risque pour les noctules commune	2 minutes sur 44 minutes de présence des Noctules communes
Proportion d'activité des Pipistrelles (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	79,26%
Nombre de minute positive restant à risque pour les Pipistrelles	34 minutes sur les 164 minutes de présences des Pipistrelles

Sur l'ensemble de la période de suivi 2023 (3 mai – 30 octobre 2023), le bridage en place a permis de couvrir 84,52 % de l'activité générale des chauves-souris sur cette période (79,26 % des Pipistrelles et 90,41 % des Sérotines/Noctules dont 95,45 % des Noctules communes).

Dans ce contexte, il conviendra de maintenir dans les années futures le bridage.

2 Synthèse et analyse des résultats

3.2 Reconduction du suivi post implantation

À la suite de la significativité du parc sur les oiseaux, un suivi sera à reconduire en 2024 sur la même période de la S20 à la S43 en suivant le protocole national. Ce nouveau suivi permettra de voir la tendance d'impact du parc sur le cortège des oiseaux passereaux et rapaces et si des mesures correctives devront être mises en œuvre à l'issue du suivi et de ses conclusions.

3.3 Entretien rigoureux des plateformes

Il est important que les plateformes des éoliennes ne soient pas attrayantes 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 devra être maintenue chaque année durant la totalité de fonctionnement du parc éolien d'Evits et Josaphat.

3.4 Suivi des Busards

Les cinq espèces ciblées par ce suivi (le Busard cendré, le Busard des roseaux, le Busard Saint-Martin, le Cochevis huppé et l'Œdicnème criard) ont toutes été contactées durant la période du suivi d'avril à juin 2023. Aucun cadavre de ces espèces n'a été observé.

Il est préconisé de poursuivre en 2024, le suivi sur les busards sur la période de reproduction pour évaluer leur fréquentation au niveau du parc. En cas de découverte d'un nid, il est préconisé de mettre en œuvre la protection de la nichée. Cette action agira plus globalement sur la préservation des populations locales.

3.5 Mesure complémentaire

En complément, et de façon volontaire, il a été proposé à la société Boralex d'installer : 3 nichoirs à Faucon crécerelle, 4 nichoirs à Martinet noir, 3 nichoirs à Rougegorge familier et 5 gîtes pour les chauves-souris. Ces gîtes seront installés au niveau de bâtiments ou d'arbres dans des villages et des parcelles à l'extérieur du parc éolien (pour ne pas induire d'impact indirect).

L'emplacement de ces gîtes sera défini au cours du printemps 2024.

2 Synthèse et analyse des résultats

Gîte mural avec fond en bois à chauves-souris



FABRIQUÉ EN FRANCE

FSC

Espèces visées : chauves-souris frugivores, pipistrelles et petit myotis principal

Fabriqué en France
Bouches-du-Rhône

Entrée



Spécifications du nichoir :

- Poids : 2,2 kg
- Dimensions de l'entrée : 310 x 18 mm
- Hauteur : 390 mm
- Largeur : 365 mm
- Epaisseur : 50 mm

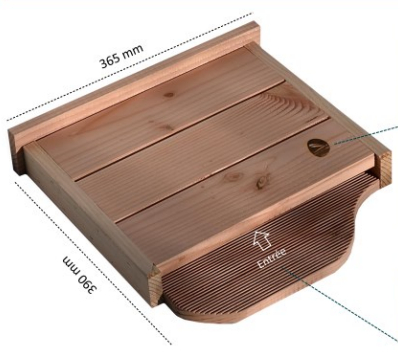
Conseils de montage :

Le gîte doit se fixer en hauteur à plus de 3 mètres. Il faut l'éloigner au maximum des accès aux bâtiments, comme des chats (loin des balcons, escaliers, ...). Il doit être fixé d'aplomb verticalement sur un mur ou une toiture à l'abri de la pluie et du soleil. Il est préférable de positionner le gîte sur un bâtiment qui se trouve à l'abri des vents dominants. Aucun produit ne doit être appliqué sur ou dans le gîte.

Option d'installation :

Biotopie réalise à la demande la pose des nichoirs.

Gîte mural avec fond en bois à chauves-souris



Bois : Pin Douglas pour sa durabilité

Bois traité pour faciliter des chauves-souris




Hauteur 50 mm

Entrée (fente de 18 mm de haut)

FABRIQUÉ EN FRANCE

Gîte à chauves-souris (types pipistrelles)

L'intégralité de ces gîtes sera suivie 2 fois dans l'année, pour évaluer les niveaux d'occupation.

0

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.

BARRIENTOS, Rafael, MARTINS, Ricardo C., ASCENSÃO, Fernando, et al. A review of searcher efficiency and carcass persistence in infrastructure-driven mortality assessment studies. Biological conservation, 2018, vol. 222, p. 146-153.

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.

DOMÍNGUEZ DEL VALLE, Jon, CERVANTES PERALTA, Francisco, et JAQUERO ARJONA, María I. Factors affecting carcass detection at wind farms using dogs and human searchers. Journal of Applied Ecology, 2020, vol. 57, no 10, p. 1926-1935.

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.

0 Bibliographie

Parc éolien de Evits et Josaphat,
commune de Louville-la-
Chenard (28)
BORALEX
mars 2024

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 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.

LABROSSE, A. (2009). Determining factors affecting carcass removal and searching efficiency during the post-construction monitoring of wind farms. University of Northern British Columbia.

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

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

PONCE, Carlos, ALONSO, Juan Carlos, ARGANDOÑA, Gonzalo, et al. Carcass removal by scavengers and search accuracy affect bird mortality estimates at power lines. *Animal Conservation*, 2010, vol. 13, no 6, p. 603-612.

REYES, Gabriel A., RODRIGUEZ, Meredith J., LINDKE, Kenneth T., et al. Searcher efficiency and survey coverage affect precision of fatality estimates. *The Journal of Wildlife Management*, 2016, vol. 80, no 8, p. 1488-1496.

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.

SMALLWOOD, K. Shawn. Estimating wind turbine-caused bird mortality. *The Journal of Wildlife Management*, 2007, vol. 71, no 8, p. 2781-2791.

0 Bibliographie

Parc éolien de Evits et Josaphat,
commune de Louville-la-
Chenard (28)
BORALEX
mars 2024

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, 2022 :

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

A

Annexes

A Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

Tableau 21 : Résultats du suivi mortalité

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne
17/05/2023	E1	<i>Columba livia Gmelin, 1789</i>	Pigeon biset	En décomposition	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	6
14/06/2023	E6	<i>Columba livia Gmelin, 1789</i>	Pigeon biset	Frais	Adulte	Indéterminé	Prédation	5
28/06/2023	E5	<i>Apus apus (Linnaeus, 1758)</i>	Martinet noir	En décomposition	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	80
19/07/2023	E5	<i>Apus apus (Linnaeus, 1758)</i>	Martinet noir	Frais	Immature	Indéterminé	Collision avec pale	55
09/08/2023	E1	<i>Columba palumbus Linnaeus, 1758</i>	Pigeon ramier	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	60
09/08/2023	E2	<i>Falco tinnunculus Linnaeus, 1758</i>	Faucon crécerelle	Frais	Adulte	Mâle	Collision avec pale	15
23/08/2023	E3	<i>Falco tinnunculus Linnaeus, 1758</i>	Faucon crécerelle	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	20
30/08/2023	E4	<i>Buteo buteo (Linnaeus, 1758)</i>	Buse variable	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	60
06/09/2023	E3	<i>Nyctalus leisleri (Kuhl, 1817)</i>	Noctule de Leisler	En décomposition	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	25
27/09/2023	E4	<i>Buteo buteo (Linnaeus, 1758)</i>	Buse variable	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	60
11/10/2023	E6	<i>Phasianus colchicus Linnaeus, 1758</i>	Faisan de Colchide	Frais	Adulte	Mâle	Collision avec mât	0
25/10/2023	E5	<i>Erithacus rubecula (Linnaeus, 1758)</i>	Rougegorge familier	En décomposition	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	55

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-I du code de l'environnement, l'exploitant met en place un suivi environnemental, permettant d'atteindre les objectifs visés au 1er alinéa du présent article, dans les 3 ans qui précèdent le dépôt du porter à connaissance au préfet prévu par l'article R. 181-46 du code de l'environnement.

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

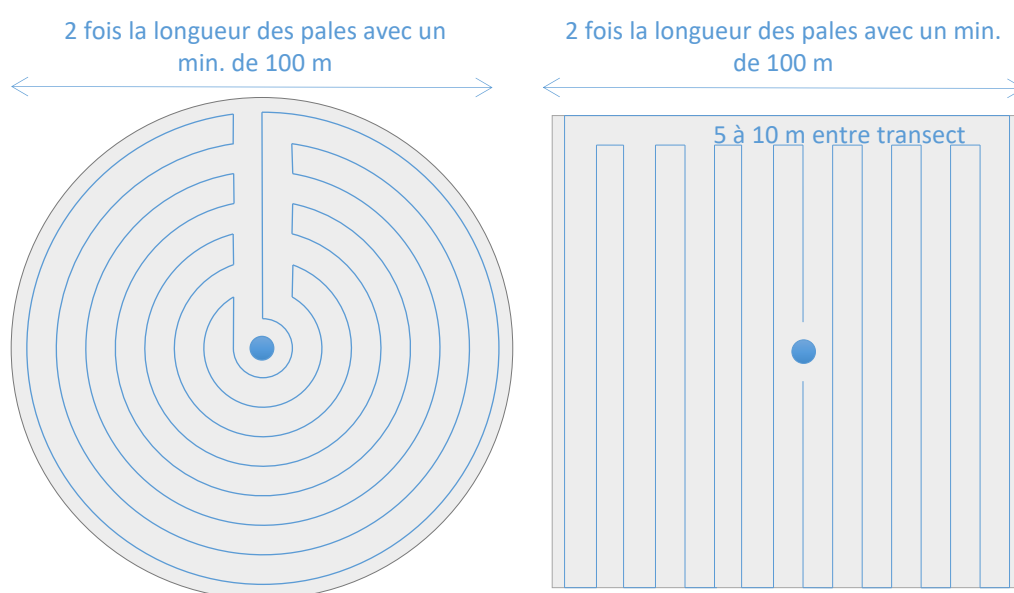


Figure 26 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).

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 prédation ont été réalisés dans le cadre du suivi de la mortalité. Ces tests ont été réalisés au cours du suivi pour que les résultats puissent être représentatifs des grandes périodes biologiques (saisons). Pour ce faire, les leurres ont été disposés de manière aléatoire pour chaque éolienne suivie au sein des zones de prospections. Tel que demandé dans le protocole national, deux tests ont été réalisés dans le cadre du suivi de la mortalité. Ces deux tests sont réalisés par la méthode de l'échantillonnage stratifié en fonction des différents types d'occupation du sol que l'observateur est susceptible de prospecter tout au long du suivi. Le moment de réalisation des tests doit permettre de tester l'observateur 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 éolienne (**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 a la possibilité de continuer à prospecter s'il estime que sa capacité de détection est encore significative ou de considérer la parcelle comme non prospectable. Les surfaces non prospectées sont alors prises en compte par le coefficient correcteur de surface

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

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

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

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



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