



Parc éolien d'Ids-Saint-Roch et Touchay (18)

Suivi post-implantation 2021

ÉCOSPHÈRE Agence Centre-Bourgogne
112 rue du Nécotin, 45000 ORLEANS

29/04/2022

INFORMATIONS & CONTACTS ●●●

Parc éolien d'Ids-Saint-Roch - Touchay (18) Suivi post-implantation 2021

Étude réalisée pour : Ferme éolienne de IDS

🏠 770 rue Alfred Nobel
34000 Montpellier

👤 **Cécile PASQUEREAU**
Responsable Exploitation France
EUROCAPE

📞 07 87 43 45 15 / 05 49 52 19 05

✉ pasquereau@eurocape.fr

Étude réalisée par : ÉCOSPHÈRE Agence Centre-Bourgogne

🏠 112 rue du Nécotin, 45000 ORLEANS

☎ 02 38 42 12 90

Coordination

Manon ACQUEBERGE
Chargée d'étude faune

Suivi de mortalité

Laurie BURETTE, Ghislain DURASSIER, Margot
JODET, Hugo AUCLAIR, Manon ACQUEBERGE
Chargés d'études faune

Analyses faunistiques

Hugo AUCLAIR, Manon ACQUEBERGE
Chargés d'études faune

SIG et cartographie

Ulysse BOURGEOIS
Géomaticien

Contrôle qualité

Guillaume VUITTON
Directeur de l'agence Centre-Bourgogne

CONTEXTE ●●●

Le parc éolien d'Ids-Saint-Roch et Touchay est constitué de 6 éoliennes, de type Nordex N131 et N117. Il a été mis en service le 15 juillet 2020. Ce parc se situe sur les communes d'Ids-Saint-Roch et du Touchay dans le département du Cher (18), en contexte bocager.

Afin de se conformer à la réglementation ICPE, la société Eurocape souhaite faire réaliser le suivi post-implantation selon le protocole national réglementaire 2018.

Mission d'Écosphère :

Dans ce contexte, la mission d'Écosphère consistait à :

- Réaliser un suivi acoustique en continu à hauteur de nacelle sur une éolienne sur l'ensemble de la période d'activité des chauves-souris (de fin mars à mi-novembre, soit près de 7,5 mois) ;
- Effectuer des recherches de cadavres au sol d'avril à fin octobre (soit 7 mois), conformément aux instructions de l'arrêté préfectoral du 4 février 2016 autorisant l'installation du parc ;
- Évaluer les impacts par collision ou barotraumatisme ;
- Proposer le cas échéant des mesures de réduction proportionnées.

SOMMAIRE

INFORMATIONS & CONTACTS	2
CONTEXTE	2
SOMMAIRE	3
RESUME NON TECHNIQUE	4
1. CADRE TECHNIQUE ET REGLEMENTAIRE D'UN SUIVI POST-IMPLANTATION	7
1.1 CADRE REGLEMENTAIRE	7
1.2 DEFINITION DU PROTOCOLE NATIONAL	7
1.3 APPLICATION DU PROTOCOLE NATIONAL A L'ECHELLE DU PARC SUIVI	7
2. PRESENTATION DU PARC EOLIEN	8
2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ECOLOGIQUE.....	8
2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES	8
2.3 SITUATION ECOLOGIQUE ANTERIEURE – RAPPEL DE L'ETUDE D'IMPACT	9
2.4 SUIVIS ENVIRONNEMENTAUX EFFECTUES SUR DES PARCS PROCHES	9
3. METHODES DE TRAVAIL	12
3.1 SUIVI DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE	12
3.2 SUIVI DE MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX	13
3.3 METHODE D'EVALUATION DES ESPECES FREQUENTANT LE PARC.....	20
3.4 METHODE DE DEFINITION DES IMPACTS ET DES MESURES DE REDUCTION ADAPTEES AU PARC	22
4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE	23
4.1 VALIDITE DU MATERIEL UTILISE	23
4.2 DESCRIPTION DES ACTIVITES ENREGISTREES	23
4.3 SYNTHESE ET EVALUATION DES ACTIVITES.....	26
4.4 REPARTITION DE L'ACTIVITE SELON L'HEURE DE LA NUIT	27
4.5 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LES VITESSES DE VENT.....	27
4.6 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LA TEMPERATURE	28
4.7 CONCLUSION DU SUIVI ACOUSTIQUE A HAUTEUR DE NACELLE	28
5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE MORTALITE	29
5.1 RESULTATS BRUTS.....	29
5.2 VARIABLES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE	33
5.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE	36
5.4 CONCLUSION DU SUIVI DE LA MORTALITE	38
6. EVALUATION DES IMPACTS PAR COLLISION ET BAROTRAUMATISME	39
6.1 OISEAUX	39
6.2 CHAUVES-SOURIS	40
7. MESURES DE REDUCTION DES RISQUES DE COLLISION	43
7.1 PROTECTION DES CHAUVES-SOURIS FREQUENTANT LE PARC PAR UN BRIDAGE NOCTURNE DIFFERENCIE	43
7.2 CONTROLE DE L'ECLAIRAGE NOCTURNE	44
7.3 GESTION DES HABITATS AUTOUR DES EOLIENNES	44
8. SUIVI DE L'EFFICACITE DES MESURES	45
9. MESURE D'ACCOMPAGNEMENT	45

10. BIBLIOGRAPHIE	46
ANNEXE 1 : DATES DE PROSPECTION DU SUIVI DE MORTALITE ET DES TESTS ASSOCIES	51
ANNEXE 2 : SURFACES PROSPECTEES PAR EOLIENNE AU COURS DU SUIVI	52
ANNEXE 3 : SYNTHESE DES CADAVRES DECOUVERTS LORS DU SUIVI DE MORTALITE	53
ANNEXE 4 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR D'EOLAPP	54
ANNEXE 5 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR DE GENEST	55
ANNEXE 6 : PARAMETRES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE AVEC 57	
ANNEXE 7 : OPTIONS DE BRIDAGE PROPOSEES	58
ANNEXE 8 : DEMANDE DE DEROGATION POUR LA CAPTURE OU L'ENLEVEMENT DE CADAVRES PROTEGES	59



RESUME NON TECHNIQUE

Ce résumé présente les éléments essentiels à retenir, exposés de manière synthétique, et se veut pédagogique. Le détail des descriptions et des analyses permettant de comprendre précisément les enjeux écologiques se trouve dans le corps du texte.

❖ Présentation du parc éolien suivi

Le parc éolien d'Ids-Saint-Roch et Touchay se situe au sud du Berry dans la région paysagère de bocage de la Marche dans le département du Cher (18).

Le parc éolien d'Ids-Saint-Roch et Touchay est composé de 6 éoliennes, mises en service le 15 juillet 2020 et exploitées par Eurocape.

❖ Méthodes de travail

Suivi à hauteur de nacelle

Un Batmode S+ a été installé sur l'éolienne E1 et a fonctionné du 25 mars au 11 novembre 2021.

Le micro a été globalement opérationnel du début à la fin, à l'exception de deux nuits (une en juin et une en septembre) où la sensibilité était respectivement trop faible, puis trop élevée.

Mortalité

Le premier suivi ayant débuté en avril 2021, les préconisations du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) s'appliquent au parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay.

Les **6 éoliennes du parc**, se trouvant toutes dans un contexte bocager de pâtures entrecoupées de haies, ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un protocole standardisé. Un total de **41 passages a été réalisé entre le 9 avril et le 23 octobre 2021** (semaines 14 à 42), avec un intervalle entre les passages de 7 j jusqu'à fin juillet puis de 3,5 j jusqu'à fin octobre, soit un **intervalle moyen entre les passages de 4,5 jours**.

Les pâles mesurant 65 m, les prospections se sont donc effectuées dans un rayon de **65 mètres** autour des mâts des machines.

Deux tests de persistance ont été réalisés (les 08/06 et 13/09/21) avec un suivi de la persistance des 4 à 5 leurres répartis sur chacune des 6 éoliennes à J+1, J+3, J+7, J+10 et J+14. Les **deux tests d'efficacité** des observateurs (04/06 et 08/10/21) ont consisté en la dépose de 128 leurres sur les différentes zones prospectables autour des éoliennes.

Les résultats bruts sont corrigés grâce aux deux applications EolApp (permettant d'obtenir les formules d'Huso et Jones avec leur intervalle de confiance, conformément aux préconisations du protocole national de 2018) et **GenEst** (permettant d'obtenir des résultats plus fins et mieux adaptés aux conditions stationnelles, également sous la forme d'une médiane avec intervalle de confiance).

Au cours du suivi de 2021, les conditions de fonctionnement des éoliennes ont été variables. En effet, plusieurs algorithmes de bridage ont été proposés par Ecosphère et mis en place pour les raisons suivantes :

- Contexte bocager a priori très favorable à une forte densité en chiroptères ;

- Connaissance de la présence d'une colonie de Noctule de Leisler à proximité du parc ;
- Nombreux cas de mortalité de chauves-souris en cours de suivi, dont plusieurs individus de Noctule commune, espèce menacée.

Aussi, **4 sous-périodes** ont dues être définies pour les analyses :

- De début avril à fin juin : une absence de bridage « *Bridage 0* » ;
- Sur le mois de juillet : un bridage à 4 m/s pendant 6h30 après le coucher du soleil (éoliennes 1 à 4) « *Bridage 1* » ;
- Sur le mois d'août : un bridage à 5 m/s pendant 4h30 après le coucher du soleil et 3h avant le lever du soleil (éoliennes 1 à 4) « *Bridage 2* » ;
- Entre septembre et octobre : un bridage à 6 m/s pendant 4h30 après le coucher du soleil et 3h avant le lever du soleil (éoliennes 1 à 6) « *Bridage 3* ».

Ce bridage évolutif a eu des conséquences directes sur la mortalité brute du parc. Ces conséquences ont été analysées.

❖ Résultats du suivi acoustique à hauteur de nacelle

Au total, durant ce suivi 2021, **11 961 contacts de chauves-souris** ont été enregistrés par le Batmode S+ au niveau de l'éolienne E1. Les espèces les plus contactées sont dans l'ordre la **Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle commune. Un nombre exceptionnel de contacts de Noctule commune a été recueilli durant l'année, avec un impressionnant pic au mois d'août**. Les mois d'août et de septembre sont par ailleurs les plus largement fréquentés par l'ensemble des espèces de chiroptères. Les Pipistrelles de Nathusius sont très peu représentées, avec seulement 0,33% des contacts totaux.

❖ Résultats du suivi de la mortalité

Résultats bruts

La mortalité constatée entre avril et octobre 2021 se compose ainsi de **34 individus** :

- **12 oiseaux appartenant à 8 espèces** : 4 Buses variables [sédentaires ou migratrices], 1 Epervier d'Europe [sédentaire ou migrateur], 1 Tourterelle des bois [sédentaire], 1 Martinet noir [migrateur], 2 Bruants proyers [sédentaires ou migrateurs], 1 Moineau domestique [sédentaire], 1 Gobemouche noir [migrateur] et 1 Rougegorge familier [Migrateur probable] ;
- **22 chiroptères appartenant à 5 espèces** : 10 Pipistrelles communes [sédentaire], 2 Pipistrelles de Kuhl [sédentaire], 1 Pipistrelle de Nathusius [migratrice], 8 Noctules communes [sédentaires pour la plupart, possiblement quelques migratrices] et 1 Noctule de Leisler [statut indéterminé].

Les cadavres découverts sont distribués de manière relativement homogène entre les éoliennes, avec 4 à 8 découvertes par éolienne.

Persistance des cadavres

Les tests de persistance réalisés à partir de 53 leurres montrent **un taux de persistance de 33% (première période) à 17 % (seconde période)** durant l'intervalle (7 j pour la première période et 3,5 j pour la seconde).

La persistance est supérieure en première partie de suivi et chute en seconde partie de suivi. **La réduction de l'intervalle entre deux passages à partir de début octobre permet de réduire les biais liés à la disparition trop rapide des cadavres sur cette période et de ne pas augmenter le degré**

d'imprécision. En effet, le temps moyen de persistance est d'environ la moitié de l'intervalle aux deux périodes.

DéTECTABILITÉ (EFFICACITÉ DE L'OBSERVATEUR)

Le **taux d'efficacité (ou de détection) est de 0,74 pour la période 1 et de 0,60 pour la période 2.**

Le taux moyen de détection est considéré comme bon, avec une médiane de 70 % [IC 80 % : 67 % - 74 %] de leurres découverts sur l'ensemble de la période de prospection. Toutefois, on notera que la détectabilité est clairement moindre dans les surfaces de moyenne visibilité.

SURFACE PROSPECTÉE

La surface moyenne de prospection est de 45 % sur l'intégralité du suivi, avec une variabilité au cours de l'année et entre les éoliennes, ce qui est moyen mais permet des estimations suffisamment robustes.

ESTIMATIONS DE LA MORTALITÉ

Les résultats bruts de mortalité ont été corrigés selon 3 modèles statistiques (Erickson, Huso et Jones) à partir de nos calculs et de l'application « EolApp » développée par Besnard et Bernard (CEFE CNRS).

Ils ont également été analysés à partir de l'application « GenEst », développée par Huso & Dalthorp (USGS). Les résultats obtenus avec cette seconde méthode ont été conservés car elle permet un ajustement plus fin aux conditions réelles de suivi. Ainsi, l'estimation de la mortalité réelle aboutit à des valeurs médianes de la mortalité d'environ **198 chiroptères [IC 80 %¹ : 104 - 276] et 85 oiseaux [IC 80 % : 51 – 126] sur l'ensemble du suivi (avril – octobre). La mortalité est comprise entre 22 et 58 cadavres par éolienne, chauves-souris et oiseaux confondus.** Ces valeurs sont très importantes², d'autant plus avec un bridage (léger à moyen selon la période de l'année) en place.

La mortalité est variable au cours des périodes du suivi, en fonction de l'écologie des espèces impactées mais également des conditions de fonctionnement des éoliennes (bridage évolutif ayant été mis en place en cours de suivi). **Ce bridage semble montrer une certaine efficacité à partir de 6, voire 5 m/s,** principalement sur les chauves-souris et éventuellement sur les oiseaux migrateurs. L'ensemble de ces paramètres de bridage reste néanmoins insuffisant au vu des estimations globales obtenues, y compris sur la période stricte de son application.

❖ ÉVALUATION DES IMPACTS PAR COLLISION

Pour les **oiseaux**, le niveau d'impact avéré est **faible pour la Buse variable**, à négligeable pour les autres espèces dont des cadavres ont été découverts sous le parc. Il est faible sur la période d'avril à juin et négligeable entre juillet et octobre.

Pour les **chauves-souris**, le niveau d'impact avéré est **assez fort pour la Noctule commune, moyen pour la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius**, et négligeable pour les Pipistrelles de Kuhl et commune. **Le niveau d'impact par mois est ainsi très fort en août et septembre, fort en juillet, moyen en juin**, faible en avril, mai et octobre et enfin, négligeable en novembre.

❖ MESURES DE RÉDUCTION DES RISQUES DE COLLISION, DE SUIVI ET D'ACCOMPAGNEMENT

¹ IC 80 % = Intervalle de Confiance à 80 %. L'intervalle de confiance encadre la valeur de mortalité estimée par une borne supérieure et une borne inférieure. Ici, le niveau de confiance de cet intervalle est de 80%. Ce qui signifie qu'il y a 80 chances sur 100 pour que la valeur de l'estimation de la mortalité soit comprise entre la borne inférieure et la borne supérieure.

BRIDAGE NOCTURNE

Un bridage avec différents paramétrages a été établi pro-activement par l'exploitant durant l'année 2021 afin de limiter la mortalité du parc.

Le bridage a pour objectif de réduire les risques de collision, tout en maintenant l'éolienne active, en augmentant le seuil de vent (« cut-in speed ») à partir duquel elle commence à produire. Dans le tableau ci-dessous est indiqué le pourcentage d'activité globale enregistrée lors des suivis acoustiques qui serait à protéger par le bridage selon les niveaux d'impact évalués par mois.

	Négligeable	Faible	Moyen	Assez fort	Fort	Très fort
Proportion de l'activité globale à protéger (toutes espèces confondues)	NA	50-70	70-80	80-90	90-95	95-100

Le tableau ci-dessous résume les paramétrages de bridage mis en place courant 2021 et présente également les options mensuelles de bridage à appliquer à partir de 2022, en fonction du taux de protection à atteindre. Ce taux de protection à atteindre est un objectif qui permet une protection globale satisfaisante dont le niveau est proportionnel au niveau d'impact défini par mois (voir tableau précédent).

	Bridage en cours (2021)	Bridage à appliquer
Avril	Aucun bridage	4 m/s 8°C 9h30 après le coucher du soleil Protection estimée : 60%, dont 66% de sérotules (soit 25 contacts, dont 25 sérotules)
Mai	Aucun bridage	4,5 m/s 8°C 8h30 après le coucher du soleil Protection estimée : 56%, dont 44% de sérotules (soit 24 contacts, dont 15 sérotules)
Juin	Aucun bridage	3 m/s - Nuit complète (entre 8h et 8h30 après le coucher du soleil) Protection estimée : 76%, dont 81% de sérotules (soit 246 contacts, dont 139 sérotules)
Juillet	4 m/s 10°C 6h30 après le coucher du soleil Protection estimée : 64%	5,5 m/s 15°C Nuit complète (entre 8h et 9h après le coucher du soleil) Protection estimée : 91%, dont 90% de sérotules (soit 462 contacts, dont 408 sérotules)

² D'après la base de données interne d'Ecosphère, le niveau de mortalité de ce parc se situe parmi le quantile 80-100 des parcs étudiés. En d'autres termes, ce parc se situe dans les 20% des parcs avec le plus de mortalité corrigée pour les chiroptères comme pour les oiseaux.

	Bridage en cours (2021)	Bridage à appliquer
Août	5 m/s 15°C 4h30 après le coucher du soleil + 3h avant le lever du soleil	6 m/s 12 °C Nuit complète (entre 9h et 10h30 après le coucher du soleil)
	Protection estimée : 80%	Protection estimée : 98%, dont 98% de sérotules (soit 8220 contacts, dont 6958 sérotules)
Septembre	6 m/s 15°C 4h30 après le coucher du soleil + 3h avant le lever du soleil	6,5 m/s 12°C Nuit complète (entre 10h30 et 12h30 après le coucher du soleil)
	Protection estimée : 69%	Protection estimée : 96%, dont 95% de sérotules (soit 2302 contacts, dont 1732 sérotules)
Octobre	6 m/s 15°C 4h30 après le coucher du soleil + 3h avant le lever du soleil	5 m/S 10°C 12h30 après le coucher du soleil
	Protection estimée : 24%	Protection estimée : 57%, dont 30% de sérotules (soit 48 contacts, dont 14 sérotules)

Contrôle de l'éclairage nocturne

Chaque éolienne est équipée d'une lampe halogène au niveau de sa porte d'accès, laquelle se déclenche grâce à un détecteur de mouvement pour permettre la montée des escaliers en sécurité de nuit.

Le système de déclenchement par détection de mouvement sera désactivé dès le printemps 2022 et pour toute l'année.

Gestion des habitats autour des éoliennes

Afin d'améliorer les capacités de recherche autour des éoliennes lors du prochain suivi post-implantation, l'entretien des zones herbacées autour des plateformes déjà en place, devra être renforcé en Juin, au moment de la pousse de la végétation.

Suivi de l'efficacité des mesures

L'arrêté ministériel du 22 juin 2020 relatif à la notion ICPE-éolien, prévoit dorénavant que le suivi environnemental soit 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.

Ainsi sur le parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay, **nous estimons qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives préconisées dans la présente étude par un second suivi de mortalité et d'écoute à hauteur de nacelle d'intensité égale en 2022.**



1. CADRE TECHNIQUE ET REGLEMENTAIRE D'UN SUIVI POST-IMPLANTATION

1.1 CADRE REGLEMENTAIRE

L'arrêté du 26 août 2011, dans son article 12, précise pour une installation classée ICPE :

« Au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis une fois tous les dix ans, 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. Lorsqu'un protocole de suivi environnemental est reconnu par le ministre chargé des installations classées, le suivi mis en place par l'exploitant est conforme à ce protocole. Ce suivi est tenu à disposition de l'inspection des installations classées ».

Ce suivi doit également être conforme aux dispositions applicables aux ICPE relatives à l'étude d'impact. Ainsi, l'article R122-14 du code de l'environnement prévoit que :

« - La décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution du projet mentionne :
 1° Les mesures à la charge du pétitionnaire ou du maître d'ouvrage, destinées à éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine, réduire les effets n'ayant pu être évités et, lorsque cela est possible, compenser les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits ;
 2° Les modalités du suivi des effets du projet sur l'environnement ou la santé humaine ;
 3° Les modalités du suivi de la réalisation des mesures prévues au 1° ainsi que du suivi de leurs effets sur l'environnement, qui font l'objet d'un ou plusieurs bilans réalisés selon un calendrier que l'autorité compétente pour autoriser ou approuver détermine. Ce ou ces bilans sont transmis pour information par l'autorité compétente pour prendre la décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution à l'autorité administrative de l'État compétente en matière d'environnement. »

L'arrêté du 22/06/2020, modifiant l'arrêté du 26/08/2011, apporte des précisions quant aux exigences sur les délais de rendu des suivis post-implantation et les modalités de téléversement légales des données brutes collectées. **Il stipule également que ce suivi est renouvelé dans les 12 mois si un impact significatif est mis en évidence et qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives.** Au minimum, le suivi est renouvelé tous les 10 ans d'exploitation de l'installation.

1.2 DEFINITION DU PROTOCOLE NATIONAL

En novembre 2015, l'État a publié un protocole standardisé permettant de réaliser les suivis environnementaux. Il guide également la définition des modalités du suivi des effets du projet sur l'avifaune et les chiroptères prévu par l'article R122-14 du code de l'environnement.

Entre 2016 et 2017, ce protocole national s'est avéré inadapté à l'usage et généralisait des mesures qui n'avaient en fait de sens que pour certains parcs. Des travaux associant les administrations, les professionnels de l'éolien (FEE & SER), les associations de protection de la biodiversité (LPO & SFPEM) et le Muséum National d'Histoire Naturelle ont permis alors d'aboutir à un nouveau consensus. Sur cette

³ Décision du 5 avril 2018, NOR : TREP1807992S

base, une décision ministérielle a été publiée le 5 avril 2018³ avec un nouveau protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres.

Ce protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres révisé en 2018 préconise un suivi de mortalité constitué au minimum de 20 passages entre les semaines 20 à 43. Le suivi pourra être renforcé sur cette même période (augmentation de la fréquence des passages) ou élargi à d'autres périodes de l'année selon les conclusions de l'étude d'impact, les prescriptions potentielles des arrêtés préfectoraux ou si les premiers résultats des suivis de mortalité indiquent des niveaux de mortalité significatifs.

Aussi, un suivi d'activité en hauteur des chiroptères sera couplé au suivi de mortalité à minima des semaines 31 à 43, et qui pourra également être élargi en fonction des enjeux, des risques d'impact identifiés et de la présence ou non d'un suivi en hauteur dans l'étude d'impact.

Le tableau suivant synthétise les périodes de suivi préconisées selon les caractéristiques du parc éolien.

Période sur laquelle doit être effectué le suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères et le suivi d'activité des chiroptères en hauteur en fonction des enjeux (tiré du Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres. Révision 2018)

Semaine n°	1 à 19	20 à 30	31 à 43	44 à 52
Le suivi de mortalité doit être réalisé ...	Si enjeux avifaunistiques ou risque d'impact sur les chiroptères spécifiques *	Dans tous les cas *		Si enjeux avifaunistiques ou risque d'impact sur les chiroptères *
Suivi d'activité en hauteur 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

* Le suivi de mortalité des oiseaux et des chiroptères est mutualisé. Ainsi, tout suivi de mortalité devra conduire à rechercher à la fois les oiseaux et les chiroptères (y compris par exemple en cas de suivi étendu motivé par des enjeux avifaunistiques).

1.3 APPLICATION DU PROTOCOLE NATIONAL A L'ECHELLE DU PARC SUIVI

Dans le cas du parc éolien d'Ids-Saint-Roch et Touchay, le suivi ayant été contractualisé en 2021 et débuté en avril 2021, les préconisations du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) s'y appliquent.

2. PRESENTATION DU PARC EOLIEN

2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ECOLOGIQUE

Voir les cartes « Localisation du parc éolien » en fin de chapitre.

Le parc éolien d'Ids-Saint-Roch et Touchay se situe au sud du Berry dans la région paysagère de bocage de la Marche dans le département du Cher (18), à une quarantaine de kilomètres de Chateauroux (à l'ouest), de Bourges (au Nord) et de Montluçon (au sud).

Le bocage environnant le parc est encore bien préservé. Il est composé principalement de pâtures et de quelques cultures entrecoupées de haies parsemées de nombreux vieux arbres.



Vue sur le parc depuis la nacelle de l'éolienne 1 (G. Marchais, Ecosphère)



Haie arborée dense, riche en vieux arbres à cavités, au pied de l'éolienne E3 (M. Acqueberge, Ecosphère)

2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES

Le parc éolien d'Ids-Saint-Roch et Touchay est composé de 6 éoliennes, mises en service le 15 juillet 2020 et exploitées par Eurocape.

Modèle	Nordex N131 (éoliennes E1, E2, E4, E5 et E6)	Nordex N117 (éolienne E3)
Puissance nominale	3 MW	3 MW
Puissance cumulée du parc	18 MW	
Date de mise en service	15/07/2020	
Hauteur du moyeu	99 m	91 m
Diamètre du rotor	131 m	117 m
Garde au sol	33,5 m	32,5 m
Zone de balayage du rotor	13 478 m ²	10 751 m ²
Vitesse de connexion (cut-in wind speed)	3 m/s	3 m/s
Vitesse max d'arrêt (10 min en moyenne)	20 m/s	25 m/s
Vitesse de rotation maximale	11,6 tours/minute	14,1 tours/minute
Vitesse de rotation minimale	6,5 tours/minute	7,9 tours/minute

Au cours du suivi de 2021, les conditions de fonctionnement des éoliennes ont été variables. En effet, plusieurs algorithmes de bridage ont été mis en place pour les raisons suivantes :

- Contexte bocager a priori très favorable à une forte densité en chiroptères ;
- Connaissance de la présence d'une colonie de Noctule de Leisler à proximité du parc ;
- Nombreux cas de mortalité de chauves-souris en cours de suivi, dont plusieurs individus de Noctule commune, espèce menacée.

Bien que la mise en place de conditions variables complexifie l'analyse sur cette première année de suivi, des conditions de bridage renforcées ont été mises en place au cours de la saison afin de réduire la mortalité dès que celle-ci s'est avérée concrète.

Evolution des conditions de fonctionnement des éoliennes au cours du suivi de 2021

	Absence de bridage	Bridage n°1	Bridage n°2	Bridage n°3
Eoliennes concernées	E1 à E6	E1 E2 E3 E4	E1 E2 E3 E4	E1 à E6
Paramètres	Absence de bridage	Vitesse du vent < 4m/s Température > 10°C En l'absence de pluie Pendant 6h30 après le coucher du soleil	Vitesse du vent < 5m/s Température > 15°C En l'absence de pluie Pendant 4h30 après le coucher du soleil et 3h avant le lever du soleil	Vitesse du vent < 6m/s Température > 15°C En l'absence de pluie Pendant 4h30 après le coucher du soleil et 3h avant le lever du soleil
Période	Du 09/04/21 (début du suivi) au 31/06/21	Du 01/07/21 au 01/08/21 (durée de la nuit entre 8h et 9h)	Du 01/08/21 au 25/08/21 (durée de la nuit entre 9h et 10h15)	Du 26/08/21 au 31/10/21 (durée de la nuit entre 10h15 et 14h)



Eolienne 1



Eolienne 2



Eolienne 3



Eolienne 4



Eolienne 5



Eolienne 6

Contexte écologique aux abords des éoliennes (H. Auclair, Ecosphère)

2.3 SITUATION ECOLOGIQUE ANTERIEURE – RAPPEL DE L'ETUDE D'IMPACT

2.3.1 RAPPEL DE L'ETUDE D'IMPACT

L'étude d'impact écologique a été réalisée en 2013 par Nature 18 (dépôt en mars 2014) et complétée en février et mai 2015. L'arrêté préfectoral autorisant l'exploitation du parc date du 4 février 2016.

L'étude d'impact met en avant la richesse avifaunistique caractéristique d'un milieu bocager préservé. Les flux migratoires sont modérés voire faibles concernant la Grue cendrée. La diversité chiroptérologique notée lors de l'étude est moyenne avec 10 espèces au sol. On notera la présence remarquable du Murin à oreilles échanquées dont la présence d'un gîte proche est supposé. Une colonie de Noctule de Leisler est suspectée dans le bourg d'Ids-Saint-Roch (communication du Museum de Bourges). La Noctule commune peut-être localement abondante au sol. En altitude, seule cette dernière a été identifiée avec certitude et seulement à l'automne. Cette étude donne également une description des impacts potentiels sur le milieu naturel, dont l'avifaune et les chiroptères, ainsi que les mesures proposées.

Toutefois, on notera différentes mentions du risque d'impact sur ces groupes liés au contexte local :

- « Dans un contexte de bocage relativement dense, les survols des haies par les pales sont difficilement évitables, d'autant que la disposition des plateformes a été raisonnée pour ne pas impacter trop fortement l'espace agricole. Ceci peut entraîner une majoration de l'impact sur l'avifaune et les chiroptères en déplacement au-dessus de ces haies, principalement quand il s'agit de haies arborées, plus hautes que les bouchures montées. » ;
- « Néanmoins, cette proximité [aux boisements] ne toucherait que la nidification des rapaces sensibles nichant en milieu forestier. »
- « Impact par risques de collision et barotraumatisme notamment pour les groupes Pipistrelle/Sérotine/Noctule pour lesquels un suivi pourra être mis en place tel que l'arrêt des machines dans les périodes de fortes activités. »

L'étude d'impact propose notamment un bridage des éoliennes lorsque le vent est inférieur à 6 m/s, une demi-heure avant le coucher du soleil, puis 1h30 après celui-ci durant les périodes de fortes activités des chiroptères, du 1^{er} août au 15 octobre.

Par ailleurs, la bibliographie mentionne la présence d'une colonie de Noctule de Leisler dans le village d'Ids Saint Roch.

2.3.1 ARRETE PREFECTORAL D'AUTORISATION D'EXPLOITER

L'arrêté préfectoral du 4 février 2016 stipule qu'un suivi environnemental soit réalisé entre avril et octobre au cours de la première année de fonctionnement de l'installation. S'il s'avère que le suivi révèle un impact du parc sur les chiroptères, des mesures doivent être proposées et la mise en place effective de ces mesures doit pouvoir être justifiée à tout instant et par tout moyen adapté à l'inspection des installations classées. Le suivi de mortalité devra par ailleurs être prolongé de manière à vérifier l'efficacité des mesures retenues.

2.4 SUIVIS ENVIRONNEMENTAUX EFFECTUES SUR DES PARCS PROCHES

Dans un rayon de 20 km, 3 parcs éolien en fonctionnent ont fait l'objet de suivis récents :

- Le parc de Forge, sur la commune de Mareuil-sur-Arnon (18), à environ 19 km au nord du parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay, a fait l'objet d'un suivi en 2017 et d'un second en 2021 ;
- Le parc de Bois Ballay, sur la commune de Mareuil-sur-Arnon (18), à environ 19 km au nord du parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay, a fait l'objet d'un suivi en 2016 ;
- Le parc de Chassepain, sur les communes de Saint-Chartier et de Saint-Août (36), à environ 19 km à l'ouest du parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay, a fait l'objet d'un suivi en 2019 et en 2020.

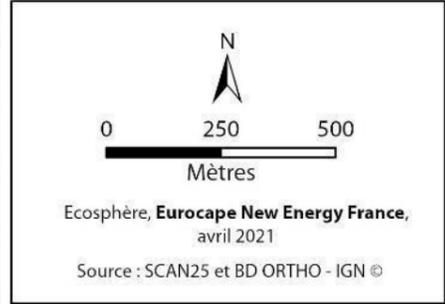
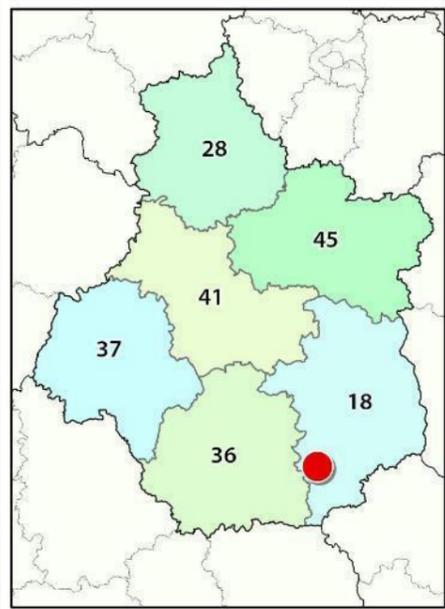
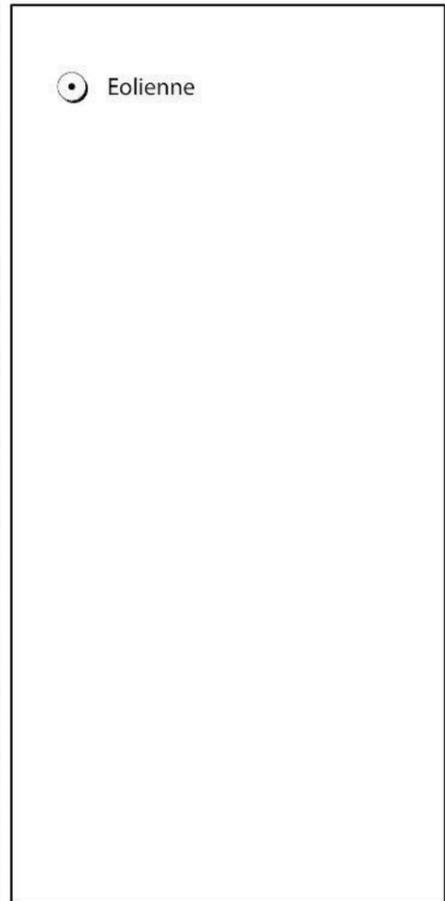
Ces parcs sont très éloignés du parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay et leurs résultats y sont difficilement transposables, tout particulièrement pour les parcs de Forge et Bois Ballay, situés dans un contexte très différent (agricole intensif).

Sur le parc de Forge (5 éoliennes), les 2 suivis ont montré une mortalité moyenne, notamment pour les chauves-souris, avec des estimations de 8 à 48 chauves-souris et la présence de Noctule commune, de Noctule de Leisler et de Pipistrelle de Nathusius. Un bridage basé sur un taux de protection de 90% des contacts est mis en place (6 m/s, 13°C, durée de la nuit variable).

Sur le parc de Bois Ballay (5 éoliennes), le suivi a montré une mortalité visiblement assez importante pour les chauves-souris (10 cas de mortalité brute, dont 6 individus de Noctule commune, Noctule de Leisler et Pipistrelle de Nathusius). Aucune estimation de la mortalité n'est faite et aucune mesure de régulation n'est proposée.

Les deux suivis sur le **parc de Chassepain** (10 éoliennes) ont montré une mortalité importante des oiseaux comme des chiroptères avec des estimations allant de 39 à 52 (en 2019) et 58 à 95 oiseaux (en 2020) et de 59 à 69 -dont plus de 30 sur chacune des deux éoliennes les plus impactantes- (en 2019) et 110 à 176 chauves-souris (en 2020). De nombreux cadavres de chiroptères menacés, dont les Noctules commune (2 en 2019 et 5 en 2020) et de Leisler (2 en 2019 et 3 en 2020), ainsi que la Pipistrelle de Nathusius (2 en 2019 et 1 en 2020), ont été découverts. Un bridage était en place à la mise en service du parc, entre juillet et octobre, sous 6 m/s et seulement pour les 2 premières heures après le coucher du soleil. Ce bridage, visiblement très insuffisant, n'a pas été réévalué à la hausse après les deux suivis.

Le cas du parc de Chassepain, par son contexte quasi bocager et son niveau d'impact avéré, semble être proche du parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay avec néanmoins des impacts et niveaux d'activité inférieurs.



3. METHODES DE TRAVAIL

3.1 SUIVI DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE

Un suivi d'activité chiroptérologique en altitude a été mené en continu depuis la nacelle de l'éolienne E1. Cette méthode permet d'enregistrer l'activité à hauteur de pales, soit dans la zone la plus à risque pour les chauves-souris.



Batmode S+ installé dans la nacelle de l'éolienne E1 (Écosphère)

L'éolienne E1 a été équipée d'un système de détection/enregistrement des ultrasons du 25 mars au 11 novembre 2021. L'appareil utilisé est un Batmode S+ de Bioacoustics technology GmbH™. Cet appareil enregistre les ultrasons au format WAV non compressé avec le micro de haute qualité « Ultrasound gate » d'Avisoft Bioacoustics™ et permet la connexion et le contrôle à distance du suivi (accès via internet, réseau mobile, Wifi). Les données recueillies ont ainsi permis d'apprécier le peuplement chiroptérologique présent sur le site sur plus de 7 mois consécutifs.

Ce détecteur-enregistreur automatique permet de capter dans toute la bande d'émission des chauves-souris. Dès qu'un ultrason est détecté, il est automatiquement enregistré. Les sonagrammes sont ensuite analysés par des experts à l'aide de logiciels de tri et de mesures de paramètres (Kaléidoscope pro et Batsound 4). Précisons que Kaléidoscope pro a été utilisé uniquement comme outil de tri de données et non comme système d'identification automatique car ce système peut facilement induire en erreur, malgré des avancées récentes pour certaines espèces⁴. En effet, des problèmes de discrimination des signaux de chauves-souris par rapport aux bruits existent encore et nécessitent de longues vérifications. Ce système manque donc encore de précision dans la détermination des espèces et les risques d'erreurs sont importants sans contrôle fin.

Simultanément aux enregistrements ultrasonores, les équipements intégrés de l'éolienne ont permis d'enregistrer les données météorologiques à hauteur de nacelle, telles que les vitesses de vent et la température. Celles-ci ont été utilisées dans les analyses de corrélation avec les activités afin de déterminer des paramètres de bridage visant à protéger les chauves-souris volant dans la zone de rotation des pales.

⁴ www.plume-de-naturalistes.fr/wp-content/uploads/2018/11/08_JAY_10-2018_Identification-chiropteres-SonoChiro_Plume2_99-118.pdf

3.1.1 LIMITES LIEES AU MATERIEL UTILISE

De manière générale, les résultats obtenus par le suivi d'activité chiroptérologique ne représentent qu'un échantillon pour un volume d'espace aérien donné d'une activité réelle quelle qu'elle soit. Dans le cadre de ce suivi, le micro était placé à environ 100 m de hauteur et orienté dans une direction pointant vers le sol. Cela signifie que les cris venant d'autres directions n'ont pas forcément été perçus. De plus, le micro a un volume de détection qui dépend de plusieurs variables, mais dont les plus importantes sont les suivantes :

- **La sensibilité du micro** : (pré réglée afin d'éviter la saturation et les bruits de fond par le fabricant) ;
- **La puissance et la fréquence des cris d'écholocation selon les espèces** : l'atténuation du signal sonore dans l'air est un facteur prépondérant considérant que plus un signal est élevé en fréquence plus il s'atténue vite dans l'air. Ainsi, les Noctules émettent des ultrasons à basse fréquence (15-25 kHz) qui parcourent d'assez grandes distances en milieu ouvert, tandis que les petites espèces (Pipistrelles) émettent des ultrasons de moyenne fréquence (35-55 kHz) qui parcourent des distances plus courtes. Les distances maximales de détection des espèces ne sont qu'approximatives car les mesures dépendent de nombreux paramètres environnementaux et ne peuvent être chiffrées avec précision à la dizaine de mètres près. Bio Acoustic Technology annonce une distance de captation de 30 m environ pour les pipistrelloïdes et de 70 m environ pour les nyctaloïdes (cf. Figure 1).
- **Les conditions météorologiques** : le micro du BATMODE S+, et notamment sa capsule exposée aux intempéries extérieures, peut montrer des variations de sensibilité et ainsi affecter la bonne détectabilité des ultrasons émis par les chauves-souris (cf. Figure 2). Un test de calibration quotidien a automatiquement été effectué pour vérifier la qualité du micro tout au long du suivi.

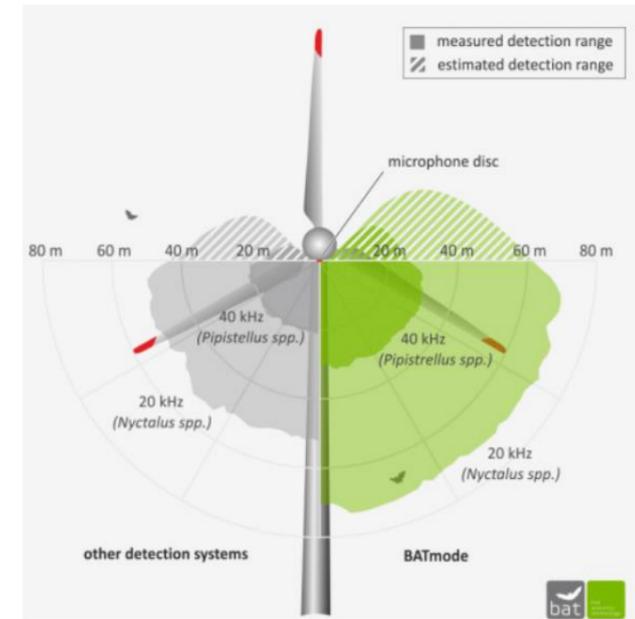


Figure 1. Variation du volume de captation du micro en fonction de la fréquence d'émission des signaux ultrasonores, de l'hygrométrie et de la température. Source : <http://www.bioacousticstechnology.de/nacelle-monitoring-of-bats-at-wind-turbines/?lang=en>

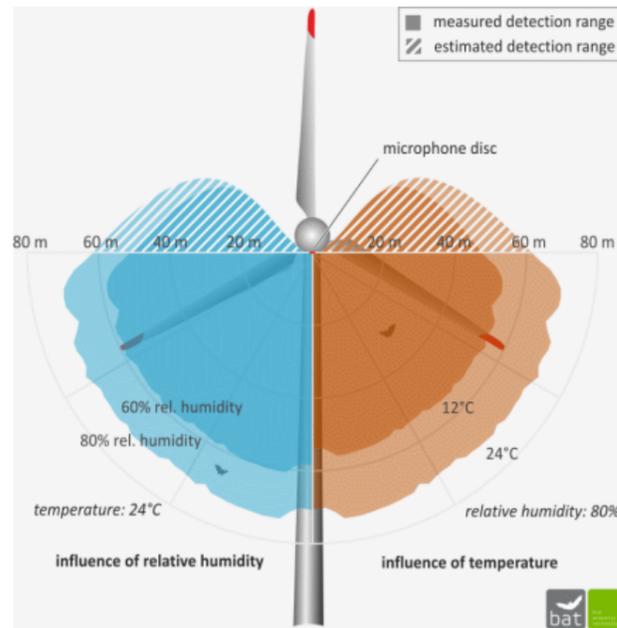


Figure 2. Schéma présentant les volumes de détection du micro « Ultrasoundgate » d'Avisoft Bioacoustics™ selon les conditions de température et d'humidité. Les couleurs foncées correspondent à la détection d'espèces émettant dans les 40 kHz (Pipistrelles), tandis que les couleurs plus claires correspondent à la détection d'espèces émettant dans les 20 kHz (Noctules, Sérotines).

3.1.2 LIMITES LIEES A L'IDENTIFICATION DES ESPECES

Les chiroptères et tout particulièrement les murins font varier la nature et la structure de leurs émissions ultrasonores en fonction de la distance par rapport aux obstacles et que, dans certains cas, ils adoptent des signaux très semblables, rendant impossible toute discrimination spécifique. Ainsi, des associations d'espèces ont pu être constituées lorsque l'analyse des signaux n'a pu déboucher sur une identification spécifique :

- « **Sérotule** » pour la Sérotine commune et les Noctules commune et de Leisler : ces trois espèces émettent des émissions sonores régulièrement similaires entre 20 et 30 kHz et sont, par conséquent, difficiles à discriminer. Pour certains cas, le terme « Noctule indéterminée » a été employé lorsque la Sérotine commune peut être écartée avec certitude ;
- « **Pipistrelle de Kuhl/Nathusius** » (PipKN) et « **Pipistrelle commune/de Nathusius** » (PipPN), associées aux Pipistrelles commune, de Kuhl et de Nathusius, correspondent aux individus émettant des cris en fréquence modulée compris entre 35 et 44 kHz. Seules les séquences caractéristiques présentant des cris avec une largeur de bande très faible (QFC) et les cris sociaux (servant à discriminer les Pipistrelles) ont généralement permis une distinction efficace des trois espèces.

Les autres espèces de bas vol comme les murins, rhinolophes et oreillard sont plus rarement contactés sur des suivis en altitude.

On ajoutera enfin que **l'identification des chauves-souris par l'acoustique est encore en développement**. Les méthodes de détermination sont récentes et reposent pour certains groupes (les murins en particulier) sur des probabilités. Une des méthodes les plus robustes en Europe a été définie par Michel Barataud et repose partiellement sur des éléments subtils liés à l'écoute. Une typologie des types de signaux acoustiques a été produite mais les limites atteintes par chaque espèce font encore l'objet de découvertes régulières, qui remettent parfois en question la méthodologie d'identification.

Les méthodes d'identification automatique en sont quant à elles à leurs balbutiements et leur fiabilité est faible (risques d'erreurs non négligeables). Elles n'ont pas été utilisées dans le cadre de cette étude.

Malgré ces limites cette étude permet de bien comprendre les modalités d'utilisation du site par les espèces et de qualifier la diversité du peuplement chiroptérologique.

3.2 SUIVI DE MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX

3.2.1 PRESSION D'ECHANTILLONNAGE

3.2.1.1 Éoliennes suivies

Les **6 éoliennes du parc** ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un protocole standardisé conforme au protocole ministériel de suivi environnemental des parc éoliens terrestres en vigueur depuis avril 2018.

3.2.1.2 Calendrier du suivi

Les préconisations du Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) recommandent 20 passages au minimum par éolienne par an. Conformément à l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter, **un total de 41 passages a été réalisé pour chaque éolienne. Ces passages sont répartis des semaines 14 à 42 (de début avril à fin octobre).**

L'étude d'impact ne fait état d'aucun enjeu ou impact particulier sur la période hivernale ; cette période n'est donc pas étudiée au cours du suivi de 2021. Pour rappel, l'activité chiroptérologique est presque nulle entre novembre et mars sous nos latitudes et le site ne présente pas d'intérêt particulier pour l'hivernage des espèces d'oiseaux sensibles au risque de collision.

Les passages ont été réalisés à raison d'un passage tous les 7 jours d'avril à fin juillet, puis de deux passages par semaine jusqu'à fin octobre (intervalle de 3,5j). La fréquence des passages a été constante au sein de chacune des deux périodes. **L'intervalle global moyen est de 4,5j.**

Le détail des dates de suivi est présenté en annexe 1.

Le suivi de la mortalité a ainsi été réalisé sur la quasi-totalité de l'année, à l'exception de la période hivernale, et couvrant 3 périodes d'activité faunistique distinctes :

- **entre avril et mi-juin**, période liée aux mouvements pré-nuptiaux notamment des noctules et de la Pipistrelle de Nathusius, à la migration pré-nuptiale, à la nidification des oiseaux et au début de la parturition des chauves-souris ;
- **entre mi-juin et juillet**, période liée à la dispersion des juvéniles et aux mouvements post-nuptiaux précoces des oiseaux (martinets...). Quelques espèces tardives achèvent leur reproduction en juillet. Courant juillet, les premiers vols des juvéniles d'oiseaux et de chauves-souris constituent une période à risque, ces animaux étant inexpérimentés ;
- **entre août et octobre**, période liée à la migration post-nuptiale. En août, on note de forts passages de chauves-souris migratrices (notamment les noctules) et de divers passereaux. C'est souvent à cette période que les cas de mortalité sont les plus nombreux. De nouveaux pics de passage sont enregistrés en septembre, avec les mouvements de Pipistrelle de Nathusius, aussi sensibles au risque de collision. Différentes vagues de migration se poursuivent pour les oiseaux au cours de l'automne, avec des pics de passage d'autres espèces sensibles en octobre (Milan royal, Alouette des champs...), alors que l'activité des chiroptères diminue fortement avec les premiers coups de froids.

Par ailleurs, 4 périodes d'étude ont été définies et regroupées en 2 grandes parties dans le but d'affiner l'analyse et l'interprétation des résultats, en lien avec les bridages préventifs mis en place en cours de suivi (voir chapitre 2.2) et les intervalles de prospections variables dans le temps :

- **la période 1** : ici, de début avril à fin juillet. Elle correspond principalement à la période de reproduction des oiseaux et à la parturition des chauves-souris. Elle est séparée en deux sous-périodes ;
 - de début avril à fin juin, où aucun bridage n'était en place (« Bridage 0 ») ;
 - de début à fin juillet, avec un bridage à 4 m/s sur les éoliennes E1 à E4 (« Bridage 1 ») ;
- **la période 2** : ici, de début août à fin octobre. Elle correspond principalement à la période de migration postnuptiale et aux dispersions des jeunes.
 - de début à fin août, avec un bridage à 5 m/s sur les éoliennes E1 à E4 (« Bridage 2 ») ;
 - de fin août à fin octobre, avec un bridage à 6 m/s sur l'ensemble des éoliennes (« Bridage 3 »).

3.2.2 RECUEIL DES DONNEES BRUTES DE MORTALITE

Le protocole d'étude directe de la mortalité implique la recherche de cadavres d'oiseaux et de chiroptères au sol.

3.2.2.1 Méthode pour la recherche des cadavres et surfaces prospectées

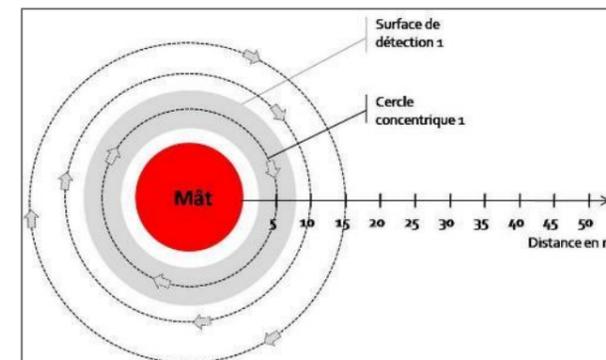
D'après la bibliographie, une majorité des cadavres tombe dans un rayon de 50 m autour des mâts (GRÜNKORN et al., 2005 ; BRINKMANN et al., 2011), il s'agit du rayon minimal à suivre. Conformément aux recommandations du protocole de suivi environnemental actuellement en vigueur, dans le cas de machines présentant des pales de longueur supérieure à 50 m, les prospections se font dans un rayon équivalent à la longueur des pâles autour des mâts des machines.

Pour le parc éolien d'Ids-Saint-Roch et Touchay, dont les pâles mesurent 65 m, les prospections ont donc été effectuées dans un rayon de 65 mètres autour des mâts des machines.

Cette surface a été prospectée en réalisant des transects autour des mâts des éoliennes suivies. Chaque transect est espacé de 5 mètres ce qui permet à l'observateur de rechercher la présence de cadavre sur une largeur de 2,5 mètres de part et d'autre de sa ligne de déplacement. En effet, Arnett et al., (2005) ont démontré que l'efficacité chute fortement au-delà d'une distance de 3 mètres. De la sorte, l'observateur a réalisé **13 transects pour s'éloigner au maximum de 65 mètres des mâts**. Précisons que ces itinéraires ont été réalisés d'un pas lent et régulier pour une détectabilité optimale et au moins une heure après le lever du soleil quand les conditions lumineuses sont suffisantes.

Si le suivi direct de la mortalité se révèle pertinent pour évaluer les effets d'un parc, il peut s'avérer extrêmement difficile voire impossible dans les cas où le couvert végétal est trop dense (Cornut & Vincent, 2010). Durant la période échantillonnée, les surfaces prospectables ont varié selon l'assolement autour des éoliennes (blé, colza, exploitant en activité dans les parcelles, ...). Le tableau suivant décrit les 3 classes de végétation utilisées pour définir les niveaux de visibilité. A chaque passage, le niveau de visibilité a été renseigné sur chaque parcelle ou habitat. **Une estimation de la surface prospectée autour des machines a ainsi été calculée pour chaque visite** à partir de la cartographie des habitats sous SIG. Ces données sont également intégrées dans le calcul des taux de détection afin d'interpréter correctement les résultats.

Classe de végétation	Type de végétation	Suivi de mortalité
Classe 1	Végétation haute et dense, sans visibilité au sol => cultures, pâture à végétation haute, haies	Visibilité nulle ou mauvaise = non prospectée
Classe 2	Végétation recouvrante mais de hauteur faible à moyenne ou végétation peu couvrante mais pouvant être haute => friches, herbe des plateforme, pâture rase	Visibilité moyenne = prospectée
Classe 3	Végétation de faible hauteur, peu couvrante à absence de végétation => plateformes, chemins	Visibilité bonne = prospectée



Le détail des surfaces réellement prospectées au cours du suivi est présenté en annexe 2.

Classes de végétation relevées sur le terrain



Classe de visibilité 3 (bonne) : plateforme



Classe de visibilité 2 (moyenne) : pâture à moutons dont l'herbe est de hauteur variable et dont la présence de nombreuses pierres et déjections perturbent la visibilité



Classe de visibilité 1 (faible à nulle ; non prospectées) : végétation haute sous E3, présence de vaches sous E2 (H. Auclair, Ecosphère)



Après avoir identifié et photographié les cadavres découverts autour des éoliennes suivies, les informations suivantes ont été notées :

- localisation du cadavre par rapport à l'éolienne : relevé GPS afin de définir la localisation précise et d'en déduire la distance au mât ;
- état du cadavre : degré de dégradation, type de blessure apparente, temps estimé de la mort, analyse des causes de mortalité, etc. ;
- selon les besoins, des mesures complémentaires peuvent être relevées : âge, sexe, biométrie (longueur de l'avant-bras, du 3e et/ou du 5e doigt, etc. pour les chiroptères).

3.2.2.2 Identification des espèces

L'identification à l'espèce, notamment des chauves-souris, représente une plus-value importante lors de l'analyse des résultats, en permettant de distinguer des espèces ayant des comportements différents (sédentaires ou migratrices) ou encore des statuts de menace et de rareté différents.

Dans ce cadre, la prise des différentes mesures biométriques nécessaires à l'identification n'est généralement possible qu'avec une manipulation du cadavre de chauve-souris, voire son prélèvement pour l'observation et les mesures de la dentition sous loupe binoculaire. S'agissant d'espèces protégées, une demande de dérogation pour la capture ou l'enlèvement de cadavres de chiroptères protégés au

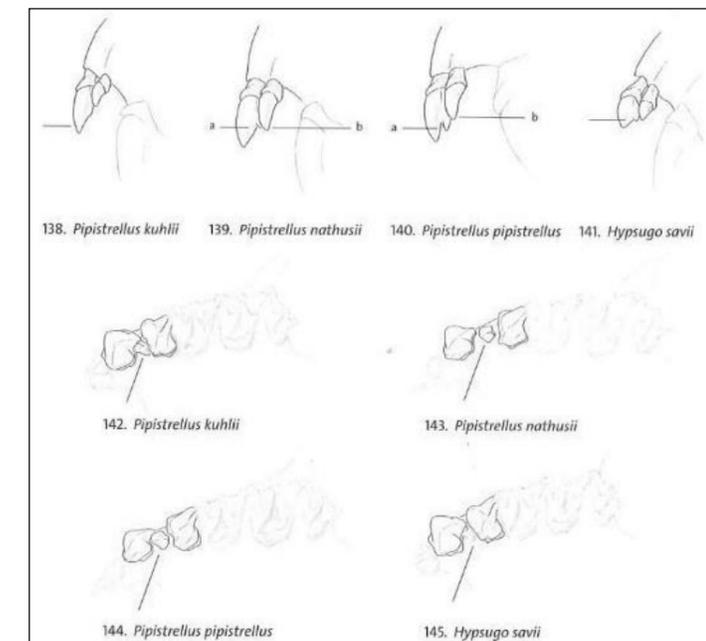
niveau national a été faite et obtenue auprès de la Direction Départementale des Territoires du Cher (Arrêté n°DDT 2021-184 ; annexe 8).

Tous les cadavres ont été, autant que possible, identifiés à l'espèce.

Pour les chiroptères, différents ouvrages ont pu être utilisés pour l'identification en fonction de l'état dans lequel est le cadavre au moment de sa découverte :

- La clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe, par [Dietz & von Helversen \(2004\)](#) ;
- La clé morphologique et la clé des crânes présentes dans le guide : Mammifères de Suisse : clés de détermination, détermination par [Marchesi et al. \(2011\)](#) ;
- Identification des chiroptères de France à partir de restes osseux. Fédération Française de Spéléologie, par [Dodelin B. \(2002\)](#) ;
- Utilisation des caractères dentaires pour la détermination des Vespertilionidés de l'ouest européen. Le Rhinolophe, bulletin de la coordination ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris. N°4. [Museum d'Histoire Naturelle de Genève - Menu H. et Popelard J-B. \(1987\)](#).

Les deux premières clés sont principalement utilisables pour des individus en bon (voire très bon) état, la troisième permet une identification à partir du crâne et tout particulièrement de la dentition. En effet, certaines espèces, même en bon état de conservation, sont difficilement identifiables avec certitude sans la dentition, en raison d'un haut degré de variabilité intraspécifique, comme c'est tout particulièrement le cas pour le genre *Pipistrellus*. L'identification de l'espèce s'effectue en mesurant les rangées dentaires (de la canine à la 3^{ème} molaire) et la distance entre la 1^{ère} et la 3^{ème} molaire, puis en vérifiant les autres critères, discriminants (présence/absence de protoconule, de métalophe/paralophe) et distinctifs (matrice présente dans la clé des crânes, [Marchesi et al. \(2011\)](#)).



Différenciation des pipistrelles à partir de quelques critères de dentition (Source : Fauna Helvetica, 2011)



Pour les oiseaux, les ouvrages suivants ont été consultés :

- Svensson I., Grant P., Mullarney K. & Zetterström D. (2010) - Le guide ornitho. Delachaux & Niestlé, Paris, 2e édition, 447 p ;
- Beauregard-Vendon - Demongin L. (2015) - Guide d'identification des oiseaux en main. Les 250 espèces les plus baguées en France., 310 p ;
- Svensson (1992) - Identification guide to european passerines. BTO, 4ème édition, 368 pp ;

Dans certains cas, le cadavre a été dévoré et seules les plumes restent. Celles-ci possèdent pour la plupart des caractéristiques particulières permettant de spécifier l'individu. Dans ce cas, les guides suivants peuvent aider à l'identification :

- Fraigneau C. (2017). Identifier les plumes des oiseaux d'Europe occidentale. Delachaux & Niestlé, Paris. 400 p ;
- En français : www.alulaweb.com ;
- En anglais et en allemand : www.federn.org.

3.2.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE A PARTIR DES DONNEES BRUTES

Des écarts importants peuvent exister entre la mortalité brute découverte lors du suivi et la mortalité réelle. Aussi, des modèles correctifs sont utilisés pour tenir compte des différents biais.

Le paramètre clé pour estimer la mortalité des chauves-souris et des oiseaux à partir de la recherche de cadavres est la **probabilité de détection (b)**, c'est-à-dire la probabilité qu'un animal tué soit retrouvé, celle-ci étant fonction :

- **de la surface réellement contrôlée (a)**. La surface prospectée ne contient pas, en général, la totalité des cadavres tués par l'éolienne et parfois seule une portion de la surface est accessible (limite de la surface de prospection en culture dense, en zones boisées, etc.) ;
- **du taux de persistance des carcasses (p)**. En effet, la disparition des cadavres est plus ou moins rapide selon l'abondance des charognards, les disparitions pouvant avoir lieu dans la nuit même ou sur un nombre de jours plus ou moins important ;
- **de l'efficacité du chercheur (d, ou Pk dans certaines publications)**. La performance de l'observateur pour la découverte des cadavres peut varier selon les personnes (fatigue, formation et expérience) mais aussi selon la saison (hauteur de la végétation, présence des feuilles mortes, etc.).

Les estimations de cette probabilité de détection peuvent se faire selon plusieurs modèles d'extrapolation statistique, chacun ayant des avantages et des inconvénients.

La manière apparemment la plus simple consiste, pour une aire prospectée totalement, à estimer cette probabilité de détection comme étant le produit de l'efficacité des enquêteurs et de la probabilité de disparition des cadavres ($b = p \cdot d$). C'était l'approche utilisée par la première méthode développée au début des années 90, mais elle ne tenait pas compte de la fréquence des passages (tendance à la surestimation de la mortalité ; Korner-Nievergelt et al., 2011).

Une deuxième méthode, dite d'Erickson, a mieux pris en compte à partir de l'année 2000 la fréquence des passages ainsi que la persistance des cadavres, mais elle sous-estimait la mortalité (sauf pour des

temps de persistance longs ; Korner-Nievergelt et al., 2011) comparativement aux différentes méthodes les plus modernes présentées ci-dessous (Jones, Huso et Korner).

En fait, **l'utilisation d'une relation exponentielle (Jones, Huso) ou d'une relation statistique complexe (Korner) rendent l'analyse plus fine** avec en particulier un poids plus important donné à la probabilité de disparition des cadavres. La formule de Korner-Nievergelt et al., (2011) est en général la méthode la plus fiable lorsque l'efficacité du chercheur et le taux d'enlèvement des cadavres par les prédateurs sont constants. Lorsque ces paramètres varient, comme c'est généralement le cas, les biais sont proches entre les différentes méthodes. Il n'existe à ce jour pas de modèle universel (Bernardino et al., 2013). En revanche, **quelle que soit la méthode utilisée, les estimations sont mal estimées pour des durées de persistance courtes et des intervalles de recherches supérieurs à 7 jours (Korner-Nievergelt et al., 2011).**

Les paragraphes suivants justifient les modes de calculs et les paramètres utilisés.

3.2.3.1 Paramètres et biais pris en compte

❖ Ajustement de la surface réellement contrôlée (a)

L'une des principales difficultés consiste à corriger les données en fonction de la surface réellement prospectée par rapport à la surface théorique du protocole. Ces différences sont liées en général à la topographie et/ou à la densité de la végétation. **Le coefficient de correction surfacique renseigne alors sur le pourcentage de cadavres non relevés par l'observateur.** Deux facteurs rendent difficiles l'appréciation :

- plus la surface réellement prospectée est petite, plus la marge d'erreur est grande ;
- la répartition spatiale des carcasses influe sur les calculs : de manière courante, plus l'on s'éloigne du mât, plus la densité en cadavres diminue (Strickland).

En général, on ajuste les estimations de mortalité totale par une simple relation de proportionnalité entre la surface prospectée sur la surface prospectable en théorie d'un disque d'un rayon de 50 m autour de la base de l'éolienne.

Cette formule repose sur le fait que la distribution des cadavres est homogène dans l'espace et ne tient donc pas compte de la distribution réelle des cadavres sur le terrain. Huso et al. (2010) ont estimé que cela conduit probablement à une surestimation de la mortalité.

Behr et al. (2011) considèrent que si la surface pouvant être prospectée est inférieure à 40 % dans les 50 mètres autour du mât, il n'est pas possible d'obtenir des résultats cohérents. Ils ne sont plus fiables statistiquement. En tout état de cause, lorsque la zone n'a pas pu être entièrement parcourue, la surface contrôlée pour chaque éolienne a été systématiquement estimée.

Dans le cas de cette étude, l'utilisation des applications « EolApp »⁵ et « GenEst⁶ » (détaillées ci-après) se basent sur la moyenne des surfaces prospectées durant une période considérée.

❖ Taux de persistance journalière des cadavres (p)

Comme vu précédemment, le taux de persistance des cadavres est une donnée fondamentale. La durée de persistance des carcasses en jours dépend à la fois de la pression de prédation locale et de la capacité

⁵ <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>

⁶ <https://www.usgs.gov/centers/fresc/science/a-generalized-estimator-estimating-bird-and-bat-mortality-renewable-energy>

de dégradation in situ des animaux morts. Une partie des chauves-souris et des oiseaux tués par les éoliennes disparaît avant qu'elle ne puisse être découverte dans le cadre des prospections. En effet, des charognards (mammifères, oiseaux, insectes) peuvent dévorer, enterrer ou déplacer les carcasses.

Il existe **une grande variabilité de persistance des carcasses** dans le temps et dans l'espace. En effet, celui-ci change selon les sites en raison des différences de comportement ou de densité des charognards, de la température et de l'humidité. À titre indicatif, en Allemagne, [Niermann et al. \(2011\)](#) ont annoncé que le taux de persistance variait de 1,3 à 24,5 jours pour une valeur moyenne de 4,2 jours. En fonction des périodes, ce taux peut atteindre une valeur nulle ou très petite c'est-à-dire que les cadavres disparaissent très rapidement. [Santos et al. \(2011\)](#) démontrent que **les temps de persistance sont très faibles en Europe notamment pour les chiroptères et les petits oiseaux**, avec une probabilité de disparition très élevée dans les 2 premiers jours par rapport à d'autres groupes d'animaux.

Le taux d'enlèvement équivaut à la proportion de dépouilles qui demeurent durant l'intervalle compris entre deux recherches ([Cornut et Vincent, 2010](#)). Des tests de disparition de cadavres peuvent ainsi être effectués sur le terrain et pour chaque période tenir compte des variations de hauteur de végétation dans la zone contrôlée. Idéalement, chaque test dure 10 jours consécutifs⁷.

En 2011, [Niermann et al.](#) ont réalisé ces tests avec des souris de laboratoires de couleur foncée qu'ils ont disposées au sol avec des gants pour éliminer toute odeur humaine pouvant s'avérer répulsive pour les renards ou les sangliers. [...] Ils ont ainsi estimé un taux d'enlèvement de 0,79, c'est-à-dire qu'après 24 h, 7,9 cadavres sur 10 ont été retrouvés en moyenne au pied des éoliennes.

Dans le cadre de cette étude, et en accord avec les recommandations du protocole de suivi environnemental, un test de persistance a été effectué à deux reprises. Le premier test a eu lieu au printemps (date de dépose des cadavres : 08/06/2021), le second en fin d'été (date de dépose des cadavres : 13/09/2021).

Le test a consisté à déposer **4 à 5 cadavres de souris, poussins ou rats** fraîchement décongelés **autour de la totalité des 6 éoliennes du parc** (soit 53 cadavres au total sur l'année). Aussi, **les leurres ont été déposés aléatoirement sur l'emprise de la surface théorique à prospecter, et répartis sur l'ensemble des types d'habitats présents.**

Ensuite, la persistance de ces cadavres « non naturels » a été contrôlée à raison **d'un premier passage le lendemain de la dépose (J+1), puis de 2 passages par semaine jusqu'à disparition des cadavres ou après une période de 14 jours**, soit à J+3, J+7, J+10 et J+14. (*Voir l'annexe 1 pour le détail des dates de suivi*).



Renard sous l'éolienne E4 lors d'un contrôle à J+1 du test de persistance (L. Burette, Echochiros)



Souris et poussins disposés sur les différentes surfaces prospectées (L. Burette, Echochiros)

❖ Efficacité de l'observateur (d, ou Pk)

Toutes les méthodes utilisent le facteur *d*, c'est-à-dire le taux de détection (ou d'efficacité) par l'enquêteur. L'efficacité de recherche décrit la proportion de cadavres retrouvés après la prospection. Elle varie en fonction de la personne ([Niermann et al., 2011](#)) et surtout du couvert végétal ([Rodrigues et al., 2014](#)).

Pour évaluer le taux d'efficacité, il convient habituellement de réaliser des tests de détectabilité. Ils sont effectués en fonction de classes de végétation définies par la combinaison de la hauteur de végétation, de la visibilité du site et de la topographie ([Rodrigues et al., 2014](#)). Le principe est de dissimuler des

⁷ Dans l'idéal, des cadavres de chauves-souris ou de petits passereaux préalablement décongelés devraient être utilisés. Pour des raisons juridiques (dérogation, espèces protégées), de commodité et d'approvisionnement, ils sont couramment remplacés par des poussins d'un jour ou des rongeurs.



cadavres et de compter le nombre de leurres retrouvés par l'enquêteur testé qui effectue sa prospection comme lors d'une recherche normale.

L'efficacité des observateurs à détecter des cadavres a été testée à deux reprises, les 04/06 et 08/10/2021.

Pour ce faire, des leurres en caoutchouc (mimant des chauves-souris, sombres) et des pommes de terre (mimant des oiseaux de plus grosse taille) ont été déposés aléatoirement dans le périmètre prospecté en amont des recherches de mortalité, au sein des classes de végétation praticable (visibilité bonne et moyenne). **Chaque personne testée l'a été sur 2 éoliennes et l'ensemble des 6 éoliennes a été testé. Un total de 128 leurres a été déposé.** Selon le nombre de leurres artificiels retrouvés par l'observateur, le taux d'efficacité a pu être calculé par le rapport entre le nombre de leurres découverts et le nombre de leurres déposés.



Exemple de leurres déposés dans différents habitats pour le test d'efficacité des observateurs (M. Acqueberge, Ecosphère)

$$d = \frac{\text{Nombre de leurres découverts}}{\text{Nombre de leurres déposés}}$$

Cette efficacité dépend des classes de végétation définies par la combinaison de la hauteur de végétation, de la visibilité du site et de la topographie (Rodrigues et al., 2008). Sur le parc étudié, la proportion de chaque type de culture a été notée lors de chaque passage et associée à un niveau de visibilité : visibilité nulle ou mauvaise, moyenne et bonne.

3.2.3.2 Modèles statistiques

❖ [Modèle d'Erickson \(2000\)](#)

Erickson emploie une formule qui intègre la durée de persistance moyenne des cadavres et la fréquence des passages.

Avec :

- I : Intervalle moyen entre deux visites (en jours)
- tm : durée moyenne de persistance (en jours)
- d : efficacité de l'observateur
- C : nombre de cadavres découverts
- a : coefficient de correction surfacique

$$N = \frac{I \times C}{tm \times d \times a}$$

L'estimateur Erickson et al. (2000) était fréquemment utilisé en France. Ce test a plutôt tendance à sous-estimer les données (Korner-Nievergelt et al., 2011) pour les taux de persistance courts mais pas pour les taux de persistance longs. Cette sous-estimation est aussi constatée par Péron (2018) qui suppose que cela peut être lié au postulat d'effort de recherche constant. La formule intègre la fréquence des passages mais n'est pas demandeuse quant à la durée moyenne entre les passages. Elle considère une diminution exponentielle des temps de disparition des cadavres qui peuvent être trouvés lors des passages ultérieurs au premier passage infructueux.

❖ [Modèle de Jones \(2009\)](#)

La méthode proposée par Jones et al. (2009), pour estimer la mortalité repose sur plusieurs hypothèses :

- le taux de mortalité est considéré comme globalement constant sur l'intervalle de recherche ;
- la durée de persistance d'un cadavre suit une variable exponentielle négative, le taux de persistance étant calculé ainsi (Tm = durée moyenne de persistance en jours) :

$$p = e^{-0.5 \times I / tm}$$

- la probabilité de disparition moyenne sur l'intervalle entier (quand des animaux peuvent aussi bien être impactés et mourir au début ou à la fin de l'intervalle) peut être approximée par la probabilité de disparition à la moitié de l'intervalle.

La formule pour calculer le nombre de cadavres estimé est la suivante :

Avec :

- C : nombre de cadavres découverts
- a : coefficient de correction surfacique (cf. 3.2.3.1)
- d : efficacité de l'observateur (cf. 3.2.3.1)
- tm = durée moyenne de persistance en jours
- I : Intervalle moyen entre deux visites
- Î : Intervalle effectif moyen
- ê: coefficient correcteur moyen de l'intervalle équivalent à $\frac{\text{Min}(I; \hat{I})}{I}$

$$N = \frac{C}{a \times d \times \hat{e} \times e^{(-0.5 \times I / tm)}}$$

Jones utilise la notion d' « intervalle effectif » pour calculer le coefficient correcteur ê qui correspond au rapport entre la durée avant que 99 % des cadavres soient prédatés/déplacés et la durée de l'intervalle. Il est en effet logique que plus l'intervalle est long, plus le taux de persistance s'approche de 0. L'intervalle effectif correspond ainsi à la durée pour laquelle le taux de persistance est égal à 1 % (100 – 99 %).

L'intervalle effectif moyen, Î est donc égal à : - log(0,01) x tm. Dans le calcul, I prend la valeur minimale entre I et Î, notée ê.

❖ [Modèle de Huso \(2010\)](#)

Huso et al., (2010) considère également une mortalité globalement constante mais, dans son approche, la probabilité de disparition au milieu de l'intervalle de passage n'est pas égale à la probabilité moyenne de persistance d'un cadavre. La formule est donc différente. Néanmoins, les travaux d'Huso sont basés sur des données américaines où les taux de persistance moyens seraient plus élevés qu'en Europe (Korner et al., 2011). Les biais sont donc plus importants pour cette approche lorsque les durées de persistance sont courtes (Bernardino et al., 2013).

Le taux de persistance, plus élevé, est donné comme suit :

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



D'où la formule :

$$N = \frac{C}{a \times d \times \frac{tm \times (1 - e^{-1/tm})}{I} \times \hat{e}}$$

Avec :

- C : nombre de cadavres trouvés
- a : coefficient de correction surfacique (cf. 3.2.3.1)
- d : efficacité de l'observateur (cf. 3.2.3.1)
- tm = durée moyenne de persistance en jours
- I : Intervalle moyen entre deux visites
- Î : Intervalle effectif moyen
- ê : Le coefficient correcteur moyen de l'intervalle équivalent à $\frac{\text{Min}(I; \hat{I})}{I}$

3.2.3.3 EolApp (Besnard & Bernard, 2018)

Les différents modèles de calculs présentés ci-dessus ont été exploités avec une application web Shiny (EolApp) faisant tourner un script R sur le serveur⁸. L'ensemble du code est dans le langage R, très utilisé aujourd'hui du fait de son caractère gratuit. Les applications ont été programmées par Aurélien Besnard et Cyril Bernard, chercheurs du Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (UMR5175 Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, Montpellier). L'utilisation de cette application permet notamment d'éviter les éventuelles erreurs d'applications des formules.

Comme demandé par le protocole national 2018, **cette application permet d'obtenir une médiane des estimations de mortalité (calculée selon les trois modèles statistiques présentés précédemment) encadrée par un intervalle de confiance à 80 % (borne inférieure à 10 % et supérieure à 90 %).**

Estimation des mortalités induites par les éoliennes

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :
 Upload complete

No lignes lues = 27

Sélectionner un fichier avec la durée de persistance des cadavres déposés :
 Upload complete

Nombre de lignes lues = 40

Méthode de calcul des intervalles de confiance
 Non-paramétrique
 Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

Pourcentage de la surface prospectée =

CALCULER

Données en entrée

Nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes (une valeur par visite de terrain) :
 1, 0, 1, 0, 0, 0, ..., 0, 0, 0, 0, 1

Durée de présence de cadavres déposés par les expérimentateurs (une valeur par cadavre déposé) :
 7, 4, 8, 5, 9, ..., 5, 8, 6, 7, 9

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	10.24	3.76	19.31	5.73	15.79
Huso	21.66	8.06	40.91	12.12	33.37
Winkelmann	16.07	6.02	30.36	8.93	24.76
Jones	22.03	8.19	41.59	12.33	33.93

Impression d'écran de l'interface d'EolApp (<https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>)

L'application EolApp analyse les données brutes relevées sur le terrain. Elle se base sur un protocole standardisé, à savoir un nombre défini de prospections sur une ou plusieurs éoliennes, séparées par des pas de temps constants. L'application prend en compte également les données issues des tests mis en œuvre pour évaluer la persistance des cadavres et l'efficacité de recherche.

Les résultats obtenus sont de fait des estimations de la mortalité. En effet, le calcul repose sur des processus d'échantillonnage multiples. Les passages répétés dans le temps sous les éoliennes correspondent à un processus d'échantillonnage et la répartition des mortalités dans le temps est en soit un processus aléatoire. La persistance et la détection des cadavres reposent aussi sur des processus aléatoires. Tous ces processus impliquent une incertitude sur les estimations qui se doit d'être quantifiée.

C'est l'interprétation de l'intervalle de confiance et l'analyse des différents biais éventuels qui permettra d'évaluer la cohérence de l'estimation statistique réalisée. Cet intervalle de confiance est une étendue de valeurs probables dans laquelle se trouve l'estimation de la mortalité. Autrement dit, l'intervalle de confiance encadre la valeur de mortalité estimée par une borne supérieure (valeur à laquelle la mortalité estimée est susceptible d'être inférieure) et une borne inférieure (valeur à laquelle l'estimation de la mortalité est susceptible d'être supérieure). Ici, le niveau de confiance de cet intervalle est de 80%. Ce qui signifie qu'il y a 80 chances sur 100 pour que la valeur de l'estimation de la mortalité soit comprise entre la borne inférieure et la borne supérieure. Un intervalle de confiance large attestera alors d'une imprécision de l'estimation statistique et, par conséquent, d'une difficulté d'interprétation des résultats.

Les limites de cette méthode sont les suivantes :

- La correction surfacique (les zones prospectées n'étant pas toujours égales à la surface théorique du protocole) se fait sur l'ensemble des éoliennes tout au long du suivi ou d'une sous-période. Cela a tendance à approximer et/ou lisser la réalité de terrain ;
- L'absence de prise en compte de la taille des carcasses sur leur probabilité de disparition et de détection, que cela soit pour les cadavres comme pour les leurres ;
- Les résultats du test efficacité des observateurs sont également globalisés ;
- Les estimateurs utilisés se basent sur des fonctions simples ou exponentielles de la même manière sur l'ensemble des données, ce qui peut avoir tendance soit à la surestimation (Huso/Jones) soit à la sous-estimation (Winkelmann/Erickson).

3.2.3.4 GenEst : estimateur international standardisé

Plus récemment, les spécialistes internationaux que sont **Huso & Dalthorp (USGS) et Korner-Nievergelt (Oikostat)**, **trois auteurs cités dans le protocole national 2018**, se sont associés avec d'autres pour mettre à disposition gratuitement une solution informatique (« package ») fonctionnant sous le logiciel⁹ open source R nommée « **GenEst** »¹⁰. Celle-ci permet d'imbriquer les différents paramètres pour modéliser finement la mortalité (persistance des cadavres, efficacité de la détection, correction surfacique) et **fournir des estimations ajustées selon les variables prises en compte (taille des cadavres, période de l'année, distinction oiseaux / chauves-souris...)**.

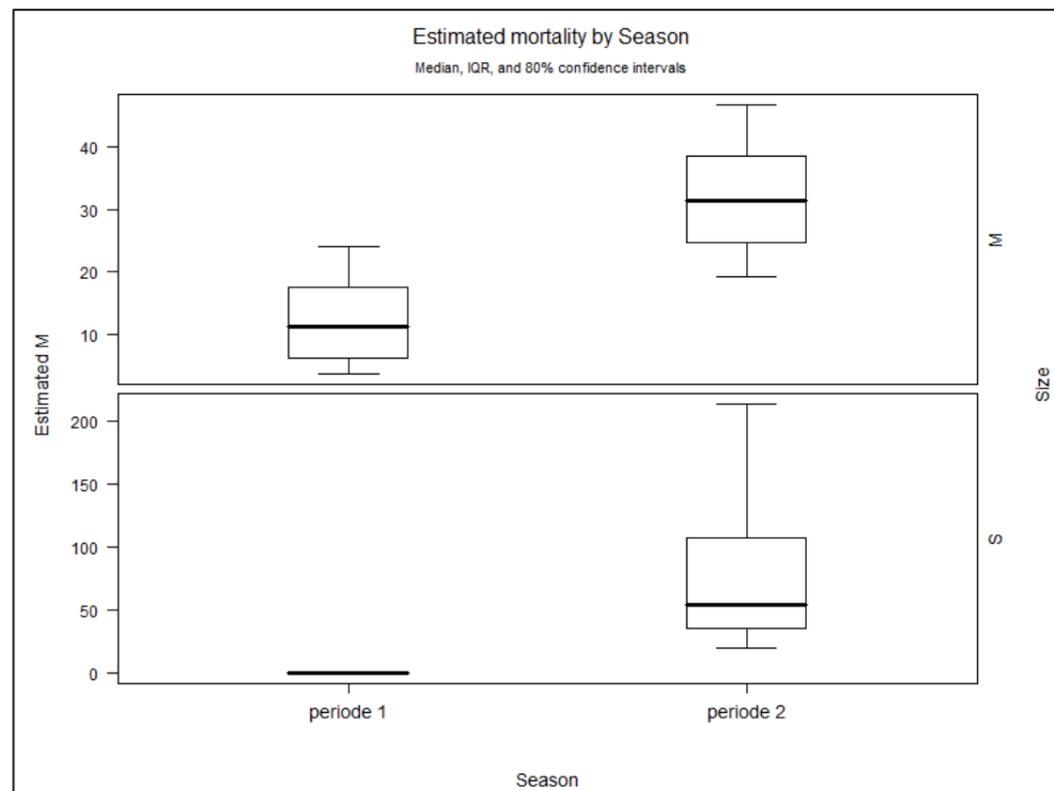
⁸ <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>

⁹ <https://www.r-project.org/>

¹⁰ <https://www.usgs.gov/centers/fresc/science/a-generalized-estimator-estimating-bird-and-bat-mortality-renewable-energy>

Comme demandé par le protocole national 2018, cette application permet d'obtenir une médiane et des intervalles de confiance à 80 % ou 95 % pour les estimations de mortalité ainsi obtenues.

Comme pour EolApp, les calculs reposent sur les données existantes relevées sur le terrain. Ils se basent sur un protocole standardisé, à savoir un nombre de visites défini sur une ou plusieurs éoliennes, pendant lesquelles les cadavres sont recherchés. Elle utilise également les données issues des tests d'évaluation de la persistance des cadavres et de la détection des observateurs mais ces données peuvent être intégrées de manière plus fine avec des variations possibles sans que cela soit trop pénalisant sur la justesse des estimations (par période et par taille de cadavres selon les classes de visibilité des zones prospectées, par exemple).



Impression d'écran de l'interface de GenEst montrant les résultats déclinés par période et taille des cadavres (<https://www.usgs.gov/centers/fresc/science/a-generalized-estimator-estimating-bird-and-bat-mortality-renewable-energy>)

3.3 METHODE D'ÉVALUATION DES ESPECES FREQUENTANT LE PARC

3.3.1 ÉVALUATION DE L'ENJEU DE CONSERVATION DES ESPECES

Un enjeu de conservation est attribué principalement à partir des listes rouges régionales, nationales et européennes¹¹ sur la base du tableau suivant.

Statut de menace/rareté		Niveau d'enjeu régional de l'espèce
CR	Espèce animale en danger critique d'extinction au niveau régional	Très fort
EN	Espèce animale en danger d'extinction au niveau régional	Fort
VU ¹² NT et au moins R	Espèce animale vulnérable au niveau régional Espèce animale quasi-menacée et au moins rare au niveau régional	Assez fort
NT ¹³ LC mais au moins AR (voire AC)	Espèce animale quasi-menacée au niveau régional Espèce animale non menacée mais peu commune au niveau régional	Moyen
LC	Espèce animale non menacée, souvent assez commune à très commune, parfois assez rare ou rare	Faible
DD, NE	Données insuffisantes ou espèce non évaluée	« Dire d'expert » si possible

Pour les espèces présentes en période de reproduction, la liste rouge utilisée est la liste rouge régionale (des ajustements sont par ailleurs ponctuellement réalisés sur la base du niveau de rareté régional).

Pour les espèces migratrices et hivernantes, l'enjeu est d'abord évalué sur la base de la liste rouge européenne pour les oiseaux, et de la liste rouge nationale pour les chauves-souris car la liste rouge européenne est plus ancienne.

Les espèces à enjeu ou sensibles à l'éolien sont considérées comme telles, qu'elles soient protégées ou non (sachant que toutes les espèces de chauves-souris sont protégées au niveau national).

3.3.2 ÉVALUATION DE LA SENSIBILITE DES ESPECES A L'EOLIEN

Pour les oiseaux, les populations nicheuses et hivernantes en Europe sont relativement bien connues et les totaux ont été mis à jour par BirdLife International en 2021 (www.birdlife.org/datazone/species). Les sources de données sont celles de l'allemand Tobias Dürr du « Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg » qui compile et publie régulièrement tous les rapports de mortalité par collision éolienne lui parvenant à l'échelle européenne. La dernière mise à jour est de mai 2021. C'est ainsi la valeur maximale par pays qui est prise en compte (pour éviter les comptes-doubles). On a ainsi un total maximal de 15 907 cadavres d'oiseaux recensés dans toute l'Europe.

La sensibilité est donc définie comme le rapport entre le nombre de cas de collision connus et la taille de la population européenne. On notera que c'est bien l'Europe au sens biogéographique qui est prise en compte dans l'estimation des tailles de populations car une partie des nicheurs de pays comme la Suisse, la Norvège ou la Russie traversent annuellement la France.

¹¹ Protocole national, 2015, p 5 : « Le protocole national en vigueur à ce jour stipule que l'enjeu de conservation s'appuie sur les Listes Rouges préparées sur la base des principes édictés par l'UICN. La liste rouge est utilisée et complétée, au besoin, par une liste rouge régionale, si celle-ci existe. ». Par tition, la Liste Rouge Européenne est également prise en compte pour l'analyse. Le protocole actualisé en 2018 ne revient quant à lui pas sur ces notions.

¹² Certaines espèces vulnérables communes ou très communes peuvent voir leur enjeu abaissé au niveau moyen.

¹³ Certaines espèces quasi menacées communes ou très communes peuvent voir leur enjeu abaissé au niveau faible.

Quatre classes de sensibilité sont définies selon l'importance du nombre de collisions connues au regard des tailles de populations des espèces concernées.

Hierarchisation des niveaux de sensibilité générale des oiseaux au risque de collision

Classe	Sensibilité	Proportion des cas de collisions connus au regard des effectifs européens (Birdlife, 2021)	Exemples d'espèces concernées
4	Forte	Supérieure à 1 % : les cas de mortalité représentent une proportion élevée et significative de leur population.	Milan royal, Pygargue à queue blanche, Vautour fauve
3	Assez forte	Comprise entre 0,1 et 1 % : les cas de mortalité représentent une proportion significative de leur population, sans qu'elle soit très élevée. Ce sont généralement des espèces dont les tailles de populations sont peu importantes.	Faucon pèlerin, Balbuzard pêcheur, Buse variable, Circaète Jean-le-Blanc, Aigle botté, Faucon crécerelle
2	Moyenne	Comprise entre 0,01 et 0,1 % : les cas de mortalité représentent une faible proportion de leur population. Ce sont : - soit des espèces communes avec de nombreux cas de collisions, - soit des espèces plus rares ou à répartition restreinte, mais dont les cas de collision restent peu nombreux. Dans ces deux cas, le maintien des populations n'est pas remis en question à l'échelle européenne.	Mouette rieuse, Canard colvert Cigogne blanche, Milan noir, Busard cendré, Busard des roseaux, Œdicnème criard, Grue cendrée
0 et 1	Faible à négligeable	Inférieure à 0,01 % : les cas de mortalité représentent une proportion non significative de leur population. Ce sont : - soit des espèces abondantes dont les cas de collision peuvent être nombreux, mais restant anecdotiques à l'échelle des populations, - soit des espèces peu abondantes pour lesquelles les cas de collision sont occasionnels, - soit des espèces pour lesquelles aucun cas de collision n'est connu.	Martinet noir, Alouette des champs, Bruant proyer, Pigeon ramier, Roitelet triple-bandeau Grand Cormoran, Chouette chevêche, Huppe fasciée, Torcol fourmilier Pic épeichette, Grimpereau des jardins, Mésange huppée

Pour les chiroptères, les niveaux de population sont méconnus et seule l'abondance relative des espèces peut être localement ou régionalement estimée, sur la base des dénombrements en colonie et hivernage, ainsi que par l'activité acoustique. La sensibilité d'une espèce est donc simplement définie comme la **proportion du nombre de cas de collision connus en Europe rapporté aux collisions de toutes les espèces**.

Les sources de données sont celles d'Eurobats et celles de l'allemand Tobias Dürr du « Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg », lequel compile et publie régulièrement tous les rapports de mortalité par collision éolienne lui parvenant à l'échelle européenne (total cumulé depuis le début des suivis de mortalité en 2003). La dernière mise à jour est de juin 2018 pour Eurobats et mai 2021 pour T. Dürr. C'est ainsi la valeur maximale par pays qui est prise en compte (pour éviter les comptes-doubles). On a ainsi un total maximal de **10 760 cadavres de chiroptères recensés dans toute l'Europe**. Ceci permet ensuite d'obtenir comme donnée de référence le pourcentage entre « nombre de cadavres pour une espèce donnée » par rapport au « nombre total de cadavres en Europe toutes espèces confondues ». Cette information a été complétée par une analyse bibliographique reposant en particulier sur les avis de la SFEPM (SFEPM, 2016) et d'Eurobats.

Le principe est le suivant : **plus la proportion est élevée, plus les espèces concernées sont dites sensibles au risque de collision avec les éoliennes**. Néanmoins, ces taux de mortalité ont plus ou moins

d'impact sur les espèces si l'on tient compte **des niveaux de populations dans chaque pays européen**. Les sensibilités de chaque espèce ainsi obtenues sont présentées dans le tableau suivant.

Évaluation de la sensibilité brute des chauves-souris aux risques de collision (Dürr, mai 2021 & Eurobats, juin 2018)

Espèce	Données de mortalité constatée		Pourcentage total de cadavres en Europe : 10760	Sensibilité
	nb cadavres Europe/France	mai 2021		
Pipistrelle commune	2437	1012	22,6%	Forte
Pipistrelle de Nathusius	1627	276	15,1%	
Pipistrelle pygmée	453	176	4,2%	
(P. commune / pygmée)	414	40	3,8%	
Pipistrelle de Kuhl	469	219	4,4%	
(Pipistrelle sp.)	741	305	6,9%	
Vespère de Savi	370	57	3,4%	
Grande noctule	41	10	0,4%	
Noctule commune	1565	104	14,5%	
Noctule de Leisler	721	153	6,7%	
Sérotine commune	123	34	1,1%	Moyenne
Sérotine bicolore	215	11	2,0%	
Molosse de Cestoni	84	2	0,8%	Faible à négligeable
Minioptère de Schreibers	13	7	0,12%	
Murin de Daubenton	11	1	0,10%	
Grand Murin	7	3	<0,1%	
Murin de Bechstein	1	1	<0,1%	
Murin de Brandt	2	0	<0,1%	
Murin à oreilles échanquées	5	3	<0,1%	
Murin à moustaches	5	1	<0,1%	
Murin de Natterer	3	0	<0,1%	
Barbastelle d'Europe	6	4	<0,1%	
Oreillard gris	9	0	<0,1%	
Oreillard roux	8	0	<0,1%	
Grand Rhinolophe	1	0	<0,1%	

* Cas particuliers : La Grande Noctule, absente d'Allemagne, pourrait être sous-représentée. Le Murin des marais également car c'est une espèce très localisée autour des pays du Bénélux.

3.3.3 ÉVALUATION DE LA PORTEE DE L'IMPACT

La portée de l'impact correspond à l'ampleur de l'impact sur une composante des populations de locales ou européennes (impact cumulé) dans le temps et dans l'espace. Elle est d'autant plus forte que l'impact du projet s'inscrit dans la durée et concerne une proportion importante de la population locale de l'espèce concernée, ou du flux migratoire en altitude. D'une façon générale, elle dépend notamment de la durée, de la fréquence, de la réversibilité ou de l'irréversibilité de l'impact, de la période de survenue de cet impact, ainsi que du nombre d'individus ou de la surface impactée, en tenant compte des éventuels cumulés d'impacts.

Concernant l'éolien, les effets sont principalement liés aux choix d'implantation des éoliennes par rapports aux habitats favorables (haies, lisières, boisements, milieux aquatiques) et aux axes/routes de

vol/migration (perpendiculaire ou parallèle), les caractéristiques du modèle d'éolienne (hauteur de la nacelle, diamètre du rotor...), et les conditions de fonctionnement (période, plage horaire, paramètres météorologiques, bruits).

Pour les chiroptères, les trois niveaux de portée sont définis de la façon suivante :

- **Fort** : lorsque l'activité de l'espèce concernée est au moins forte ou supérieure au quantile 75 % sur le point d'étude (cas des chauves-souris), ou lorsque la fonctionnalité écologique des populations locales est impactée de façon importante (nombre de cas de collision avéré et estimé importants, par espèce ou par groupe d'espèces) ;
- **Moyen** : lorsque l'activité de l'espèce concernée est moyenne ou comprise entre les quantiles 25 et 75 % sur le point d'étude (cas des chauves-souris), ou lorsque la fonctionnalité écologique des populations locales est impactée de façon modérée ou plus ou moins limitée (nombre de cas de collision avéré et estimé moyens, par espèce ou par groupe d'espèces) ;
- **Faible** : lorsque le nombre de contacts de l'espèce est faible ou non significatif ou inférieur au quantile 25 % (cas des chauves-souris), ou lorsque la fonctionnalité écologique des populations locales est impactée de façon marginale (nombre de cas de collision avéré et estimé faible, par espèce ou par groupe d'espèces).

Cette portée issue de l'activité à hauteur de nacelle est pondérée au regard des collisions avérées (nombre de cadavres sur le parc).

Pour les oiseaux, les trois niveaux de portée sont ainsi :

- **Fort** : lorsque le nombre d'individus ou la fonctionnalité écologique de la population (locale ou à une échelle plus large) est impactée de façon importante et irréversible dans le temps ;
- **Moyen** : lorsque le nombre d'individus ou la fonctionnalité écologique de la population (locale ou à une échelle plus large) est impactée de façon modérée et temporaire ;
- **Faible** : lorsque le nombre d'individus ou la fonctionnalité écologique de la population (locale ou à une échelle plus large) est impactée de façon marginale et très limitée dans le temps.

3.3.4 ÉVALUATION DES NIVEAUX D'IMPACTS

L'évaluation des impacts s'opère en deux étapes :

- 1) en croisant sensibilité et portée, on obtient d'abord l'intensité ;
- 2) en croisant l'enjeu des espèces avec cette intensité, on obtient le niveau d'impact.

Définition des niveaux d'intensité de l'effet négatif

Niveau de portée de l'impact	Niveau de sensibilité		
	Fort à Assez forte	Moyen	Faible
Fort	Fort	Assez Fort	Moyen
Moyen	Assez Fort	Moyen	Faible
Faible	Moyen à Faible	Faible	Faible

Finalement, 6 niveaux d'impact ont été définis comme indiqué dans le tableau suivant :

Définition des niveaux d'impacts

Intensité de l'impact	Niveau d'enjeu impacté				
	Très Fort	Fort	Assez Fort	Moyen	Faible
Forte	Très Fort	Fort	Assez Fort	Moyen	Moyen ou Faible
Assez forte	Fort	Assez Fort	Moyen	Moyen ou Faible	Faible
Moyenne	Assez Fort	Moyen	Moyen ou Faible	Faible	Négligeable
Faible	Moyen	Moyen ou Faible	Faible	Négligeable	Négligeable

3.4 METHODE DE DEFINITION DES IMPACTS ET DES MESURES DE REDUCTION ADAPTEES AU PARC

La **sensibilité des espèces présentes**, les **activités enregistrées à hauteur de nacelle** et le **nombre de cadavres recensés sur le parc** permettent, *in fine*, d'aboutir à une **évaluation des impacts avérés (collision et barotraumatisme)** et à la **définition de mesures de réduction** (arrêt programmé des éoliennes en périodes sensibles, modification de l'assolement...). L'arrêt programmé des machines (ou bridage) des éoliennes est la principale mesure de réduction de l'impact de collision des chauves-souris et des oiseaux.

Des algorithmes de bridage sont ainsi définis en fonction des périodes d'activité des espèces (mois de l'année, heures de la nuit) et des **conditions météorologiques dans lesquelles se déroulent cette activité** (vitesse du vent et température).

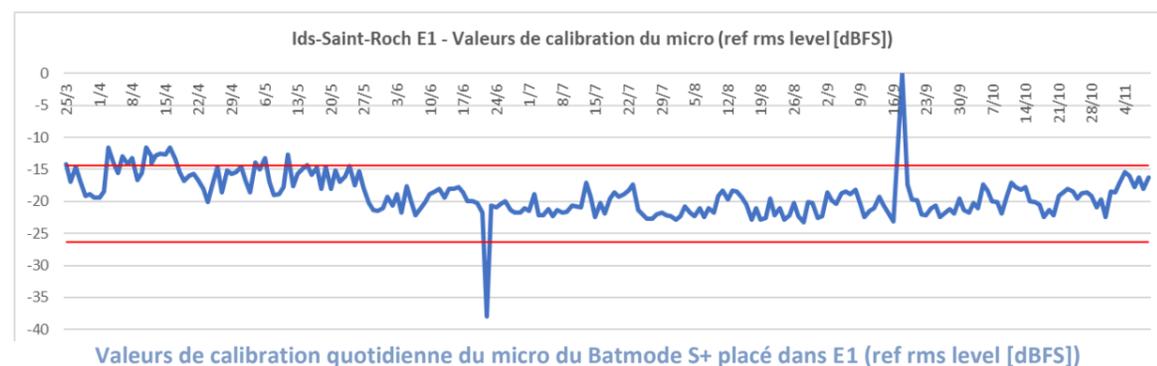


4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE

4.1 VALIDITE DU MATERIEL UTILISE

Le micro du Batmode S+, et notamment sa capsule exposée aux intempéries extérieures, peut montrer des variations de sensibilité et ainsi affecter la bonne détectabilité des ultrasons émis par les chauves-souris. Un test de calibration quotidien à midi a automatiquement été effectué pour vérifier la qualité du micro tout au long du suivi. Le graphique ci-dessous présente les variations des résultats de la sensibilité mesurée du micro. Les horizontales rouges représentent les limites supérieures et inférieures de valeurs considérées comme bonnes selon le constructeur (± 6 dBFS autour de la valeur initiale de la calibration certifiée). Les baisses de sensibilité peuvent s'expliquer notamment par la présence de poussière ou d'humidité (brouillard, condensation) sur la capsule du micro.

Pour le suivi acoustique sur l'éolienne E1, le micro a été globalement opérationnel du début à la fin à l'exception de deux nuits (une en juin et une en septembre) où la sensibilité était respectivement trop faible, puis trop élevée (inférieure à -26.4 dBFS, puis supérieure à -14.4 dBFS).



4.2 DESCRIPTION DES ACTIVITES ENREGISTREES

4.2.1 BILAN PAR MOIS ET PAR ESPECE

Le tableau suivant compile les totaux de contacts par mois pour chaque espèce ou groupe d'espèces enregistrés au niveau de la nacelle de l'éolienne 1, soit à environ 100m de hauteur.

Activités mensuelles enregistrées du 25 mars au 11 novembre 2021 depuis la nacelle de E1

Mois	Noctule de Leisler	Noctule commune	Sérotine commune	Sérotules	Pipistrelle commune	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle de Nathusius	Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	Oreillard gris	Oreillard roux	Oreillard indéterminé	Total
Mars (7 nuits)	4	1		1	3	3						12
Avril (30 nuits)	20	17				4						41
Mai (31 nuits)	21	16		2	2	15						56
Juin (30 nuits)	90	70		8	91	55						314
Juillet (31 nuits)	151	293		7	32	26						509
Août (31 nuits)	742	6070		288	465	814	40	1		1		8421
Septembre (30 nuits)	656	1123	1	72	325	320		2	19		1	2519
Octobre (31 nuits)	31	13		3	24	11					2	84
Novembre (10 nuits)				1	4							5
Total général	1715	7603	1	382	946	1248	40	3	19	1	3	11961

Au total, durant ce suivi 2021, 11 961 contacts de chauves-souris ont été enregistrés par notre Batmode S+ placé au niveau de l'éolienne E1.

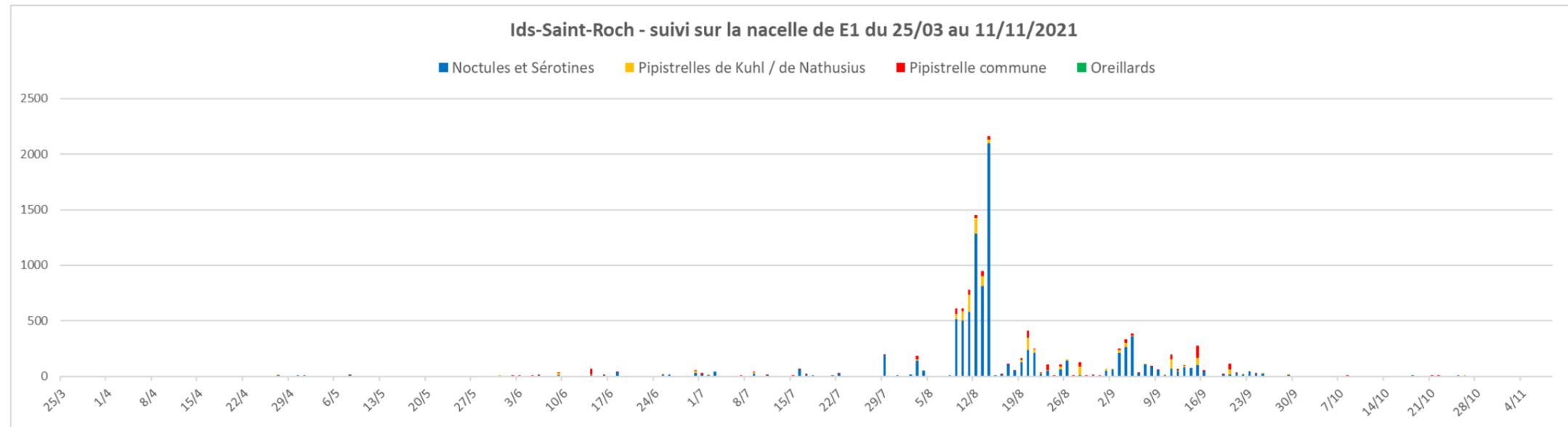
Un nombre exceptionnel de contacts de **Noctules communes** a été recueilli durant l'année, avec un impressionnant pic au mois d'août (6 070 contacts). Sur cette année de suivi, les **contacts de Noctules communes représentent près des deux tiers du total** général de contacts annuel. Ce pic de contacts place le **mois d'août comme le mois le plus largement fréquenté** par les chiroptères aux alentours de l'éolienne E1. Même si le mois de septembre reste le deuxième mois ayant le plus de contacts (2 519 contacts), il y a tout de même une différence significative de fréquentation des Noctules communes entre ce dernier et le mois d'août. Le mois d'octobre reste lui drastiquement plus calme que le mois de septembre.

La **Noctule de Leisler** est régulière sur toute la période de suivi et est même abondante en août et septembre. Les contacts de **Pipistrelles communes** ne représentent eux que 7.9% des contacts annuels, soit toutefois près de 1 000 contacts. La **Pipistrelle de Kuhl** est, ici, plus abondante que la Pipistrelle commune avec environ 1 250 contacts. Les **Pipistrelles de Nathusius** sont peu représentées, avec seulement 0,33% des contacts totaux (40 contacts centrés sur le mois d'août). Le groupe des **Oreillards** est également très peu représenté, ces espèces sont en général assez rarement contactées au niveau des nacelles.

4.2.2 CHRONOLOGIE DE L'ACTIVITE

Le graphique suivant présente la chronologie quotidienne du suivi de E1. La plupart des nuits du mois de mars au mois de juillet restent sous la barre de centaine de contacts par nuit, pour une moyenne de 12 contacts, ce qui est une bonne moyenne. Entre la fin du mois de juillet et la fin du mois de septembre, la moyenne de contacts par nuit passe à 224 contacts, une valeur très importante. **On constate un impressionnant pic de fréquentation entre le 9 et le 14 août, avec une moyenne de 1 094 contacts enregistrés. La nuit du 14 août est la plus fréquentée, avec un total de 2 160 contacts.** De la nuit du 15

août au 20 septembre, la moyenne passe à 112 contacts par nuit. À partir de la nuit du 21 septembre, la moyenne retombe à 11 contacts par nuit jusqu'à la nuit du 10 novembre.



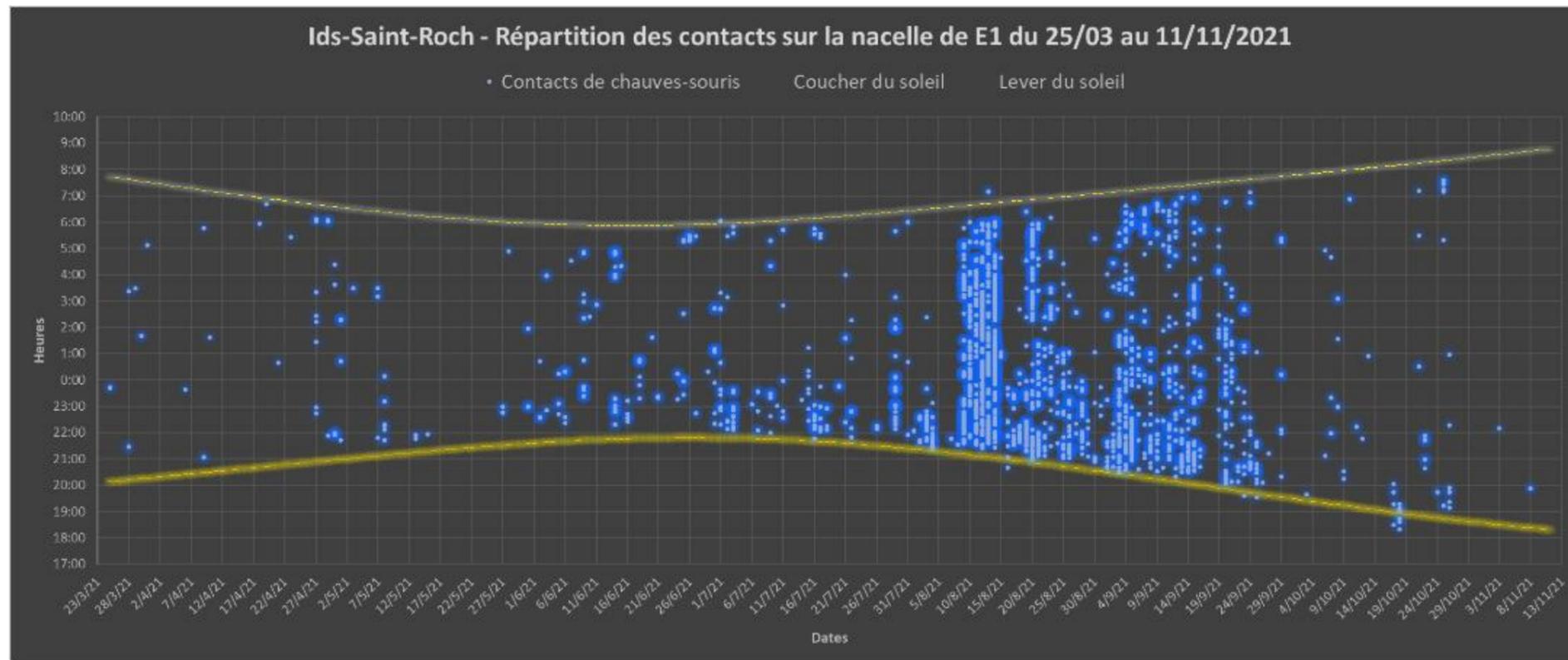
E1 : Chronologie de l'activité quotidienne du suivi acoustique depuis la nacelle

4.2.3 DISTRIBUTION DES CONTACTS DE CHAQUE ESPECE SELON LA DATE ET L'HEURE

Le graphique ci-dessous présente la distribution de tous les contacts en fonction de l'heure après le coucher du soleil.

L'activité était globalement très étalée sur quasiment l'ensemble de la nuit. Les « vagues » de forte densité des contacts courant août, jusqu'au 20 septembre, correspondent au pic massif. À plusieurs reprises, quelques contacts ont aussi été enregistrés avant le coucher du soleil, mais il s'agit de phénomènes anecdotiques lors de ce suivi.





E1 : Distribution des contacts en fonction de la date et de l'heure après le coucher du soleil



4.3 SYNTHÈSE ET ÉVALUATION DES ACTIVITÉS

4.3.1 INDICATEURS DE LA FRÉQUENTATION

Le tableau suivant synthétise l'ensemble de ces résultats à l'aide de plusieurs indicateurs qui seront analysés dans les chapitres suivants :

- le nombre de nuits où le suivi a été opérationnel ;
- le nombre de nuits avec au moins 1 contact enregistré (nuit positive) ;
- la moyenne par nuit des contacts (toutes espèces confondues) sur toutes les nuits suivies ;
- la moyenne par nuit des contacts des espèces dites migratrices* (noctules et Pipistrelle de Nathusius) sur toutes les nuits suivies ;
- le nombre de nuits avec plus de 20 ou 100 contacts (pics d'activité) ;
- le maximum de contact par nuit obtenu sur le mois.

Bilan du suivi de E1 entre le 25 mars et le 11 novembre 2021

Mois	Nuits suivies	Nuits "positives" avec au moins un contact	Moyenne de contacts par nuit suivie	Moyenne de contacts d'espèces migratrices de haut vol par nuit suivie	Nuits avec plus de 20 contacts	Nuits avec plus de 100 contacts	Maximum de contacts en une nuit
Mars	7	5	1,7	0,9	0	0	4
Avril	30	10	1,4	1,2	0	0	14
Mai	31	9	1,8	1,3	0	0	16
Juin	30	20	10,5	5,6	4	0	68
Juillet	31	19	16,4	14,5	6	1	196
Août	31	29	271,6	230,3	20	15	2160
Septembre	30	26	84	61,7	22	7	383
Octobre	31	16	2,7	1,5	0	0	14
Novembre	10	2	0,5	0,1	0	0	4

Les moyennes de contacts par nuit enregistrées en 2021 par le Batmode S+ sur le parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay atteignent très souvent des valeurs élevées (dont plusieurs dizaines de contacts), tout particulièrement entre juillet et septembre, avec une moyenne de 87,9 contacts toutes espèces confondues sur le suivi complet.

La moyenne arithmétique est donc un indicateur statistique simple avec une bonne robustesse si l'échantillonnage est conséquent (le cas ici), malgré des différences selon le type d'appareil utilisé (capacité de détection des micros selon leur gain et qualité). Cependant, elle a tendance à lisser grandement les valeurs du fait qu'il y ait souvent une majorité de nuits sans aucun contact enregistré et au contraire quelques-unes avec beaucoup de contacts (grande variance).

4.3.2 ÉVALUATION PAR COMPARAISON AVEC UN RÉFÉRENTIEL D'ACTIVITÉ (COMPILATION DES RESULTATS EN CONTACTS PAR NUIT) ISSUS D'AUTRES SUIVIS EN NACELLE

Écosphère a produit un référentiel d'activité en altitude (« Altisphère ») compilant de nombreux suivis réalisés entre 2011 et 2019. Ce référentiel a été décliné en plusieurs modules selon le type de suivi en altitude (mât, canopée, nacelle), la hauteur du micro (35-60m, >60m, etc...), le secteur concerné (nord-ouest, nord-est, littoral...) et le type de milieu (ouvert ou fermé).

Dans notre secteur géographique et pour les milieux ouverts (plaine agricole) :

- Les moyennes mensuelles **inférieures à 2 contacts par nuit** correspondent à une **activité de fond** considérée comme relativement commune.
- Les moyennes mensuelles comprises **approximativement entre 2 et 5 contacts par nuit** sont considérées comme des activités significatives (au-dessus de l'activité de fond) mais restant **modérées**.
- Les moyennes mensuelles comprises approximativement entre 5 et 10 contacts par nuit sont considérées comme des activités supérieures à la moyenne, et donc assez importantes.
- Les moyennes mensuelles **supérieures à 10 contacts par nuit** sont donc considérées comme des activités **importantes**, sans être néanmoins exceptionnelles (supérieures à 15, voire 20 contacts par nuit).

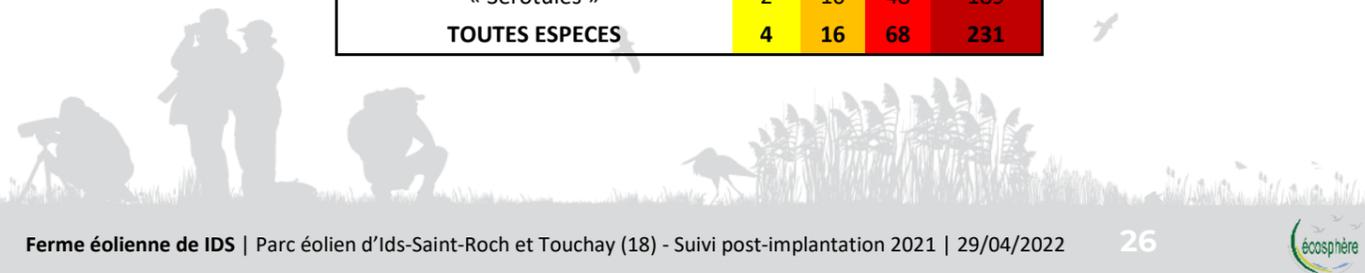
Pour les milieux forestiers : les moyennes peuvent rapidement atteindre plus de **10 contacts par nuit**, et des **maxima supérieurs à 30 contacts par nuit**. Néanmoins, le nombre de suivis réalisés à ce jour étant encore trop limités, il est difficile d'obtenir des seuils distinctifs pour les différents niveaux d'activité.

Le graphique ci-après présente les données du référentiel d'Ecosphère (1 054 nuits d'écoute recueillies de 2014 à 2019 sur 13 suivis différents) classés en ordre croissant, et les valeurs correspondant aux quantiles 25 %, 50 % (= médiane), 75 % et 95 %. Différentes valeurs ont par conséquent été obtenues pour les seuils des quantiles 25 %, 50 %, 75 % et 95 %. Ces 4 seuils permettent ainsi d'établir 5 classes d'activités pour chaque espèce allant de faible (nombre de contacts inférieurs au nombre défini pour le quantile 25 %) à très forte (nombre de contacts supérieurs au quantile 95 %).

La même logique peut alors être appliquée par espèce, ce qui a l'avantage de prendre en compte de manière empirique les différences de détectabilité et de comportement de vol de chacune.

Référentiel d'activité pour les suivis en nacelle dans la moitié nord de la France en milieu ouvert 2014-2019 (contacts / nuit)

Valeurs issues d'une compilation de 1 054 nuits réparties sur 18 éoliennes de 13 parcs différents implantés en milieu ouvert (2014-19)				
Contacts par nuit				
Espèce	Q25	Q50	Q75	Q95
Barbastelle	2	3	3,3	4
Sérotine de Nilsson				
Sérotine commune	1	3	4	19
Vespère de Savi				
Minioptère de Schreibers				
Grande noctule				
Noctule de Leisler	2	9	34	116
Noctule commune	2	5	15	45
Pipistrelle de Kuhl	1	2	6	15
Pipistrelle de Nathusius	1	1	2	3
Pipistrelle commune	2	5	17	75
Pipistrelle pygmée				
Petit rhinolophe				
Molosse de Cestoni	1	1	3	7
Sérotine bicolore				
« Sérotules »	2	10	48	189
TOUTES ESPECES	4	16	68	231



Dans les tableaux ci-dessous, les résultats de ce suivi ont ainsi été **classés mois par mois sur la base des contacts de toutes espèces confondues**. Le nombre de nuits « positives » supérieures au quantile 75 % est indicateur d'une activité particulièrement forte et remarquable.

E1 : Évaluation des résultats du suivi (toutes espèces) en fonction du référentiel d'activité des suivis nacelles en milieu ouvert dans la moitié nord de la France (Ecosphère, 2014-2019)

E1 2021	Q1-25	Q25-50	Q50-75	Q75-95	Q95-100
Mars	3	2	0	0	0
Avril	6	1	1	2	0
Mai	4	2	2	3	0
Juin	4	4	5	3	4
Juillet	2	1	6	5	5
Août	1	2	4	4	18
Septembre	2	0	0	4	20
Octobre	6	2	6	2	0
Novembre	1	1	0	0	0

Le tableau suivant résume le nombre de nuits « positives » par classe d'activité et par espèce. **Les cas d'activité forte sont largement dominés par les deux espèces de noctules avec un cumul de 37 nuits supérieures au quantile 75 % sur les 80 nuits avec au moins un contact, ce qui représente un phénomène exceptionnel.**

E1 : Évaluation des résultats du suivi pour chaque espèce en fonction du référentiel d'activité des suivis nacelles en milieu ouvert dans la moitié nord de la France (Ecosphère, 2014-2019)

E1, 2021	Q1-25	Q25-50	Q50-75	Q75-95	Q95-100
Noctule commune	11	8	16	16	37
Noctule de Leisler	15	24	23	19	23
Sérotine commune	1				
Sérotine/Noctules	14	14	6	6	4
Pipistrelle commune	5	20	14	8	19
Pipistrelle de Kuhl		3	10	8	37
Pipistrelle de Nathusius			3	2	3
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	3				
Oreillard roux	1				
Oreillard gris			1		2
Oreillard indéterminé	1	1			
Toutes espèces confondues	29	13	24	23	47

Il est important de rappeler :

- que le raisonnement porte sur des nombres de contacts, et non sur des nombres d'individus. De fait, des contacts enregistrés en début et fin de nuit peuvent potentiellement correspondre aux mêmes individus transitant dans le parc éolien ;
- **que des variations interannuelles peuvent survenir** (conditions météorologiques, activité des chauves-souris...) et que le principe de précaution est de mise quant aux conclusions de l'étude.

A ces niveaux de fréquentation détaillés, il faut ensuite analyser quelles conditions météorologiques locales ont été favorables à l'activité chiroptérologique à hauteur de nacelle.

4.4 REPARTITION DE L'ACTIVITE SELON L'HEURE DE LA NUIT

Le tableau ci-dessous montre que 86 % de l'activité globale sur l'ensemble du suivi a été enregistrée entre 30 min avant le coucher du soleil et 7h après. La deuxième heure de la nuit est la plus fréquentée.

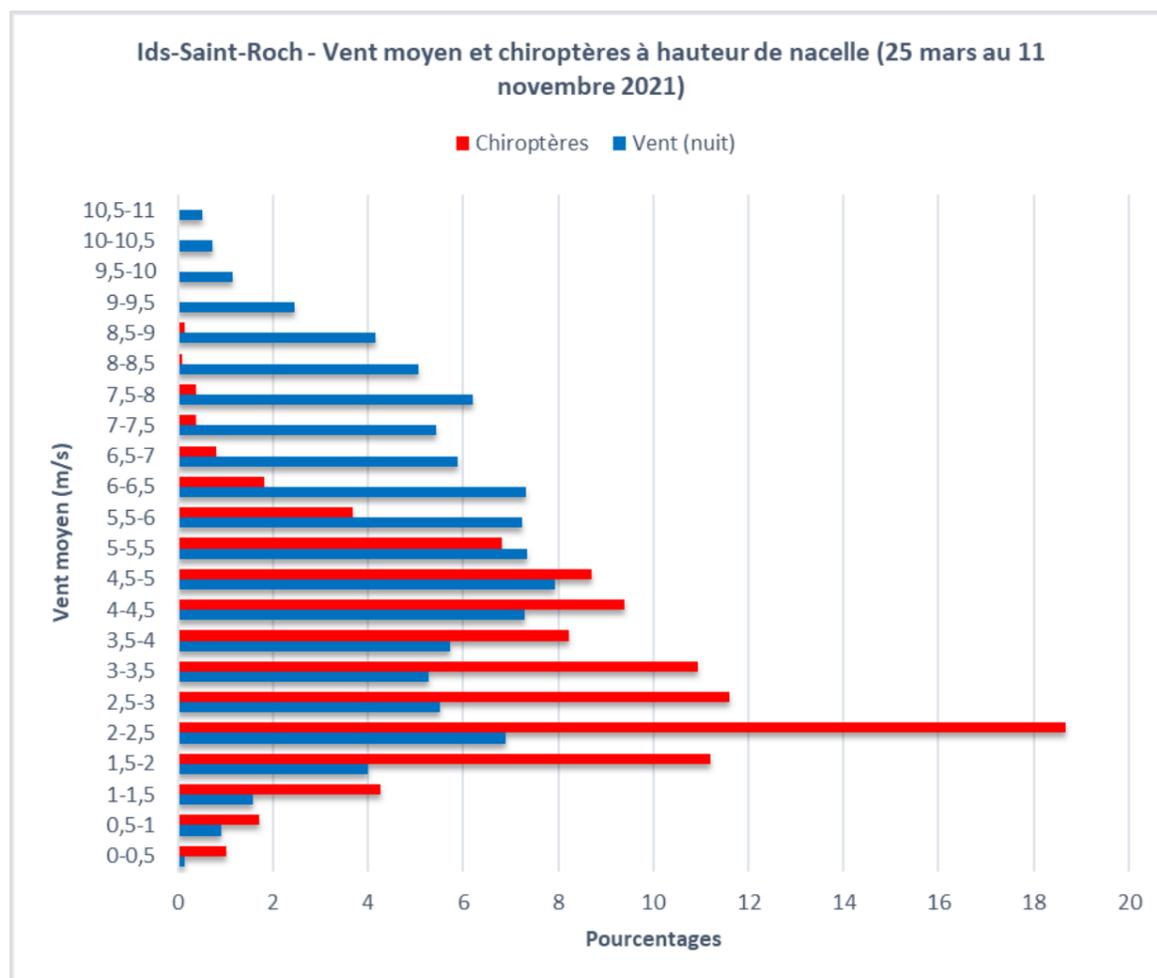
E1 : Nombre de contacts en fonction de l'heure après le coucher du soleil pour toute la période du suivi

Heure après le coucher du soleil	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Total général
-1h à l'heure du coucher du soleil	-	-	-	-	-	1	8	6	-	15
Heure du coucher du soleil à +1h	-	7	11	38	133	875	411	19	-	1494
+1h à +2h	3	9	17	67	167	1208	742	9	4	2226
+2h à +3h	-	1	3	70	110	920	283	16	-	1403
+3h à +4h	2	2	6	34	8	1296	211	8	1	1568
+4h à +5h	-	2	3	27	37	685	162	2	-	918
+5h à +6h	2	4	7	6	7	1152	118	4	-	1300
+6h à +7h	-	2	7	21	17	1288	82	2	-	1419
+7h à +8h	4	1	2	51	18	411	129	3	-	619
+8h à +9h	1	1	-	-	12	556	57	-	-	627
+9h à +10h	-	12	-	-	-	26	201	3	-	242
+10h à +11h	-	-	-	-	-	3	106	2	-	111
+11h à +12h	-	-	-	-	-	-	9	2	-	11
+12h à +13h	-	-	-	-	-	-	-	8	-	8
Total général	12	41	56	314	509	8421	2519	84	5	11961

4.5 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LES VITESSES DE VENT

Le graphique ci-dessous montre comment les contacts de chauves-souris se distribuent par rapport aux vitesses moyennes de vent enregistrées la nuit sur l'ensemble de la période de suivi.

Environ 96 % de l'activité a été enregistrée pour des vents moyens inférieurs à 6,5 m/s, alors que les mesures de vent enregistrées la nuit ont atteint des maxima supérieurs à 6,5 m/s (32,8 % des données). En effet, la répartition des contacts montre bien une préférence pour les vitesses comprises entre 0 et 6,5 m/s, avec un pic entre 0,5 et 3,5 m/s (52 % des contacts).

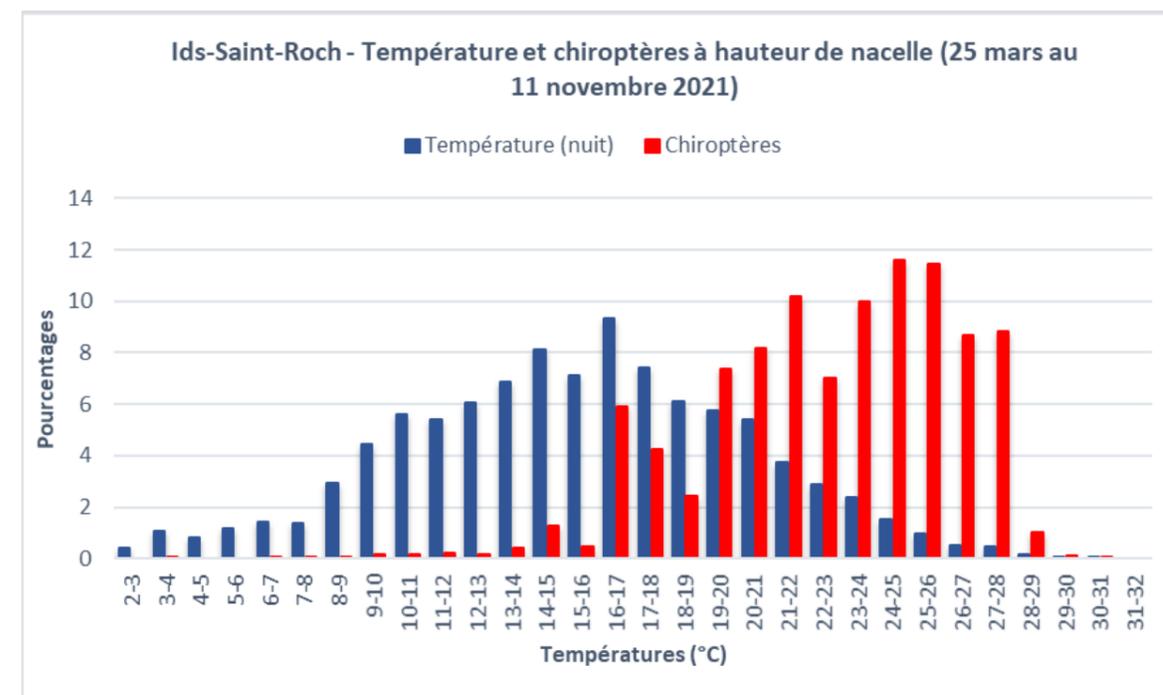


E1 : Distribution de l'activité selon les vitesses moyennes de vent (de nuit seulement)

4.6 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LA TEMPERATURE

Le graphique ci-dessous montre comment les contacts de chauves-souris se distribuent par rapport aux températures moyennes enregistrées la nuit sur l'ensemble de la période de suivi.

97 % de l'activité globale était enregistrée pour des températures supérieures à 16°C et jusqu'à 31°C, alors que l'activité enregistrée pour des températures inférieures à 16°C mesurées la nuit comptent pour 3 % des données.



E1 : Distribution de l'activité selon les températures (de nuit seulement)

4.7 CONCLUSION DU SUIVI ACOUSTIQUE A HAUTEUR DE NACELLE

Sur l'ensemble du suivi en nacelle de l'année 2021, on peut retenir les informations importantes suivantes :

- **Un nombre exceptionnel de Noctules communes** a été contacté, avec un impressionnant pic au mois d'août (6 070 contacts) ;
- **La deuxième quinzaine du mois d'août** est la période de l'année avec la plus grande densité de contacts enregistrés ;
- **Le mois de septembre fait également l'objet d'une activité exceptionnelle**, bien qu'artificiellement minimisée par rapport à août (le mois de septembre compte autant de quantiles Q75-95 que le mois d'août, et deux quantiles Q95-100 de plus que le mois d'août, et ce malgré la différence de contacts observés entre ces deux mois ; respectivement 8 421 et 2 519 contacts enregistrés) ;
- **La répartition des contacts au cours de la nuit est assez homogène**, avec de nombreux contacts jusqu'à 7h après le coucher du soleil (tous mois confondus) ;
- **96 % de l'activité a été enregistrée pour des vents moyens inférieurs à 6,5 m/s**, soit des valeurs de vents globalement faibles au vu des conditions de vent disponibles ;
- **97 % de l'activité globale était enregistrée pour des températures comprises entre 16°C et 31°C.**

5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE MORTALITE

5.1 RESULTATS BRUTS

L'intégralité des données recueillies dans le cadre de ce suivi (espèce, sexe, âge, date de découverte, statut, cause de la mortalité, éolienne, distance au mât, coordonnées, découvreur, identificateur) est détaillée en annexe 3.

Sur les 6 éoliennes du parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay et dans un rayon de 65 m autour des mâts, un total de **34 cadavres** a été découvert, dont **12 oiseaux** et **22 chauves-souris**.

5.1.1 REPARTITION SPATIALE

Voir la carte « Localisation des cadavres ».

Les cadavres découverts sur le parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay sont distribués de manière relativement homogène entre les éoliennes, avec 4 à 8 découvertes par éolienne pour l'ensemble de la période de suivi.

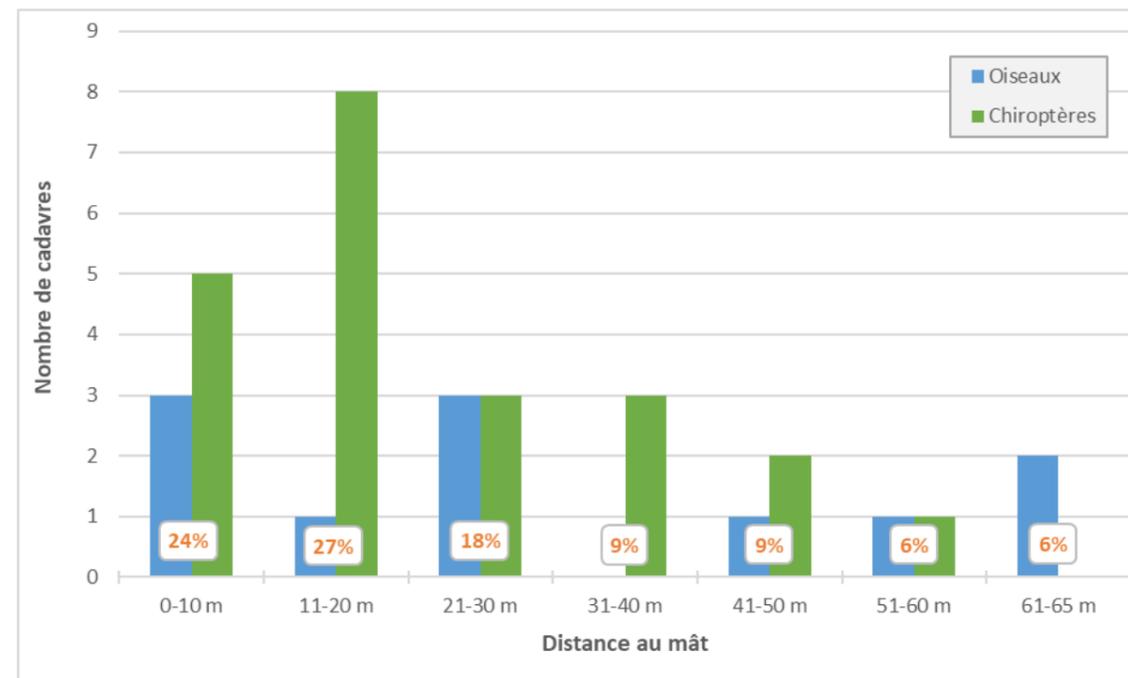
Cette homogénéité met en valeur des conditions locales elles aussi homogènes sur le parc, avec une topographie et un contexte local similaires entre les différentes machines.

Répartition des cadavres découverts en 2021 (n = 34)

Éolienne n°	Nombre de cadavres découverts	Chiroptères	Oiseaux
1	5	3	2
2	4	3	1
3	6	2	4
4	8	6	2
5	4	3	1
6	7	5	2
	34	22	12

Par rapport à la distance au mât, les cadavres sont principalement disposés dans les 30 premiers mètres avec 70 % des cadavres retrouvés. Ces résultats sont néanmoins quelque peu biaisés du fait qu'une partie des surfaces n'a pu être prospectée et que les 10 premiers mètres autour des mâts sont généralement constitués de surface de très bonne visibilité (plateforme, voire zones herbacées rases).

Les oiseaux sont repartis de manière plus homogène avec des cadavres observés jusqu'à 64 m. Les chiroptères sont plus concentrés autour du mât avec 60 % des cadavres dans les 20 premiers mètres. Cela peut être dû à la plus grande proportion de plateforme (surface à très bonne visibilité) autour du mât et à la plus grande difficulté de détection des chauves-souris par rapport aux oiseaux.



Répartition des cadavres d'oiseaux et de chauves-souris en fonction de la distance au mât

5.1.2 REPARTITION TEMPORELLE ET ESPECES CONCERNEES

La mortalité n'est pas répartie de manière régulière au cours de la période de suivi comme le montrent les tableaux et les figures suivants.

Répartition temporelle de la mortalité (n = 34). 4 périodes ont été définies à partir des différentes plages de fonctionnement des éoliennes (algorithme de bridage évolutif, voir chapitre 2.2) pour des raisons de cohérence dans les analyses. Ces 4 sous-périodes ont été réunies en 2 grandes périodes pour des raisons écologiques.

Période	N° passage	Date	Chiroptères	Oiseaux	Total
1 ABSENCE DE BRIDAGE	1	09/04/2021	0	2 Epervier d'Europe (E2) Buse variable (E4)	2
	2	16/04/2021	0	0	0
	3	23/04/2021	0	1 Bruant proyer (E3)	1
	4	30/04/2021	0	1 Buse variable (E1)	1
	-	03/05/2021	0	1 Buse variable (E4 - HORS PROTOCOLE)	1
	5	07/05/2021	1 Noctule de Leisler (E2)	0	1
	6	14/05/2021	0	0	0
	7	20/05/2021	0	0	0
	8	27/05/2021	0	0	0
	9	04/06/2021	0	0	0
	10	11/06/2021	1 Pipistrelle commune (E1)	0	1
	11	18/06/2021	0	2 Bruant proyer (E3) Buse variable (E6)	2
	12	25/06/2021	0	0	0
13	01/07/2021	0	0	0	

Période		N° passage	Date	Chiroptères	Oiseaux	Total	
1	BRIDAGE <4m/s (E1 à E4)	14	09/07/2021	0	1 Tourterelle des bois (E5)	1	
		15	16/07/2021	2	Pipistrelle commune (E1) Pipistrelle de Kuhl (E4)	2	
		16	24/07/2021	1	Pipistrelle commune (E4)	1 Martinet noir (E3)	2
		17	30/07/2021	1	Noctule commune (E4)	0	1
2	BRIDAGE <5m/s (E1 à E4)	18	06/08/2021	0	0	0	
		19	09/08/2021	0	0	0	
		20	13/08/2021	4	Noctule commune (1*E3, 3*E6)	0	4
		21	16/08/2021	1	Noctule commune (E6)	1 Moineau domestique (E3)	2
		22	20/08/2021	1	Pipistrelle commune (E4)	0	1
		23	23/08/2021	3	Pipistrelle commune (E4, E6) Pipistrelle de Kuhl (E5)	0	3
2	BRIDAGE <6m/s (E1 à E6)	24	27/08/2021	1	Pipistrelle commune (E3)	0	1
		25	30/08/2021	3	Pipistrelle commune (1*E1, 2*E5)	1 Gobemouche noir (E6)	4
		26	31/08/2021	0	0	0	0
		27	03/09/2021	0	0	0	0
		28	06/09/2021	2	Noctule commune (E2, E4)	0	2
		29	09/09/2021	0	0	0	0
		30	13/09/2021	0	0	0	0
		31	17/09/2021	0	0	0	0
		32	20/09/2021	0	0	0	0
		33	23/09/2021	0	0	0	0
		34	27/09/2021	1	Pipistrelle de Nathusius (E2)	0	1
		35	01/10/2021	0	0	0	0
		36	04/10/2021	0	0	0	0
		37	08/10/2021	0	0	0	0
38	11/10/2021	0	1	Rougegorge familier (E1)	1		
39	15/10/2021	0	0	0	0		
40	18/10/2021	0	0	0	0		
41	22/10/2021	0	0	0	0		



Epervier d'Europe, sous E2 le 9 avril 2021 (G. Durassier, Echochiros)



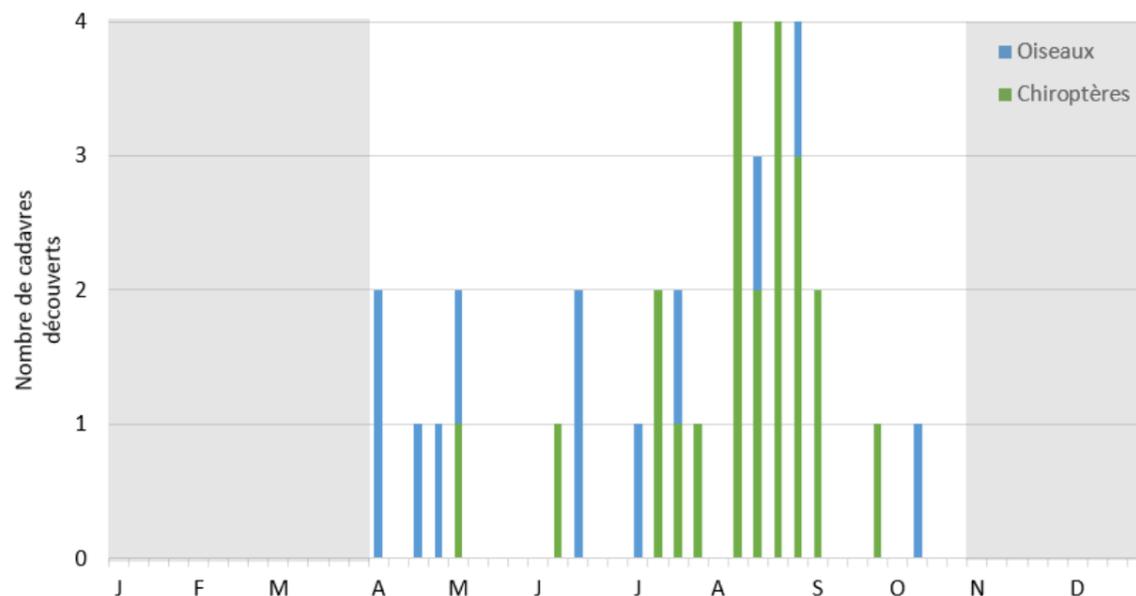
Pipistrelle de Nathusius, sous E2 le 27 septembre 2021 (G. Durassier, Echochiros)



Tourterelle des bois, sous E5 le 9 juillet 2021 (G. Durassier, Echochiros)



Noctule commune, sous E2 le 6 septembre 2021 (L. Burette, Echochiros)



Répartition de la mortalité au cours de l'année 2021 (n=34). La période non suivie apparaît grisée.

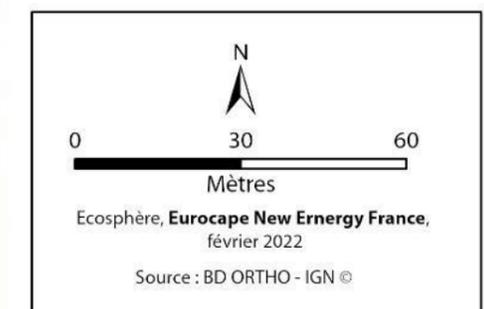
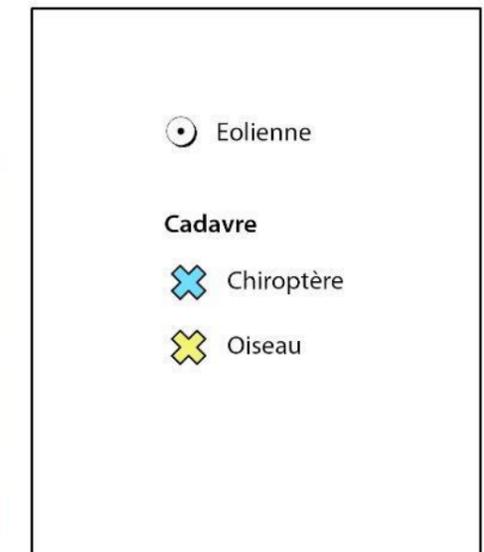
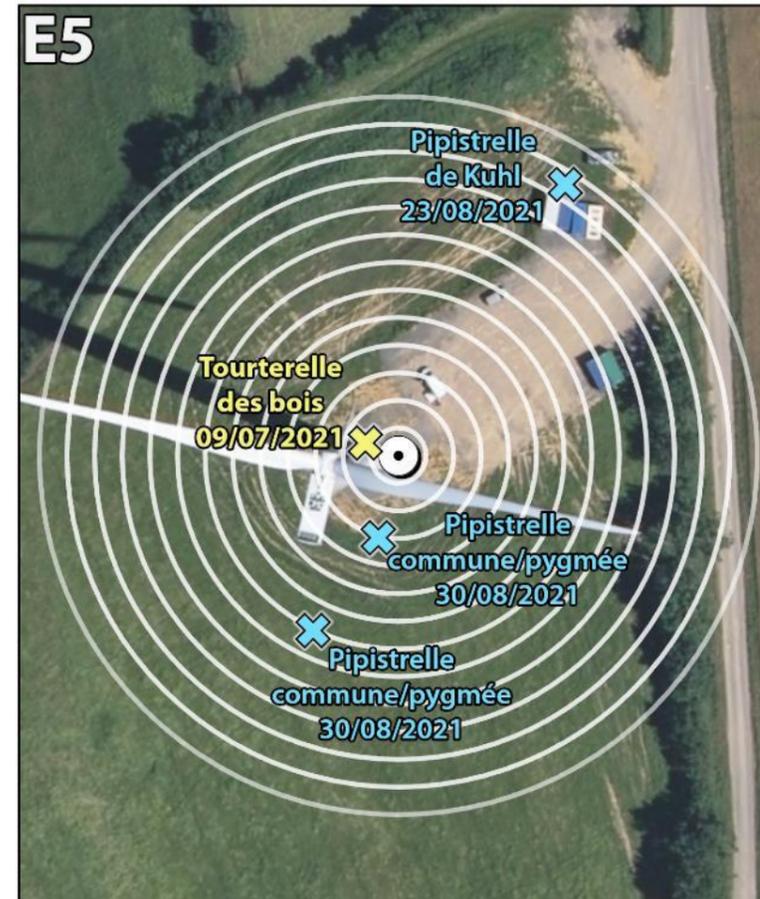
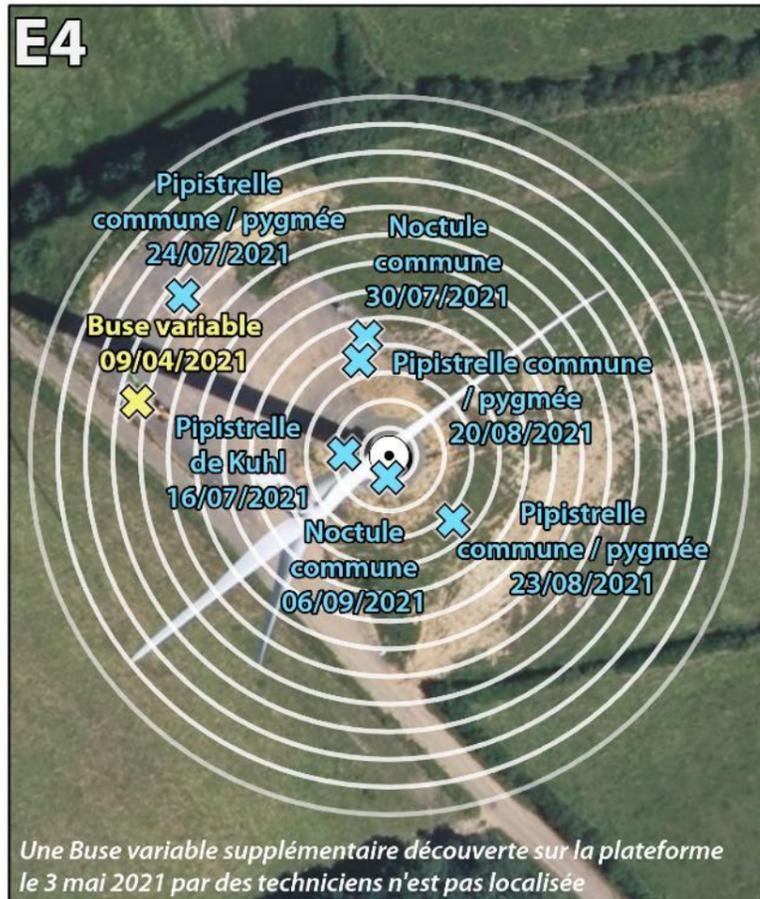
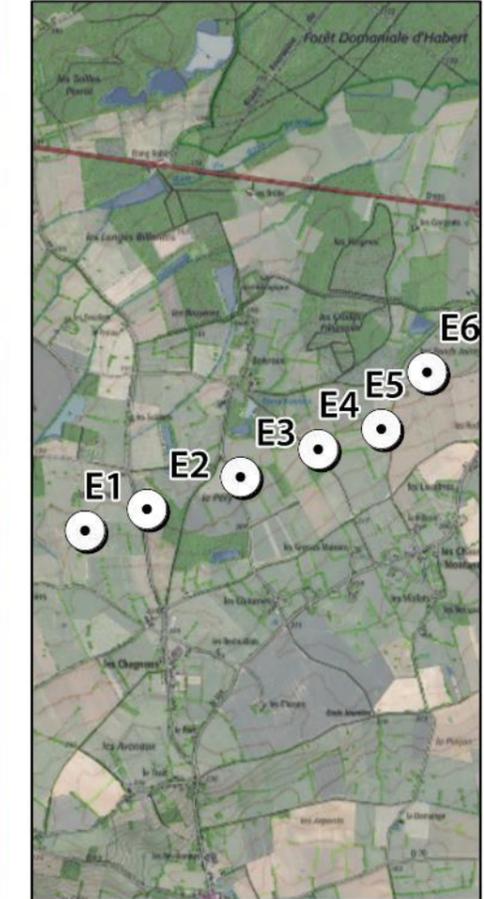
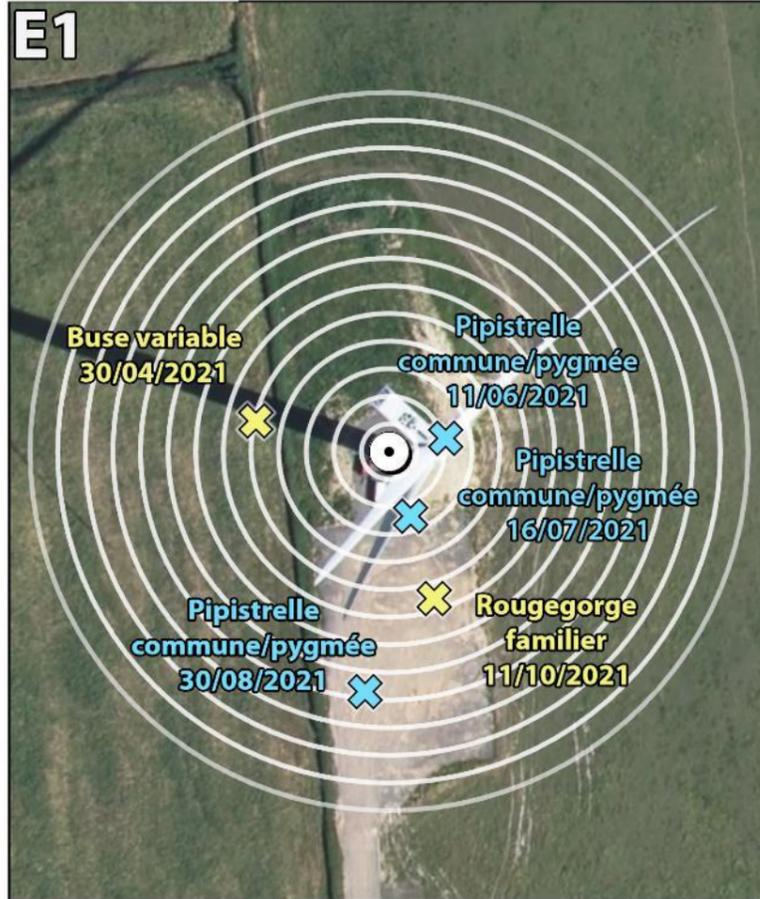
Les cadavres sont répartis sur l'ensemble du suivi, entre le 9 avril et le 11 octobre 2021. La plupart des oiseaux ont été trouvés au printemps, notamment les 5 rapaces. Il s'agit vraisemblablement d'individus locaux. La majeure partie des chauves-souris (19 sur les 22) a été impactée entre mi-juillet et mi-septembre, correspondant à des individus reproducteurs probables, puis à des migrants.

La mortalité constatée en 2021 se compose ainsi de :

- **12 oiseaux appartenant à 8 espèces** : 4 Buses variables [sédentaires ou migratrices]¹⁴, 1 Epervier d'Europe [sédentaire ou migrateur], 1 Tourterelle des bois [sédentaire], 1 Martinet noir [migrateur], 2 Bruants proyers [sédentaires ou migrants], 1 Moineau domestique [sédentaire], 1 Gobemouche noir [migrateur] et 1 Rougegorge familier [Migrateur probable] ;
- **22 chiroptères appartenant à au moins 5 espèces** : 10 Pipistrelles communes¹⁵ [sédentaire], 2 Pipistrelles de Kuhl [sédentaire], 1 Pipistrelle de Nathusius [migratrice], 8 Noctules communes [sédentaires pour la plupart, possiblement quelques migratrices] et 1 Noctule de Leisler [statut indéterminé].

¹⁴ Parmi les 12 cadavres d'oiseaux, une Buse variable a été découverte par les techniciens de Nordex, en dehors des dates de prospection du protocole. Etant donné le fait qu'aucune prospection n'a été réalisée autour des autres éoliennes ce jour-ci et que l'éolienne concernée n'a pas fait l'objet d'une recherche complète dans un rayon de 65m, cet individu n'a pas été pris en compte dans les calculs d'estimation de la mortalité.

¹⁵ La totalité des cadavres correspond très certainement à de la Pipistrelle commune, beaucoup plus abondante et commune que la Pipistrelle pygmée, par ailleurs, jamais contactée sur le parc d'Ids à hauteur de nacelle. Les critères morphologiques, notamment dentaires, ne permettent généralement pas une distinction entre ces deux espèces proches : Pipistrelles commune et pygmée.



Une Buse variable supplémentaire découverte sur la plateforme le 3 mai 2021 par des techniciens n'est pas localisée

5.2 VARIABLES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE

5.2.1 PERSISTANCE DES CADAVRES (VARIABLE P)

Santos et al. (2011) démontrent que les temps de persistance sont très faibles en Europe notamment pour les chiroptères et les petits oiseaux, avec une probabilité de disparition très élevée dans les 2 premiers jours par rapport à d'autres groupes d'animaux. En Allemagne, Niermann et al. (2011) ont annoncé que le temps moyen de persistance variait de 1,3 à 24,5 jours pour une valeur moyenne de 4,2 jours.

Si une disparition rapide des carcasses est observée, avec une fréquence de prospection trop élevée, les carcasses disparaissent avant le passage des observateurs. Dans ce cas, le temps moyen de persistance est faible et la mortalité certainement sous-évaluée. Ce paramètre engendrera un biais dans le calcul de l'estimation de mortalité.

Les résultats des deux tests de persistance sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Taux de persistance des leurres déposés au pied des éoliennes.

		J+1		J+3		J+7		J+10		J+14	
		p	Tm								
Moyenne (53 leurres)	P1	0,71	0,9 j	0,50	2,1 j	0,33	3,8 j	0,21	4,6 j	0,17	5,4 j
	P2	0,55	0,8 j	0,17	1,5 j	0,10	2,1 j	0,03	2,3 j	0,03	2,4 j
	Moy	0,62	0,8 j	0,32	1,8 j	0,21	2,8 j	0,11	3,3 j	0,09	3,7 j

Tm j+7 = temps moyen de persistance (en jours) durant un intervalle de 7 jours
p j+7 = taux de persistance durant l'intervalle (proportion de cadavres présents après 7 jours)

Les résultats bruts des tests de persistance ont également été implémentés dans l'application GenEst, en indiquant pour chaque faux-cadavre utilisé le dernier jour d'observation et le premier jour où il a été noté disparu/prédaté. Une probabilité de persistance « r » a ensuite été modélisée à partir de modèles statistiques dits d'« analyse de survie » et basés sur la méthode du maximum de vraisemblance¹⁶. Cette variable « r » correspond à la probabilité estimée qu'un cadavre qui arrive à un instant aléatoire et uniforme dans l'intervalle de x jours persiste jusqu'à la fin de cet intervalle. La variable « Période » a été considérée et retenue comme variable influençant la persistance dans le cas de ce parc. Ces valeurs sont ensuite utilisées par l'application pour les estimations globales présentées au chapitre 5.3.2.

Probabilité de persistance r calculée avec GenEst

GenEst	Période 1 (bridage 0 et bridage 1)		Période 2 (bridage 2 et bridage 3)	
	Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]
Probabilité de persistance (r)	0,54 à j+7	0,45 0,63	0,51 à j+3	0,43 0,58

¹⁶ 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>.

Dans le cadre de ce suivi, les valeurs moyennes de persistance des cadavres « non naturels » sont :

- Temps moyen de persistance (Tm) = 3,8 j à j+7 (première période) et 1,5 à j+3 (seconde période), pour un temps moyen sur l'année de 2,8 j à j+7 et 1,8 j à j+3 ;
- Taux de persistance (p) = 33 % à j+7 (première période) et 17% à j+3 (seconde période), pour un taux moyen sur l'année de 21 % à j+7 et 32 % à j+3 ;
- Probabilité de persistance (r) = 0,54 [IC 80 % : 0,45 – 0,63] (première période ; j+7) et r = 0,51 [IC 80 % : 0,43 – 0,58] (seconde période ; j+3).

La persistance est supérieure en première partie de suivi et chute en seconde partie de suivi. La réduction de l'intervalle entre deux passages à partir de début octobre permet de réduire les biais liés à la disparition trop rapide des cadavres sur cette période et de ne pas augmenter le degré d'imprécision. En effet, le temps moyen de persistance est d'environ la moitié de l'intervalle aux deux périodes.

5.2.2 DETECTABILITE (OU EFFICACITE DE L'OBSERVATEUR) (VARIABLE D)

L'efficacité des observateurs a été testée au sein des parcelles prospectables, à deux reprises. L'efficacité n'a pas été testée au sein des parcelles non échantillonnées appartenant à la classe de visibilité nulle.

Dans des conditions normales de recherche, 166 leurres ont été retrouvés par les observateurs sur les 193 disposés en deux sessions au sein des différents types de végétation.

De la même manière que pour le taux de persistance, ces résultats bruts sont implémentés dans GenEst. L'application permet une estimation de l'efficacité de l'observateur, celle-ci étant fonction de deux paramètres : la probabilité de détection d'un cadavre au premier passage suivant son arrivée, et k le facteur décrivant comment cette efficacité change au cours du temps en fonction de l'état d'avancement du cadavre.

Une valeur de k = 0 affirme que les carcasses qui sont manquées lors de la première recherche ne peuvent pas être redécouvertes lors d'une recherche ultérieure pour un même test, et k = 1 signifie que l'efficacité reste constante quel que soit l'âge de la carcasse et le nombre de fois qu'une carcasse a été manquée dans les recherches précédentes. Dans le cas présent, k est fixé à 0,75, valeur intermédiaire permettant de prendre en compte une baisse potentielle de la probabilité de détection plus un cadavre est ancien et donc dégradé.

L'efficacité de l'observateur a été modélisée pour chaque période et pour les deux niveaux de visibilité prospectés en période 1 (en période 2, le modèle le plus adapté est constant et n'intègre pas de différence entre les visibilités). Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après :

Résultats des tests de détectabilité par classe de visibilité et par période obtenus avec GenEst

Niveau de visibilité	Période 1		Période 2	
	Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]
Bonne	0,93	0,86 0,97		
Moyenne	0,59	0,50 0,67		
TOTAL	0,74	0,69 0,77	0,60	0,48 0,71



En moyenne, il en ressort **un taux d'efficacité (ou de détection) de 0,74 pour la période 1 et de 0,60 pour la période 2.**

Le taux moyen de détection est considéré comme bon, avec une médiane de 70 % [IC 80 % : 67 % - 74 %] de leurres découverts sur l'ensemble de la période de prospection. Toutefois, on notera que la détectabilité est clairement moindre dans les surfaces de moyenne visibilité.

5.2.3 AJUSTEMENT DE LA SURFACE REELLEMENT CONTROLEE (VARIABLE A)

Les surfaces de prospection sont globalement variables au cours de l'année sans distinction de périodes majeures étant donné le contexte prairial (présence aléatoire de bétail empêchant la prospection notamment).

Toutefois, les coefficients ont été calculés sur quatre périodes pour être en cohérence avec la mise en place progressive d'algorithme de bridage au cours du suivi (détails en annexe 2).

Le tableau ci-dessous synthétise ces résultats par éolienne et par période principale.

Surface moyenne prospectée (%) par éolienne et par période en 2021

Éolienne	Surface moyenne prospectée (%)				Moyenne sur l'ensemble du suivi :
	Bridage 0 PAS DE BRIDAGE (9/4 -> 25/6)	Bridage 1 BRIDAGE <4m/s (E1-E4) (9/7 -> 30/7)	Bridage 2 BRIDAGE <5m/s (E1-E4) (6/8 -> 23/8)	Bridage 3 BRIDAGE <6m/s (E1-E6) (27/8 -> 22/10)	
E1	37 %	100 %	49 %	47 %	49 %
E2	48 %	21 %	21 %	32 %	35 %
E3	31 %	16 %	21 %	22 %	24 %
E4	58 %	56 %	41 %	70 %	60 %
E5	44 %	14 %	35 %	39 %	37 %
E6	98 %	37 %	27 %	55 %	63 %
Moyenne sur l'ensemble du parc :	53 %	41 %	32 %	44 %	45 %
	50 %		41 %		

La proportion de surface prospectée moyenne, telle que demandée par l'application EolApp pour l'utilisation des formules d'Erickson, Huso et Jones, est celle moyennée sur l'ensemble du parc, à savoir **45 %**. C'est cette surface moyennée à l'ensemble du parc pour l'ensemble de la période suivie, ainsi que celles correspondant aux deux grandes périodes (50 % et 41 %) qui sont renseignées dans l'application EolApp. L'application GenEst, quant à elle, différencie la surface moyenne prospectée pour chaque éolienne et par période.

La surface de prospection est moyenne bien que globalement homogène entre les périodes. Elle est néanmoins plus faible pour la période « Bridage 2 », avec une valeur de 32 %, ce qui est statistiquement plus faible. Elle est par ailleurs **hétérogène entre les éoliennes avec un minimum à 24 % pour E3, puis à 35 et 37 % pour E2 et E5.** Ceci diminue la probabilité de découverte des cadavres autour de ces machines et pourra engendrer un biais dans les estimations de mortalité. Cependant, les autres éoliennes ont une surface moyenne prospectée supérieure à 40 % (49 % pour E1, 60 % pour E4 et 63 % pour E6), ce qui autorise des estimations statistiques suffisamment robustes (Behr *et al.*, 2011).

5.2.4 FAISABILITE DES ESTIMATIONS DE LA MORTALITE

Les différentes variables calculées sont censées permettre de corriger les résultats afin d'exprimer une estimation de la mortalité à l'échelle des éoliennes et de la période suivies. **Il est néanmoins nécessaire d'analyser si ces paramètres sont suffisamment robustes et représentatifs pour éviter d'aboutir à des estimations trop aléatoires et ininterprétables.** Écosphère analyse la robustesse de ces paramètres au regard des nombreuses données internes disponibles (suivis de parcs dans des conditions équivalentes et avec des méthodologies proches) et vis-à-vis des conséquences des potentiels biais des variables calculées.

Le nombre brut de cadavres est tout d'abord analysé, indépendamment de la représentativité des surfaces échantillonnées et de la persistance locale. Si estimation statistique il y avait, il serait nécessaire de traiter les données des 2 périodes, voire 4 sous-périodes indépendamment pour des raisons strictement mathématiques (différences d'intervalle entre les passages, de surface prospectée, de persistance, voire d'efficacité) mais également d'analyse des résultats (paramètres de bridages variables entre les périodes, écologie des espèces différente). Des cadavres ont été détectés à chacune des 4 phases, et au sein des deux groupes. Le nombre de cadavres est suffisamment important pour lancer des estimations par sous-période, avec de plus grandes incertitudes pour les résultats séparant en plus le type de cadavre (oiseau/chauve-souris).

Concernant **l'efficacité de la recherche**, les différents observateurs ayant réalisé les passages du suivi de la mortalité ont été testés. Une méthodologie standardisée a été suivie. L'efficacité moyenne de recherche est assez bonne et les incertitudes générées globalement faibles.

S'agissant de **la persistance**, les deux tests ont été effectués de façon standardisée aux deux phases suivies. L'échantillon de cadavres posés est suffisamment grand pour considérer que les tests sont suffisamment représentatifs. Différents types de leurres ont été posés (souris et rats / poussins) pour intégrer une différence de persistance entre les chauves-souris et les oiseaux. L'intégration de la persistance locale mesurée d'après ces leurres dans les applications permettra de corriger avec fiabilité les différentes estimations par groupe impacté.

Enfin, s'agissant des **surfaces prospectées**, des biais importants doivent être considérés. La surface de prospection moyenne est de 45%, ce qui est moyen mais permet des estimations suffisamment robustes. Toutefois, une variabilité importante par éolienne et par sous-période existe (l'éolienne 3 étant particulièrement moins bien prospectée du fait de la présence de vaches dans la prairie et d'une large période avec une végétation trop haute et donc une mauvaise visibilité). Les interprétations faisant suite aux estimations prennent compte de ces biais.

En conséquence de tous ces éléments, des estimations statistiques ont été poursuivies à l'échelle de chacune des phases, en scindant les estimations oiseaux de celles des chiroptères. Des estimations par éolienne, tous groupes et toutes périodes confondues, ont également pu être produites.

5.2.5 CORRECTIF LIE A LA PERIODE D'ETUDE

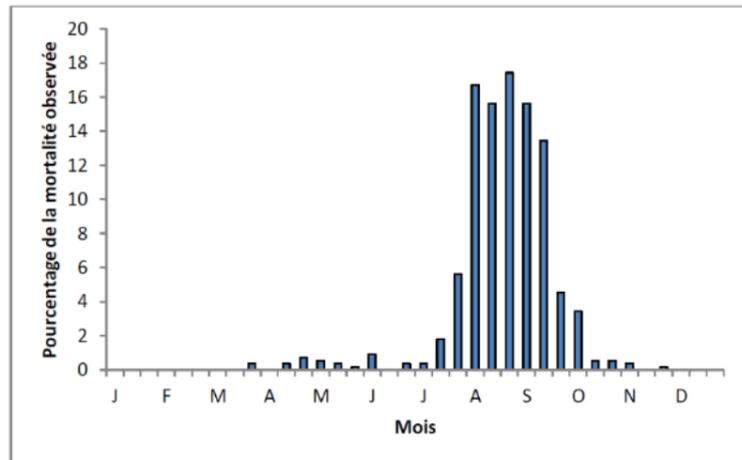
Les estimations de la mortalité ont été réalisées sur la base des 41 passages compris entre le 09/04 et le 22/10/2021 pour l'ensemble des éoliennes. Cette période correspond à la période principale d'activité pour les chauves-souris et, pour les oiseaux, couvre une partie des migrations pré et postnuptiale, et toute la période de reproduction. Toutefois, des cas de mortalité se produisent également en dehors de cette période, notamment pour les oiseaux, actifs toute l'année.

L'analyse des différentes sources bibliographiques révèle que le risque moyen de collision n'est pas égal au cours d'une année. Le tableau et le graphique ci-dessous montrent ainsi l'importance de la période située entre juillet et octobre.

Répartition annuelle de la mortalité chiroptérologique selon différentes sources bibliographiques

Référence	Proportion de cadavres découverts
Lepercq (2018)	86 % entre fin juillet et début octobre
Beucher & al., 2013	73 % entre le 15 juillet et le 31 octobre
Cornut & Vincent, 2010	80 à 83 % entre le 15 juillet et le 31 octobre
Biotopie, 2011	83 % entre le 1er août et le 31 octobre
Dulac, 2008	91 % entre le 1er juillet et le 31 octobre
Rydell & al., 2010	90 % entre fin juillet et début octobre

Le graphique suivant, un peu ancien, présente la répartition temporelle des cadavres récoltés pour 551 chauves-souris en Allemagne (Dürr 2007 cité par Jones & al., 2009). Ces données ont été reprises dans le graphique par Ecosphère (Heitz & Jung, 2017) pour disposer de pourcentages par décades.

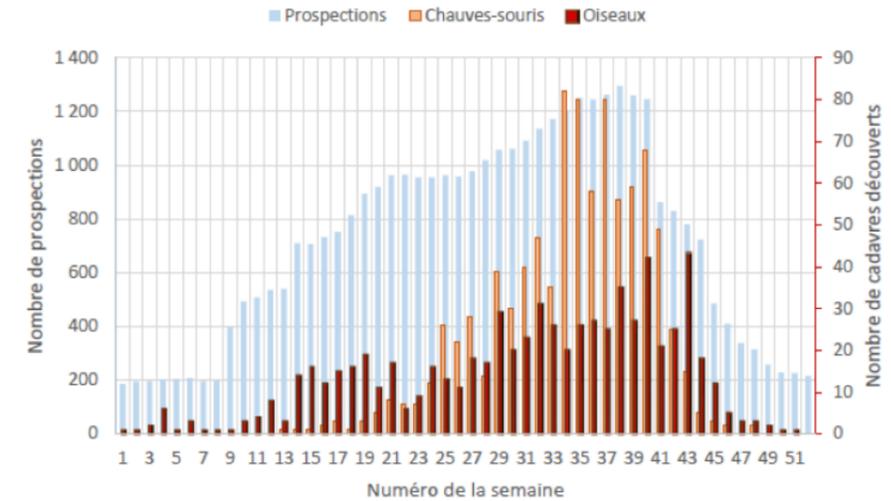


Répartition temporelle des cadavres de chauves-souris récoltés (données Dürr, 2007, in Jones & al., 2009 ; graphique Heitz & Jung, 2017)

Les travaux de synthèse sur les oiseaux menés en France sous l'égide de la LPO (Marx, 2017) peuvent être convertis en pourcentages approximatifs sur la base du graphique ci-dessous.

Semaine de découverte des cadavres

Données : 710 cadavres d'oiseaux et 916 cadavres de chauves-souris retrouvés sous les éoliennes françaises et pour lesquelles la date de découverte est connue



Répartition de la mortalité sur 645 éoliennes appartenant à 91 parcs (Marx, 2017)

Ces multiples autres études de compilation permettent d'avoir des données tant sur les oiseaux que sur les chiroptères et nous permettent d'arriver à la synthèse suivante ci-dessous.

Répartition temporelle de la mortalité selon la bibliographie (1^{ère} colonne) et des cadavres découverts (2^{nde} colonne) en 2021

Pourcentage de mortalité (toutes espèces)	Chiroptères		Oiseaux	
Avril à mi-mai (semaines 14 à 19) => période de migration et d'installation des couples	5 %	1 cadavre entre début avril et mi-mai, soit 4%	12 %	5 cadavres entre début avril et mi-mai, soit 42%
Mi-mai à juillet (semaines 20 à 30) => période de reproduction	20 %	5 cadavres, soit 23%	23 %	4 cadavres, soit 33%
Août à octobre (semaines 31 à 43) => migration postnuptiale, mouvements locaux	75 %	16 cadavres, soit 73%	52 %	3 cadavres, soit 25%
Reste de l'année	0 %	pas de données entre novembre et fin mars	13 %	pas de données entre novembre et fin mars

Ainsi, sur la base des données bibliographiques et les résultats recueillis en 2021, **il apparaît que les résultats de suivi obtenus sur le parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay sont représentatifs quant à la répartition temporelle des cadavres de chauves-souris, mais absolument pas concernant les oiseaux.**

Le suivi couvre une période correspondant théoriquement à :

- 100 % de la mortalité des chiroptères :
- 87 % de la mortalité des oiseaux.

Basés sur une compilation de différentes sources bibliographiques, ces coefficients correcteurs ne peuvent être directement appliqués à nos calculs et sont présentés ci-dessus à titre indicatif. Toutefois,

ils illustrent un fait important : le suivi de la mortalité concerne la majeure partie du cycle biologique de la faune volante mais la mortalité engendrée par les éoliennes en dehors des périodes de suivi est inconnue. Par ailleurs, il peut exister des variables locales qui font que la mortalité sur certains parcs n'est pas comparable à la bibliographie connue. Les estimations réalisées concernent uniquement la période suivie (correspondant à la période présentant le risque d'impact majeur, selon la bibliographie et l'étude d'impact du parc, voir chapitres 2.3.1 et 3.2.1.2). Aucune extrapolation de la mortalité estimée ne peut néanmoins être réalisée sur la période non suivie.

5.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE

Les estimations de la mortalité du parc ont été calculées avec les formules de Jones, Huso et Erickson par le biais de l'application EolApp (Besnard & Bernard). L'utilisation conjointe de ces trois formules permet de comparer les résultats obtenus. En effet, bien que les modèles utilisés soient identiques, quelques différences existent. En situation de persistance courte (moins de 4 jours), le modèle d'Erickson étant connu pour sous-estimer la mortalité par rapport aux modèles plus récents d'Huso et Jones (cf. partie Méthodes de travail 3.2.3.2), ce dernier est seulement présenté à titre informatif.

La mortalité a également été estimée à partir de l'application « GenEst », nouvelle méthode développée par une équipe internationale (Huso & Dalthorp (USGS) et Korner-Nievergelt (Ökostat)). Celle-ci permet d'imbriquer les différents paramètres pour modéliser finement la mortalité (persistance des cadavres, efficacité de la détection, correction surfacique) et fournir des estimations ajustées selon les variables prises en compte (taille des cadavres, période de l'année, distinction oiseaux / chauves-souris...).

En outre, ces deux applications EolApp et GenEst permettent d'obtenir un résultat encadré par un intervalle de confiance de 80 % (bornes à 10 % et 90 %).

Les différents paramètres pris en compte sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Récapitulatif des différents paramètres généraux pris en compte pour les estimations

Paramètres	Ensemble de la période de suivi	Période 1		Période 2	
Période du suivi	début Avril - fin Octobre 2021	Bridage 0 début Avril - début Juillet PAS DE BRIDAGE	Bridage 1 début - fin Juillet BRIDAGE <4m/s (E1-E4)	Bridage 2 début Août - fin Août BRIDAGE <5m/s (E1-E4)	Bridage 3 fin Août - fin Octobre BRIDAGE <6m/s (E1-E6)
Nbre d'éoliennes suivies	6	6	6	6	6
C (nombre de cadavres brut découverts sous les éoliennes dans un rayon de 65 m)	33 (+1 hors protocole)	8 (+1 hors protocole)	6	10	9
d (taux de détection moyen - calcul manuel)	0,70	0,73		0,59	
p (taux de persistance durant l'intervalle - calcul manuel)	0,21	0,33		0,17	

¹⁷ EolApp permet de sélectionner le principe méthodologique utilisé pour le calculer les intervalles de confiance : « bootstrap non-paramétrique » ou « bootstrap paramétrique ». La première option est la plus fiable avec un nombre limité de passages ou de cadavres détectés. La deuxième méthode est pertinente uniquement pour des

Paramètres	Ensemble de la période de suivi	Période 1		Période 2	
Tm (durée moyenne de persistance durant l'intervalle - calcul manuel)	2,8 jours (intervalle 7j)	3,8 jours (intervalle 7j)		1,5 jour (intervalle 3j)	
r (probabilité de persistance - calcul GenEst)	/	0,54 [IC 80% : 0,45 - 0,63] (à j+7)		0,51 [IC 80% : 0,43 - 0,58] (à j+3)	
l (intervalle moyen entre 2 visites)	4,5 jours	7 jours		3,5 jours	
n (nombre de passage)	41	13	4	6	18
Sk (surface prospectée moyenne)	45%	50 %		41 %	

5.3.1 ESTIMATIONS DE LA MORTALITE AVEC EOLAPP

Les tableaux suivants présentent les résultats des estimations de la mortalité réelle pour le parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay (6 éoliennes, du 9 avril au 22 octobre 2021) décomposés en deux périodes principales (avant et après le 31 juillet dans le cas présent). La séparation en sous-périodes correspondant aux 4 modes de fonctionnement du parc donnent des résultats aberrants à intervalles de confiance très larges et ne sont pas exploitables (jeu de données trop faible pour les modèles utilisés). Ces valeurs ne sont pas présentées.

La distinction par groupe impacté a également été réalisée.

Des exemples de captures d'écran de ces résultats sont présentés en annexe 4.

Résultats des estimations de la mortalité réelle pour les 3 modèles et obtenues avec l'application EolApp

Estimation avec EolApp (tests non paramétriques ¹⁷)	Mortalité brute	Erickson		Huso		Jones	
		Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]
PERIODE 1	14	64,4	42,9 - 92,5	80,6	55,8 - 110,1	90,1	61,4 - 127,2
PERIODE 2	19	147,7	82,7 - 248,5	166,8	96,9 - 266,9	206,4	114,8 - 369,9
Chauves-souris	22	109,7	68,8 - 163,2	138,1	89,1 - 198,0	153,9	98,1 - 225,3
Oiseaux	11	54,8	32,9 - 84,1	69,0	42,2 - 102,4	77,0	46,4 - 116,2
TOTAL	33	166,5	117,4 - 231,7	209,0	151,9 - 279,3	232,8	167,0 - 319,1

Le modèle d'Huso donne une valeur médiane de la mortalité d'environ 138 chiroptères [IC 80 % : 89 - 198] et 69 oiseaux [IC 80 % : 42 - 102] impactés sur l'ensemble du parc sur l'ensemble du suivi (début avril à fin octobre, sur 41 passages), avec une médiane totale de 209 cadavres [IC 80 % : 152 - 279].

jeux de données très conséquents (dans le cas de petits jeux de données elle fournit des résultats trop optimistes sur la précision des estimations de mortalité). Les deux méthodes fournissent les mêmes résultats lorsque les jeux de données sont grands.

Le modèle de Jones donne une valeur médiane de la mortalité d'environ **154 chiroptères [IC 80 % : 98 - 225] et 77 oiseaux [IC 80 % : 46 - 116] impactés sur l'ensemble du parc sur l'ensemble du suivi** (début avril à fin octobre, sur 41 passages), **avec une médiane totale de 233 cadavres [IC 80 % : 167 - 319]**.

Les intervalles de confiance obtenus pour Jones et Huso attestent d'une certaine imprécision de l'estimation statistique. Cela sous-entend que ces valeurs estimées sont à prendre avec précaution. Les biais induit dans les estimations (l'absence d'intégration des différences de surfaces prospectées entre les éoliennes étant le principal) conduisent à des estimations peu précises et probablement sous-estimées dans le cas présent. Une intégration détaillée des variables dans les modélisations peut permettre d'affiner ces estimations, et ainsi les rendre plus justes.

5.3.2 ESTIMATIONS DE LA MORTALITE AVEC GENEST

Les tableaux suivants présentent les résultats des estimations de la mortalité réelle pour le parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay (6 éoliennes, du 9 avril au 22 octobre 2021) obtenus à partir des modélisations faites avec GenEst (Huso & Dalthorp). En annexe 5, est précisé le détail des choix retenus pour les modélisations opérées par GenEst afin d'ajuster au mieux les estimations au jeu de données bruts du parc.

Résultats des estimations de la mortalité réelle obtenus avec GenEst

Estimation avec GenEst	Période ou visibilité	Mortalité brute	Période 1 (bridage 0 et bridage 1)			Période 2 (bridage 2 et bridage 3)			Ensemble du suivi		
			Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
Chiroptères	Bridage 0	2	8,3	2,0	16,7						
	Bridage 1	4	12,5	5,9	20,6						
	PERIODE 1	6	21,2	10,9	32,4						
	Bridage 2	9				108,5	63,8	178,0	198,4	104,4	275,5
	Bridage 3	7				62,8	31,9	104,7			
	PERIODE 2	16				177,5	116,9	252,5			
Oiseaux	Bridage 0	6	28,7	14,5	46,6				85	51,1	126,2
	Bridage 1	2	36,7	2,0	56,2						
	PERIODE 1	8	57,1	30,6	87,9						
	Bridage 2	1				14,5	1,0	37,5			
	Bridage 3	2				11,4	2,0	23,6			
	PERIODE 2	3				25,1	6,5	53,9			
			78,4	50,1	114,8	206,2	139,7	286,5			

Chacun des résultats correspond à des analyses statistiques indépendantes réalisées par catégories (par bridage et par groupe, par période et par groupe, uniquement par groupe et uniquement par période). C'est pourquoi les résultats pouvant correspondre à des totaux ne s'additionnent pas.

Résultats des estimations de la mortalité réelle par éolienne obtenus avec GenEst

	Médiane	[IC 10 - 90%]	
E1	22,30	11,90	35,50
E2	23,40	10,50	41,10
E3	57,50	29,60	92,10
E4	27,40	15,90	40,60
E5	23,50	11,10	39,60
E6	31,40	16,80	45,30

Les résultats obtenus présentent des intervalles de confiance assez resserrés validant leur fiabilité. L'application de paramètres de bridage évoluant au cours de suivi a des implications sur les estimations obtenues :

- « Bridage 0 » (absence de bridage, entre avril et juin) : mortalité estimée de 8 chauves-souris [IC 80 % : 2-17] et de 29 oiseaux [IC 80 % : 15-47] sur ces 3 mois ; surface de prospection moyenne de 53 % et est inférieure à 40 % pour E1 et E3 (respectivement 37 et 31 %) ;
 - Biais limités, **bonne fiabilité des estimations** malgré des intervalles de confiance restant larges ;
- « Bridage 1 » (arrêt des éoliennes E1 à E4 sous 4m/s, sur juillet) : mortalité estimée de 13 chauves-souris [IC 80 % : 6-21] et de 37 oiseaux [IC 80 % : 2-56] sur un mois ; surface de prospection moyenne de 41 % et très inférieure à 40 % pour 4 éoliennes (E2, E3, E5 et E6, avec respectivement 21 %, 16 %, 14 % et 37 %) ;
 - Biais liés à la surface non prospectée assez importants, l'ensemble des cadavres de chauves-souris a été découvert sous des éoliennes à bon niveau de prospection (E1 et E4) au contraire des oiseaux (E3 et E5). Les intervalles de confiance sont assez larges. **Les estimations sont probablement fiables pour les chauves-souris mais possiblement surestimées pour les oiseaux ;**
 - La présence d'un bridage très léger n'a pas permis d'éviter la mortalité des chauves-souris sur le parc. Par ailleurs, les oiseaux impactés étant des espèces diurnes, ce bridage ne peut avoir qu'un effet anecdotique ;
- « Bridage 2 » (arrêt des éoliennes E1 à E4 sous 5m/s, sur août) : mortalité estimée de **109 chauves-souris [IC 80 % : 64-178] et de 15 oiseaux [IC 80 % : 1-38] sur un mois** ; surface de prospection moyenne de 32 % et inférieure à 40 % pour 4 éoliennes (E2, E3, E5 et E6, avec respectivement 21 %, 21 %, 35 % et 27 %) ;
 - Biais importants liés à la surface non prospectée, les cadavres de chauves-souris sont répartis sur des éoliennes de différents niveaux de prospection et l'unique oiseau sous une éolienne à faible taux de prospection. **Au vu des conditions locales et de découvertes de cadavres bruts, les estimations sont certainement assez fiables voire légèrement surestimées ;**
 - C'est la période présentant la plus forte mortalité pour les chauves-souris sur un seul mois de prospection. La mise en place d'un bridage à 5 m/s sur une partie des éoliennes semble avoir été en partie efficace car la mortalité brute s'est concentrée à cette période sur les 2 éoliennes non régulées (6 cadavres sur les 9 totaux). Les caractéristiques de la régulation semblent néanmoins insuffisantes car les éoliennes bridées ont impacté plusieurs chauves-souris dont de la Noctule commune ;
- « Bridage 3 » (arrêt des éoliennes E1 à E6 sous 6m/s, entre septembre et octobre) : mortalité estimée de 63 chauves-souris [IC 80 % : 32-105] et de 11 oiseaux [IC 80 % : 2-24] sur ces 2 mois ;

surface de prospection moyenne de 44 % et inférieure à 40 % pour E2, E3 et E5 (respectivement 32 %, 22 % et 39 %) ;

- Biais liés à la surface non prospectée réels. Les conditions de prospection sont comparables à la période précédente avec toutefois une surface de prospection un peu meilleure (44%). Il y a presque autant de cadavres bruts, mais sur une période de 2 mois. **Les estimations semblent fiables pour les deux groupes** malgré des intervalles de confiance restant larges ;
- **La présence d'un bridage plus important et surtout, sur l'ensemble des éoliennes, a permis de réduire les résultats de mortalité estimée pour les chauves-souris.** On constate toutefois une mortalité brute de 7 chauves-souris dont des Noctules communes et de la Pipistrelle de Nathusius. Cet algorithme de bridage reste donc insuffisant pour protéger efficacement les chauves-souris. Pour les oiseaux, un bridage nocturne permet de diminuer l'impact sur les passereaux migrateurs. Celui-ci étant faible avec la présence de bridage, il est impossible de savoir si ce bon résultat est dû à l'absence de passage de migrateur sur le site ou à l'efficacité du bridage.

Les différences observées entre les estimations par éoliennes mettent en relief plusieurs phénomènes :

- **L'éolienne E3 est la machine la moins bien prospectée** avec une moyenne de 24 % de surface de prospection sur l'ensemble du suivi et une valeur maximale entre les périodes ne dépassant pas 31 %. Les biais sont donc importants et **cette estimation est donc certainement surestimée** ;
- **L'éolienne E6**, pourtant avec un bon niveau de prospection (63 % en moyenne), est certainement **la machine ayant eu le plus d'impact**, notamment sur les chiroptères. Cela est très certainement dû à **son exclusion du bridage jusqu'à fin août** (6 m/s ; aucun cadavre de chauve-souris sous cette éolienne après cette date) ;
- L'éolienne E4, avec un taux de prospection similaire, a une mortalité brute et estimée du même ordre que E6. La régulation intègreait pourtant cette éolienne dès juillet, à 4, puis 5 m/s. Cela montre l'importance de l'intensité du bridage pour garantir son efficacité.

Les analyses réalisées avec GenEst donnent des résultats plus précis pour lesquels les conditions d'estimation ont pu être finement adaptés aux conditions locales du site (variabilité par éolienne, par période et par groupe sur l'ensemble des paramètres).

Pour le parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay et au cours du suivi de 2021, les estimations de la mortalité réelle avec GenEst donnent une valeur médiane de la mortalité d'environ **198 chiroptères [IC 80 % : 104 - 276] et 85 oiseaux [IC 80 % : 51 – 126]**. La mortalité des chiroptères est plus faible en première partie du suivi (21 entre avril et juillet contre 176 entre août et octobre, dont 108 uniquement sur le mois d'août) au contraire des oiseaux, où la mortalité est supérieure en première période de suivi (57 entre avril et juillet contre 25 entre août et octobre).

La mortalité est comprise entre 22 et 58 cadavres par éolienne, chauves-souris et oiseaux confondus.

5.4 CONCLUSION DU SUIVI DE LA MORTALITE

Ce premier suivi réalisé sur le parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay a fait l'objet de **41 passages répartis entre le 9 avril et le 23 octobre 2021**, avec un intervalle entre les passages de 7 j jusqu'à fin juillet puis de 3,5 j jusqu'à fin octobre, soit un **intervalle moyen entre les passages de 4,5 jours**. Les **6 éoliennes** du parc ont été suivies selon le protocole national (2018) sur l'ensemble de la période. Les recherches ont été réalisées dans un **rayon de 65 m** autour du mât. La **surface moyenne de prospection est de 45 % sur l'intégralité du suivi**, avec une variabilité au cours de l'année et entre les éoliennes. Les tests de

détection réalisés montrent une **détectabilité moyenne de 70 %**. Les tests de persistance réalisés à partir de 53 leurres montrent un **taux de persistance de 33% (première période) à 17 % (seconde période)** durant l'intervalle (7 j pour la première période et 3,5 j pour la seconde).

34 cadavres ont été découverts, parmi lesquels :

- **12 oiseaux appartenant à 8 espèces** : 4 Buses variables [sédentaires ou migratrices], 1 Epervier d'Europe [sédentaire ou migrateur], 1 Tourterelle des bois [sédentaire], 1 Martinet noir [migrateur], 2 Bruants proyers [sédentaires ou migrants], 1 Moineau domestique [sédentaire], 1 Gobemouche noir [migrateur] et 1 Rougegorge familier [Migrateur probable] ;
- **22 chiroptères appartenant à 5 espèces** : 10 Pipistrelles communes [sédentaire], 2 Pipistrelles de Kuhl [sédentaire], 1 Pipistrelle de Nathusius [migratrice], 8 Noctules communes [sédentaires pour la plupart, possiblement quelques migratrices] et 1 Noctule de Leisler [statut indéterminé].

Les résultats bruts de mortalité ont été corrigés selon 3 modèles statistiques (Erickson, Huso et Jones) à partir de nos calculs et de l'application « EolApp » développée par Besnard et Bernard (CEFE CNRS).

Ils ont également été analysés à partir de l'application « GenEst », développée par Huso & Dalthorp (USGS). Les résultats obtenus avec cette seconde méthode ont été conservés car elle permet un ajustement plus fin aux conditions réelles de suivi. Ainsi, l'estimation de la mortalité réelle aboutit à des valeurs médianes de la mortalité d'environ **198 chiroptères [IC 80 % : 104 - 276] et 85 oiseaux [IC 80 % : 51 – 126] sur l'ensemble du suivi** (avril – octobre). La mortalité est variable au cours des périodes du suivi, en fonction de l'écologie des espèces impactées mais également des conditions de fonctionnement des éoliennes (bridage évolutif ayant été mis en place en cours de suivi). **Ce bridage semble montrer une certaine efficacité à partir de 6 m/s, voire 5 m/s**, principalement sur les chauves-souris et éventuellement sur les oiseaux migrants. L'ensemble de ces paramètres de bridage reste néanmoins insuffisant au vu des estimations globales obtenues, y compris sur la période stricte de son application.

6. EVALUATION DES IMPACTS PAR COLLISION ET BAROTRAUMATISME

6.1 OISEAUX

De nombreuses espèces d'oiseaux sont susceptibles d'entrer en collision avec les pales, notamment les rapaces de jour et les passereaux de nuit. Au cours du suivi réalisé en 2021, certaines espèces observées au sein ou aux abords du parc font partie de ces espèces susceptibles d'être impactées, par exemple le Faucon crécerelle, la Buse variable ou le Milan noir. La Buse variable, abondante localement, a été fortement concernée par les cas de collision. Les oiseaux locaux (Epervier, Tourterelle des bois, Bruant proyer, Moineau domestique) sont également impactés.

En revanche, les risques de collisions sont anecdotiques pour les passereaux migrateurs.

Les tableaux ci-dessous présentent le niveau d'impact avéré du parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay sur les oiseaux dont des cas de collision ont été relevés en 2021, par espèce puis par mois.

Statuts et enjeux des espèces d'oiseaux impactées en 2021 (méthode détaillée au chapitre 2) et niveaux d'impacts associés

	LRE	LRN nich	LRN migr	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
					Sensibilité à l'impact (Dürr, 2021)	Portée de l'impact	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce
Buse variable <i>Buteo buteo</i>	LC	LC	NA	LC	Moyenne (865 cas en Europe, dont 81 en France)	Forte 4 cadavres (E4, 09/04/21 ; E1, 30/04/21 ; E4, 05/05/21 ; E6, 18/06/21) [Migrateurs ou reproducteurs en cours d'installation]	Assez forte	Faible	Faible
Epervier d'Europe <i>Accipiter nisus</i>	LC	LC	NA	LC	Faible (72 en Europe, dont 13 en France)	Faible 1 cadavre (E2, 09/04/21) [Migrateur ou local mais encore non reproducteur]	Faible	Faible	Négligeable
Tourterelle des bois <i>Streptopelia turtur</i>	VU	VU	NA	LC	Faible (40 en Europe, dont 5 en France)	Faible 1 cadavre (E2, 09/07/21) [Reproducteur]	Faible	Faible	Négligeable
Martinet noir <i>Apus apus</i>	LC	NT	DD	LC	Faible (412 en Europe, dont 121 en France ¹⁸)	Faible 1 cadavre (E3, 24/07/21) [Migrateur]	Faible	Faible	Négligeable

¹⁸ Chiffres probablement très largement inférieurs à la réalité mais, comparativement à la taille de ses populations européennes, cela ne représente qu'une faible proportion des individus.

	LRE	LRN nich	LRN migr	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
					Sensibilité à l'impact (Dürr, 2021)	Portée de l'impact	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce
Bruant proyer <i>Emberiza calandra</i>	LC	LC	NA	NT	Faible (322 en Europe, dont 11 en France)	Faible 2 cadavres (E3, 23/04/21 et 18/06/21) [Migrateur possible et Reproducteur]	Faible	Faible	Négligeable
Moineau domestique <i>Passer domesticus</i>	LC	LC	NA	LC	Faible (106 en Europe, dont 14 en France)	Faible 1 cadavre (E3, 16/08/21) [Reproducteur]	Faible	Faible	Négligeable
Gobemouche noir <i>Ficedula hypoleuca</i>	LC	VU	DD	EN	Faible (81 en Europe, dont 24 en France)	Faible 1 cadavre (E6, 30/08/21) [Migrateur]	Faible	Faible	Négligeable
Rougegorge familial <i>Erithacus rubecula</i>	LC	LC	NA	LC	Faible (164 en Europe, dont 34 en France)	Faible 1 cadavre (E1, 11/10/21) [Migrateur probable]	Faible	Faible	Négligeable

A l'exception de la Tourterelle des bois, toutes ces espèces sont néanmoins protégées à l'échelle nationale en vertu de l'arrêté du 29 octobre 2009 (publié au J.O. du 5 décembre 2009) modifiant celui du 3 mai 2007, lui-même issu de l'arrêté du 17 avril 1981. Cette protection concerne les individus ainsi que les sites de reproduction et de repos des espèces.

Le tableau ci-dessous synthétise, à partir du tableau précédent, les niveaux d'impacts liés à la collision avec les pâles d'éoliennes pour chaque mois du suivi.

Evaluation du niveau d'impact par période de l'année

	Mortalité brute - 2021		Mortalité estimée avec GenEst - 2021		Niveau d'impact par mois
Avril	2 Buses variables	1 Épervier d'Europe	Bridage 0 : 28,7 oiseaux [IC 80 % : 14,5 - 46,6]	Période 1 : 57,1 oiseaux [IC 80 % : 30,6 - 87,9]	Faible
Mai	1 Buse variable				Faible
Juin	1 Buse variable	1 Bruant proyer			Faible
Juillet	1 Tourterelle des bois	1 Martinet noir	Bridage 1 : 36,7 oiseaux [IC 80 % : 2,0 - 56,2]		Négligeable
Août	1 Gobemouche noir		Bridage 2 : 14,5 oiseaux [IC 80 % : 1 - 37,5]	Période 2 :	Négligeable

	Mortalité brute - 2021	Mortalité estimée avec GenEst - 2021	Niveau d'impact par mois
Septembre		Bridage 3 : 11,4 oiseaux [IC 80 % : 2 - 23,6]	Négligeable
Octobre	1 Rougegorge familier		

6.2 CHAUVES-SOURIS

22 cadavres de chauves-souris ont été retrouvés au cours des 41 passages réalisés d'avril à octobre 2021. L'évaluation ci-dessous se base sur les résultats du suivi de la mortalité et du suivi acoustique à hauteur de nacelle. Les tableaux ci-dessous présentent le niveau d'impact par espèce puis par mois.

Statuts et enjeux des espèces de chauves-souris impactées en 2021 (méthode détaillée au chapitre 5) et niveaux d'impacts associés

	LRE	LRN	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
				Sensibilité à l'impact (maximum entre Dürr, mai 21 et Eurobats, juin 18)	Portée de l'impact	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC	NT	LC	Forte (2 437 en Europe, dont 1012 en France)	Moyenne 8 cadavres (E1, 11/06/21, 16/07/21 et 30/08/21 ; E2, 27/09/21 ; E3, 27/08/21 ; E4, 24/07/21, 20/08/21 et 23/08/21 ; E5, 2 le 30/08/21 ; E6, 23/08/21) Activité nacelle <u>Juin</u> : 3 nuits d'intense activité <u>Août</u> : 11 nuits d'activité exceptionnelle <u>Septembre</u> : 3 nuits d'intense activité et 6 nuits d'activité exceptionnelle [Locales]	Assez forte	Faible	Faible
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	LC	LC	LC	Forte (2 388 en Europe, dont 995 en France)	Faible 2 cadavres (E4, 16/07/21 ; E5, 23/08/21) Activité nacelle <u>Juin</u> : 2 nuits d'intense activité <u>Juillet</u> : 2 nuits d'intense activité <u>Août</u> : 15 nuits d'activité exceptionnelle <u>Septembre</u> : 12 nuits d'activité exceptionnelle [Locales]	Moyenne	Faible	Négligeable

¹⁹ Le niveau d'enjeu sur le site de la Noctule commune (individus locaux) a été réhaussé d'un cran en raison de la présence très probable de regroupements d'individus (mâles) ou d'une colonie de reproduction (avec une sortie tardive de jeunes suite à une mauvaise année) à proximité du parc : niveaux d'activité exceptionnels sur la 2^{ème} quinzaine d'août associée à une forte mortalité d'individus locaux.

	LRE	LRN	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
				Sensibilité à l'impact (maximum entre Dürr, mai 21 et Eurobats, juin 18)	Portée de l'impact	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	LC	NT	NT	Forte (1 627 en Europe, dont 276 en France)	Moyenne 1 cadavre (E2, 27/09/21) Activité nacelle <u>Août</u> : 2 nuits d'intense activité et 3 nuits d'activité exceptionnelle [Migratrice]	Assez forte	Moyen	Moyen
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	LC	VU	NT	Forte (1 565 en Europe, dont 104 en France)	Forte 8 cadavres (E2, 06/09/21 ; E3, 13/08/21 ; E4, 30/07/21 et 06/09/21 ; E6, 3 le 13/08/21 et 1 le 16/08/21) Activité nacelle <u>Juillet</u> : 6 nuits d'intense activité <u>Août</u> : 3 nuits d'intense activité et 18 nuits d'activité exceptionnelle <u>Septembre</u> : 5 nuits d'intense activité et 14 nuits d'activité exceptionnelle [En majorité locales]	Forte	Assez fort (individus locaux ¹⁹ et migrants)	Assez fort (individus locaux et migrants)
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	LC	NT	NT	Forte (721 en Europe, dont 153 en France)	Moyenne 1 cadavre (E2, 07/05/21) Activité nacelle <u>Août</u> : 5 nuits d'intense activité et 9 nuits d'activité exceptionnelle <u>Septembre</u> : 7 nuits d'intense activité et 11 nuits d'activité exceptionnelle [Indéterminé]	Forte	Moyen	Moyen

NB : La portée de l'impact présentée dans le tableau de synthèse est ici attribuable à l'impact sur les populations concernées. Pour les chauves-souris, les tailles de populations européennes ne sont pas connues et à l'échelle du parc, l'étude d'impact ne fournit pas ces éléments. Bien que la portée ne soit pas mesurable, elle est estimable dans l'état actuel de nos connaissances.

Toutes ces espèces sont par ailleurs protégées à l'échelle nationale en vertu de l'arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. Cette protection concerne les individus ainsi que les sites de reproduction et de repos des espèces.



Les tableaux ci-dessous détaillent les risques de collision pour chaque mois du suivi.

Évaluation du niveau d'impact par période de l'année

	Activité à hauteur de nacelle - 2021	Mortalité brute - 2021	Mortalité estimée avec GenEst par sous-périodes (algorithme de bridage en place différents) et périodes - 2021	Niveau d'impact
Avril	Activité faible (< 50 contacts par mois),	RAS	Bridage 0 : 8,3 chiroptères [IC 80 % : 2 - 16,7]	Faible
Mai	Activité faible (< 60 contacts par mois), très faible activité de Noctule de Leisler	1 Noctule de Leisler		Faible
Juin	Activité élevée dominée par les Pipistrelles communes et les Noctules de Leisler (moyenne de 10,5 contacts/nuit) avec 2 pics (à plus de 50 contacts/nuit), 7 nuits avec Q>75%	1 Pipistrelle commune		Période 1 : 21,2 chiroptères [IC 80 % : 10,9 – 32,4]
Juillet	Activité très élevée avec une moyenne de 16,4 contacts/nuit et 2 pics. 10 nuits avec Q>75%. Plusieurs centaines de contacts de Noctules communes. Activité des Pipistrelles communes assez faible (1 nuit Q>75%). Activité des Pipistrelles de Kuhl moyenne (2 nuits Q>75%)	2 Pipistrelles communes 1 Pipistrelle de Kuhl 1 Noctule commune	Bridage 1 : 12,5 chiroptères [IC 80 % : 5,9 – 20,6]	Fort
Août	Activité exceptionnelle avec plus de 6000 contacts de Noctules communes, et 22 nuits avec Q>75%, 2 pics de plus de 1450 contacts/nuit, moyenne de 271,6 contacts/nuit dont 230 contacts/ nuit d'espèces migratrices de haut vol. Forte activité des Pipistrelles de Kuhl (avec 15 nuits Q>95%). Forte activité des Pipistrelles communes (avec 11 nuits Q>95%)	7 Pipistrelles communes 1 Pipistrelle de Kuhl 5 Noctules communes	Bridage 2 : 108,5 chiroptères [IC 80 % : 63,8 - 178]	Très Fort
Septembre	Activité très élevée avec 24 nuits Q>75% (toutes espèces). 1779 contacts de noctules. Activité des Pipistrelles de Nathusius très faible.	1 Pipistrelle de Nathusius 2 Noctules communes	Bridage 3 : 62,8 chiroptères [IC 80 % : 31,9 - 104,7]	Très fort
Octobre	Activité modérée (<90 contacts par mois), 2 nuits avec >Q75%	RAS		Faible
Novembre	Activité très faible (<10 contacts/nuit)	Pas de suivi		Négligeable

Pour rappel, un bridage évolutif a été mis en place au cours du suivi 2021. Ce bridage a eu une influence variable sur la mortalité estimée (colonne « Mortalité estimée par sous-période » dans le tableau ci-dessus). Toutefois, **le niveau d'impact reste inchangé** pour les raisons suivantes :

- entre avril et juin, le bridage n'était pas encore mis en place ;
- en juillet, le bridage a eu une faible influence et le niveau d'impact est resté fort ;
- en août et septembre, le bridage a eu une influence positive mais malgré celui-ci, le niveau d'impact reste très fort (« très fort » étant le niveau maximum possible selon la grille d'évaluation utilisée par Ecosphère) ;
- en octobre, l'activité était modérée et le bridage n'a eu qu'une influence limitée malgré une absence de mortalité brute.

Note importante : Toutes ces données recueillies sur une seule année ne permettent pas de prévoir les activités futures (variations interannuelles) mais seulement d'évaluer a priori les conditions du risque de collision/barotraumatisme. Cependant, deux récentes études britanniques (Richardson et al. 2021, Mathews et al, 2021) ont montré que, bien qu'on ne puisse pas traduire directement par corrélation l'activité en nombre de cadavres, la proportion des groupes d'espèces est généralement conservée entre les activités enregistrées à hauteur de nacelle et les nombres de cadavres trouvés au sol.

En conclusion, un niveau d'impact pour chacune des espèces impactées constaté par la mortalité en 2021 (et, en complément, par l'activité à hauteur de nacelle pour les chauves-souris) sur le parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay a été défini à partir du croisement entre l'intensité de l'impact et l'enjeu de conservation des espèces. **Ce niveau d'impact est de niveau faible à négligeable pour les oiseaux et de niveau négligeable à assez fort pour les chauves-souris (assez fort pour la Noctule commune, moyen pour la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius, faible à négligeable pour les autres espèces).**

Le risque de collision qui en découle est, pour les oiseaux, de niveau faible à négligeable sur l'ensemble de la période suivie en 2021.

Pour les chauves-souris, il est négligeable en novembre, faible en avril, mai et octobre, **moyen en juin, fort en juillet et très fort en août et septembre.**

Afin de réduire cet impact avéré, des mesures sont ainsi définies au chapitre suivant.



7. MESURES DE REDUCTION DES RISQUES DE COLLISION

Pour rappel, l'article L110-1 (principes généraux du Code de l'Environnement) définit que :

- Le principe de précaution et ses incertitudes ne doivent pas empêcher la mise en place de mesures proportionnées à un coût économiquement acceptable ;
- Le principe d'action préventive et de correction à la source des atteintes à l'environnement prévoit l'utilisation des meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable et la mise en place de mesures Éviter-Réduire-Compenser (ERC).

7.1 PROTECTION DES CHAUVES-SOURIS FREQUENTANT LE PARC PAR UN BRIDAGE NOCTURNE DIFFERENCIE

7.1.1 PRINCIPE GENERAL

Le moyen technique le plus communément utilisé par les exploitants pour brider les éoliennes est la **mise en drapeau des pales (« blade feathering »)** : les pales peuvent pivoter sur leur axe de rotation pour ne plus avoir de prise au vent (90°) et ainsi s'arrêter en moins d'une minute en général. **Le bridage a pour objectif de réduire les risques de collision, tout en maintenant l'éolienne active, en augmentant le seuil de vent (« cut-in speed ») à partir duquel elle commence à produire.**

L'unité élémentaire retenue est 0,5 m/s de vitesse moyenne sur 10 min, car cela suffit pour avoir un impact notable sur la production sur une période de plusieurs mois.

Dans le tableau ci-dessous est indiqué le pourcentage d'activité globale enregistrée lors des suivis acoustiques qui serait à protéger par le bridage selon les niveaux d'impact évalués par mois.

Proportions d'activité globale à protéger en fonction du niveau d'impact avéré ou risque d'impact déclinées par mois et éolienne

	Négligeable	Faible	Moyen	Assez fort	Fort	Très fort
Proportion de l'activité globale à protéger (toutes espèces confondues)	NA	50-70	70-80	80-90	90-95	95-100

7.1.2 RENFORCEMENT DE L'ALGORITHME DE BRIDAGE NOCTURNE PRECONISE

Les résultats fournis par le suivi acoustique à hauteur de nacelle permettent de voir que, même avec les différents bridages mis en place au cours de l'année 2021 à partir de juillet, **les niveaux d'impact sont toujours :**

- forts à très forts en juillet, août et septembre** (malgré respectivement 64%, 80% et 69% de contacts protégés) ;
- moyen en juin** (pas de bridage) ;
- faibles en avril, mai** (pas de bridage) et **octobre** (malgré 24% des contacts protégés en octobre).

Le tableau ci-dessous récapitule, pour chaque mois, d'une part les paramètres des différents bridages établis durant l'année 2021, et d'autre part les paramètres mensuels de la proposition de bridage validée à appliquer dès l'année 2022.

Rappel des préconisations de bridage pour réduire les risques de collision des chiroptères au cours du suivi 2021, en incluant la température à hauteur de nacelle et la durée du bridage à la suite de l'heure du coucher du soleil (HACS)

(gris : faible ; jaune = moyen ; rouge = fort ; marron = très fort)

	Bridage en cours (2021)	Bridage à appliquer
Avril	Aucun bridage	4 m/s 8°C 9h30 après le coucher du soleil Protection estimée : 60%, dont 66% de sérotules (soit 25 contacts, dont 25 sérotules)
Mai	Aucun bridage	4,5 m/s 8°C 8h30 après le coucher du soleil Protection estimée : 56%, dont 44% de sérotules (soit 24 contacts, dont 15 sérotules)
Juin	Aucun bridage	3 m/s - Nuit complète (entre 8h et 8h30 après le coucher du soleil) Protection estimée : 76%, dont 81% de sérotules (soit 246 contacts, dont 139 sérotules)
Juillet	4 m/s 10°C 6h30 après le coucher du soleil Protection estimée : 64%	5,5 m/s 15°C Nuit complète (entre 8h et 9h après le coucher du soleil) Protection estimée : 91%, dont 90% de sérotules (soit 462 contacts, dont 408 sérotules)
Août	5 m/s 15°C 4h30 après le coucher du soleil + 3h avant le lever du soleil Protection estimée : 80%	6 m/s 12°C Nuit complète (entre 9h et 10h30 après le coucher du soleil) Protection estimée : 98%, dont 98% de sérotules (soit 8220 contacts, dont 6958 sérotules)
Septembre	6 m/s 15°C 4h30 après le coucher du soleil + 3h avant le lever du soleil Protection estimée : 69%	6,5 m/s 12°C Nuit complète (entre 10h30 et 12h30 après le coucher du soleil) Protection estimée : 96%, dont 95% de sérotules (soit 2302 contacts, dont 1732 sérotules)
Octobre	6 m/s 15°C 4h30 après le coucher du soleil + 3h avant le lever du soleil Protection estimée : 24%	5 m/s 10°C 12h30 après le coucher du soleil Protection estimée : 57%, dont 30% de sérotules (soit 48 contacts, dont 14 sérotules)

7.1.3 PROPORTION DE L'ACTIVITE PROTEGEE PAR MOIS SELON LA VITESSE MOYENNE DE VENT EN DESSOUS DE LAQUELLE L'EOLIENNE EST BRIDEE

Sur la base des valeurs retenues dans les tableaux précédents, le tableau en annexe 7 présente les différentes options de bridage nocturne étudiées afin d'être en adéquation avec la mortalité et les résultats du suivi acoustique en hauteur de 2021 en vue d'une application à partir de 2022. Les options choisies en définitif sont mises en évidence par les lignes jaunes. **Elles sont logiquement identiques à celles de la colonne « Bridage à appliquer » du tableau précédent, qui est l'option retenue.**

Pour mémoire, le déclenchement du bridage est conditionné à la validité des trois paramètres simultanément. Si un seul des trois n'est pas satisfait (vent supérieur au seuil, ou température inférieure au seuil, ou encore heure en dehors de la plage horaire), alors l'éolienne n'est pas bridée et continue donc de fonctionner normalement.

En cas de précipitations continues dans le temps pour une durée supérieure à 10 min et marquées en intensité (>5 mm/h soit 0,83 mm sur 10 min en moyenne), les mesures de bridage pourraient être levées quels que soient les autres paramètres étant donné que les chauves-souris sont généralement très peu actives dans ces conditions.

De plus, un bridage nocturne sera aussi bénéfique, indirectement, aux oiseaux migrant de nuit, même si ce groupe n'est pas le plus touché sur le parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay en 2021.

7.2 CONTROLE DE L'ECLAIRAGE NOCTURNE

Chaque éolienne est équipée d'une lampe halogène au niveau de sa porte d'accès, laquelle se déclenche grâce à un détecteur de mouvement pour permettre la montée des escaliers en sécurité de nuit.

Le système de déclenchement par détection de mouvement sera désactivé dès le printemps 2022 et pour toute l'année. En effet, les pipistrelles sont connues pour chasser les insectes volants se réunissant autour des halos lumineux, d'où des risques de collisions et de mortalité augmentés. D'autres espèces au contraire sont davantage lucifuges et évitent les points lumineux (murins, Barbastelle, oreillards...), ce qui crée un dérangement de ces espèces avec un risque de désertion de la zone.

7.3 GESTION DES HABITATS AUTOUR DES EOLIENNES

Compte tenu du contexte prairial et bocager, il n'est pas possible de rendre les abords des éoliennes défavorables à la faune volante. Toutefois, **afin d'améliorer les capacités de recherche autour des éoliennes lors du prochain suivi post-implantation, l'entretien des zones herbacées autour des plateformes déjà en place, devra être renforcé en juin, au moment de la pousse de la végétation.** En effet, c'est entre la mi-juin et la mi-juillet où la visibilité est devenue mauvaise sur toutes ces surfaces en 2021. Cela permettra d'augmenter la surface de prospection de 5 à 10 % selon les éoliennes, et ainsi réduire les biais d'estimations de la mortalité qui lui sont liés.



Surface enherbée à visibilité faible au pied de l'éolienne E2 (M. Acqueberge, Ecosphère)

8. SUIVI DE L'EFFICACITE DES MESURES

L'arrêté ministériel du 22 juin 2020 relatif à la notion ICPE-éolien, prévoit dorénavant que **le suivi environnemental soit 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**. L'arrêté d'autorisation d'exploitation du parc va également dans ce sens.

Ainsi sur le parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay, **nous estimons qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives préconisées dans la présente étude par un second suivi de mortalité et d'écoute à hauteur de nacelle d'intensité égale en 2022** étant donné :

- la mise en place d'un bridage évolutif en cours de suivi rendant l'analyse complexe sur cette première année (l'objectif prioritaire étant de protéger un maximum d'individus de la collision) ;
- la définition et l'application d'un bridage fin pour l'année 2022, dont il convient de vérifier l'efficacité.

Pour le second suivi en nacelle, il conviendrait néanmoins de sélectionner une éolienne située au centre du parc. L'éolienne suivie en 2021, E1, est excentrée et peut ne pas être totalement représentative de l'ensemble de l'alignement. Il faut par ailleurs noter qu'il s'agit de l'éolienne avec le moins de mortalité en 2021. Le suivi supplémentaire d'une éolienne (E1 idéalement, éventuellement E3 ou E4) constituerait une base comparative d'analyse intéressante.

Ce suivi permettra par ailleurs de confirmer le niveau d'impact avéré de niveau faible à négligeable défini en 2021 sur des rapaces diurnes et qui pourrait évoluer selon les années. Pour rappel, ces espèces ne seront pas protégés par le bridage nocturne préconisée dans cette étude.

9. MESURE D'ACCOMPAGNEMENT

La Noctule commune a été fortement impactée par le parc lors de la période du suivi de 2021, avec 8 individus (5 mâles et 3 non sexés). L'impact constaté a eu lieu entre fin juillet et mi-septembre. Parmi ces individus, une part importante concerne des individus locaux.

La connaissance de l'écologie et des phénomènes de déplacements migratoires sont mal connus chez la Noctule commune. La plupart des femelles migre dès le printemps afin de se reproduire dans le nord et l'est de l'Europe, mais des colonies de reproduction sont connues en France, et tout particulièrement en région Centre-Val de Loire. Elle s'installe sur les sites de mise-bas dès la mi-mai et celle-ci se fait à partir de la mi-juin. Vers la mi-août, les femelles non sédentaires et leurs jeunes émancipés reviennent de migration pour rejoindre les mâles. Les mâles semblent moins mobiles et estivent en solitaire ou en petits groupes.

La présence de regroupements de mâles et/ou d'une colonie de reproduction à proximité du parc éolien est fortement probable. **Afin d'améliorer les connaissances sur l'espèce et tout particulièrement au niveau local, il apparaît intéressant d'effectuer une recherche de gîte.**

Cette espèce gîte principalement au sein de cavités arboricoles naturelles creusées par les champignons, les oiseaux ou encore les aléas climatiques. Elle privilégie les cavités hautes (entre 10 et 20m) et les feuillus de plus de 50 cm de diamètre (surtout en hiver pour une meilleure isolation thermique). Dans le contexte bocager du parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay, de nombreux arbres sont favorables à cette espèce et la recherche de colonie peut être complexe. Aussi, une équipe de plusieurs personnes devra être mobilisée afin de profiter de la courte période en début et en fin de nuit où les chauves-souris sont visibles et où les observateurs peuvent les voir sortir des arbres. En amont, une recherche et une sélection des arbres les plus favorables et présentant des indices de présence sera effectuée dans un rayon de 1 km autour du parc.





10. BIBLIOGRAPHIE

2018. Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres. Révision 2018.

Ahlen et al. 2007. Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia. Report 5571, July 2007. Swedish Environmental Protection Agency. Bromma, Sweden. 37 p.

Ahlen I. 2003. Windturbines and Bats – A pilot study. Sveriges Lantbruk universitet / Department of conservation biology.

Albouy S. 2010. Suivis de l'impact éolien sur l'avifaune et les chiroptères exemples de parcs audois (11). Présentation lors du colloque éolien à Reims les 15, 16 et 17 septembre 2010. ADEME, MEEDDM, SER/FEE, LPO. 31 p.

Albouy S., Clement D., Jonard A., Masse P., Pages J-M. & Neau P. 1997. Suivi ornithologique du parc Éolien de Port-la Nouvelle : Rapport final. Abiès, Géokos consultants, LPO Aude, novembre 1997. 66 p.

Albouy S., Dubois Y. & Picq H. 2001. Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue Haute (AUDE). Abiès, LPO Aude, octobre 2001. 55 p.

Alcade J.T. 2003. Impacto de los parques eólicos sobre las poblaciones de murciélagos – Barbastela 2 : 3-6.

Altringham J.D. 1996. Bats: biology and behaviour. Oxford University Press, Inc., New York, 262 p.

Archaux F. 2008. Méthodes de suivi au détecteur des chiroptères en forêt - Complément Action Chiroptères menée en 2007 : Combien de visites et quelle durée d'écoute pour évaluer la diversité spécifique ? Nogent-sur-Vernisson: Unité de recherche Écosystème Forestiers.

Arnet E. 2005. Relationships between Bats and Wind Turbines in Pennsylvania and West Virginia : An Assessment of Fatality Search Protocols, Patterns of Fatality, and Behavioral Interactions with Wind Turbines. Final report prepared for the Bats and Wind Energy Cooperative. 187p.

Arnett E., Johnson G.D., Erickson W.P. & Hein C.D. 2013. A synthesis of operational mitigation studies to reduce bat fatalities at wind energy facilities in North America. A report submitted to the National Renewable Energy Laboratory. The National Renewable Energy Laboratory. Austin, Texas, USA : Bat Conservation International, 2013. 38 p.

Arnett E., Baerwald E. F., Mathews F., Rodrigues L., Rodriguez-Duran A., Rydell J., Villegas-Patracca R. & Voigt C. C. 2016. Impacts of wind energy development on bats: a global perspective. In Bats in the Anthropocene: conservation of bats in a changing world (C. C. Voigt and T. Kingston, eds.). Springer-Verlag, Berlin.

Arnett E., Huso M., Hayes J.P. & Schirmacher M. 2010. Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Austin, Texas, USA : Bat Conservation International, 2010. 58 p.

Arnett E., 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, 44p.

Arthur L. & Lemaire M. 2015. Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Collection Parthénope, éditions Biotopie, Mèze. MNHN, Paris, 2^{ème} éd. 544 p.

Aulagnier S., Haffner P., Mitchell-Jones A. J., Moutou F. & Zima J. 2008. Guide des mammifères d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. Delachaux & Niestlé, Paris, 272 p.

Avel pen Ar Bed. 2000. Avifaune et projets éoliens, approche bibliographique. ADEME.

Azam C., Kerbiriou C., Vernet A., Julien J-F., Bas Y., Plichard L. & Le Viol I. 2015. Is part-night lighting an effective measure to limit the impacts of artificial lighting on bats ? Global change biology, 21 (12). 4333-4341.

Azam C., Le Viol I., Julien J-F., Bas Y. & Kerbiriou C. 2016. Disentangling the relative effect of light pollution, impervious surfaces and intensive agriculture on bat activity with a national scale monitoring program. Landscape Ecology, 31 (10). 2471-2483.

Bach L. 2001. Fledermause und Windenergienutzung, reale Probleme oder Einbildung ? Vogelkdl. Ber. Niedersachs. 33 : 19-124.

Bach L., Bach P. & Niermann I. 2011. Impact of wind speed on the activity of bats. In: NINA Report 693 Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2-5 May 2011, Trondheim, Norway, 2011. p. 59.

Bach L., Bach P. & Tillmann M. 2011. What does bat activity inside the forest tell us about the activity above the canopy? A method for sensing bat activity at proposed wind plans in forest. 1p.

Bach L., Bach P., Tillmann M. & Zucchi H. 2012. Fledermausaktivität in verschiedenen Straten eines Buchenwaldes in Nordwestdeutschland und Konsequenzen für Windenergieplanungen. 2012, 128, pp. 148-157.

Baerwald E-F., D'Amours G-H., Klug B-J. & Barclay R.M.R. 2008. Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. Current Biology 18(16) : 695-696.

Barataud M. 1994. Étude de l'activité nocturne de 18 espèces de Chiroptères. Mémoires des Sciences Naturelles et Archéologiques de la Creuse, tome 44-45.

Barataud M. 2015. Écologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse. Biotopie, Mèze; MNHN, Paris, 344 p.

Barataud M., Barataud J., Giosa S., Jemin J., Vittier J. & Besnard A. 2017. Suivi temporel acoustique des chiroptères forestiers du Limousin (2014-2016). Plume de naturalistes n°1 (déc. 2017). 42-66p.

Barclay R., 2013. It is Time to Stop Counting Bat Fatalities per Wind Turbine. In: Abstracts 16th International Bat Research Conference & 43rd North American Symposium on bat Research. San Jose, Costa Rica, 11 au 15 août 2013. p.16

Barré K., 2017. Mesurer et compenser l'impact de l'éolien sur la biodiversité en milieu agricole. Thèse sous la direction de Romain Julliard et de Christian Kerbiriou et de Isabelle Le Viol. Museum national d'histoire naturelle - MNHN PARIS, 2017. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01714548>

Barrios L. & Rodriguez A. 2004. Behavioral and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines. Journal of Applied Ecology 41, 72-81.

Bastos R., Santos M. & Cabrai J.A. 2013. A new stochastic dynamic tool to improve the accuracy of mortality estimates for bats killed at wind farms. Ecological Indicators, 34: 428-440. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.06.003>

Behr O, Brinkmann R, Niermann I, Korner-Nievergelt F. 2011. Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. In BRINKMANN R, BEHR O, NIERMANN I, Reich Michael (eds.), 2011. Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Umwelt und Raum, Cuvillier Verlag, Göttingen, Bd. 4: 177–286.

Behr O., Eder D., Marckmann U., Mette-Christ H., Reisinger N., Runkel V. & Von Helversen O. 2007. Akustisches Monitoring im Rotorbereich von Windenergieanlagen und methodische Probleme beim Nachweis von Schlagopfern – Ergebnisse aus Untersuchungen im mittleren und südlichen Schwarzwald. Nyctalus (N.F.) 12 (2/3): 115-127

Bergen F. 2001. Windkraftanlagen und Frühjahrsdurchzug des Kiebitz (Vanellus vanellus): eine Vorher-Nachher-Studie an einem traditionellen Rastplatz in Nordrhein-Westfalendans Windenergie und vogel : Ausmass und bewältigung eines konfliktes, TUB, 2001.

Bernardino J. & al. 2011. Attesting bird displacement in Portuguese wind farms. Poster in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.

Bernardino J. & al. 2011. Enhancing Carcass Removal Trials at Three Wind Energy Facilities in Portugal. Portuguese Wildlife Society. In: Wildlife Biologie Practice, 2011 Décembre 7(2): 1-14.

Bernardino J., Bispo R., Costa H. & Mascarenhas M. 2013. Estimating bird and bat fatality at wind farms: a practical overview of estimators, their assumptions and limitations. New Zealand Journal of Zoology 41(1) : 63-74.

Besnard A. 2017. L'estimation des mortalités : éléments clés pour leur réalisation... et leur bon usage. Présentation Séminaire Éolien et biodiversité 21 et 22 novembre 2017. Bordeaux. 40p.

Beucher Y., Kelm V., Albespy F., Geyelin M., Nazon L. & Pick D. 2013. Parc éolien de Castelnaud-Pégayrols (12). Suivi pluriannuel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campagnes des 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} années d'exploitation (2009-2011). EXEN & KJM Conseil Environnement, 111 p.

Bevanger K. & al. 2010. Pre- and post-construction studies of conflicts between birds and wind turbines in coastal Norway (Bird-Wind). Report on findings 2007-2010. NINA Report 620.

BirdLife International. 2015. Detailed regional assessment and species account from the European Red List of Birds. [on line : <http://www.birdlife.org/datazone/species/>]

BirdLife International. 2015. European Red List of Birds. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities.

BirdLife International. 2021. European Red List of Birds. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Bispo R. & al. 2011. A web based application to estimate wildlife fatality: from the bias correction factors to the corrected fatality estimates. In: NINA Report 693 Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2-5 May 2011, Trondheim, Norway, 2011. p. 13

Borner L., Duriez O., Besnard A., Robert A., Carrere V. & Jiguet F. 2017. Bird collision with power lines: estimating carcass persistence and detection associated with ground search surveys. Ecosphere 8(11):e01966. 10.1002/ecs2.1966

Bouchard C. 2003. Le développement de l'énergie éolienne représente-t-il une réelle menace pour l'avifaune ? ENSAT. WWF-France

Bougey K. L., Lake I. R., Haysom K. A. & Dolman P. M. 2011. Improving the biodiversity benefits of hedgerows: How physical characteristics and the proximity of foraging habitat affect the use of linear features by bats. Biological Conservation 144 : 1790-1798.

Briggs B. 1996. Birds and wind turbine: The Royal society for the protection of Birds policy and practice. In: Birds and wind turbines: can they co-exist? 10p. Institute of Terrestrial Ecology, Huntingdon

Brinkman R. & Schauer-Weissahn H. 2002. Welche Auswirkungen haben Windenergieanlagen auf Fledermäuse? Der Flattermann 14(2): 31-32

Brinkman R., Schauer-Weissahn H. & Bontadina F. 2006. Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk. Rapport pour le Conseil gouvernemental de Fribourg à la demande du Fonds pour la protection de la nature du Bade-Wurtemberg 66 p.

Brinkmann R. & al. 2011. Zusammenfassung der praxisrelevanten Ergebnisse und offene Fragen. In: Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisions-risikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergie-anlagen. Cuvillier Verlag, Göttingen 2011, p. 425-453.

Brown R., Ferguson J., Lawrence M., Lees D. & Cuisin M. 1989. Reconnaître les plumes, les traces et les indices des oiseaux. Bordas, Paris, 232 p.

Bruderer B., Peter D. & Korner-Nievergelt F. J. 2018. Vertical distribution of bird migration between the Baltic Sea and the Sahara. Ornithol. <https://doi.org/10.1007/s10336-017-1506-z>

Cade T.J. 1994. Industry research : kenetech windpower. In : proceeding of the national avian-wind power planning meeting, Denver, Colorado, july 1994. 179 p.

Camina A. 2011. The effect of wind farms on vultures in Northern Spain : fatalities, behaviour and correction measures. Power point presented in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.

Camina A. 2012. Bat fatalities at wind farms in northern Spain — lessons to be learned. In: Acta Chiropterologica, Volume 14, Number 1, June 2012 , pp. 205-212(8) Museum and Institute of Zoology, Polish Academy of Sciences.

Carl G., Thelander C.G. & Rugges D.L. 2001. Examining relationships between bird risk behaviours and fatalities at the altamont wind resource area : a second year's progress report. In : proceeding of the national avian-wind power planning meeting, Carmel, California : 5-14.

Carrette M. & al. 2009. Large scale risk-assessment of wind-farms on population viability of a globally endangered long-lived raptor. Biological Conservation, 8 p.

Centre Ornithologique Rhones Alpes (CORA) Faune Sauvage (Groupe chiroptères). 2011. Gestion forestière et préservation des chauves-souris. CRPF. [En ligne] Décembre 2011. [Citation : 2 mars 2016.] 32 p.. http://www.crfp.fr/new/telechargement%20dossiers/CTChiro_forestiers.pdf. ISBN 2-908010-80-1.

Collins J. & Jones G. 2009. Differences in bat activity in relation to bat detector height: implications for bat surveys at proposed windfarm sites. Acta Chiropterologica 11 : 343-350.

Conduche N. & al. 2012. Suivis des impacts sur les chiroptères d'un parc éolien dans l'Aisne (02). Écosphère/Écothème, Saint-Maur-des-Fossés, France. 42p., en cours

Conseil des Communautés européennes - 2009 - Directive 2009/147/CE du 30 novembre 2009 concernant la conservation des Oiseaux sauvages (Directive "Oiseaux"). Journal Officiel des Communautés européennes du 26 janvier 2010.

Cordeiro A., Bernardino J., Mascarenhas M. & Costa H. 2011. Impacts on Common Kestrels (Falco tinnunculus) populations: the case study off two Portuguese wind farms. Poster in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.

Cornut J. & Vincent S. 2010. Suivi de la mortalité des chiroptères sur 2 parcs éoliens du sud de Rhône-Alpes. LPO Drôme. 32 p. http://www.sfepm.org/pdf/Rapport_suivieolien2010_RhoneAlpes.pdf

Cosson M. & Dulac P. 2005. Suivi évaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. LPO, Rochefort, 91 p.

Cramp S. & al. (eds.). 1977-1994. Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa: The Birds of the Western Palearctic, 9 volumes. Oxford University Press, Oxford.

Cryan P.M., Gorresen P. M., Hein C.D., Schirmacher M.R., Diehl R.H., Huso M.M., Hayman D.T.S., Fricker P.D., Bonacorson F.J., Johnson D.H., Heist K. & Dalton D.C. 2014. Behavior of bats at wind turbines. PNAS, 2014, Vol. 111, 42, pp. 15126–15131. doi: 10.1073/pnas.1406672111.

Dalthorp D., Huso M. & Dail D. 2017. Evidence of absence (v 2.0) software user guide: U.S. geological Survey Data Series 1055, 109p. <https://doi.org/10.3133/ds1055>

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>.

Day J., Baker J., Schofiels H., Mathews F. & Gaston K.J. 2015. Part-night lighting : implications for bat conservation. Animal Conservation, 18 (6). 512-516.

Delucas M., Janss G. & Ferrer M. 2004. The effects of a wind farm on birds in a migration point : the Strait of Gibraltar. Biodiversity and Conservation 13: 395–407.

Delucas M., Janss G., Whitfield D.P. & Ferrer M. 2008. Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance. Journal of Applied Ecology 45 (6) : 1695-1703.

Demongin L. 2015. Guide d'identification des oiseaux en main. Les 250 espèces les plus baguées en France. Beauregard-Vendon.

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

Dietz C. & Von Helversen O. 2004. Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe.

Dietz C., Von Helversen O. & Nill D. 2009. L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord. Delachaux & Niestlé, Paris, 400 p.

DODELIN B. 2002. Identification des chiroptères de France à partir de restes osseux. Fédération Française de Spéléologie. 48 p

Dolmans M. 2012. Coexistence Milan royal et parc éolien. Pour une compréhension ouverte d'un problème complexe. Actes du séminaire citoyen Lucéole, 14 janvier 2012, Tintigny. Édition Lucéole, 47 p.

Dubois Ph.-J., Le Marechal P., Oliosio G. & Yesou P. 2008. Nouvel inventaire des oiseaux de France. Delachaux et Niestlé, Paris, 558 p.

Dubourg-Savage M.-J. 2004. Impacts des éoliennes sur les Chiroptères, de l'hypothèse à la réalité. Arvicola, 16 (2) : 44-48.

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

Dürr T. 2002. Éoliennes et Chauves-souris. Nyctalus, n°8 2002, cahier 2, p 115-118.

Dürr T. 2003. Windenergieanlagen und Fledermausschutz in Brandenburg – Erfahrungen aus Brandenburg mit Einblick in die bundesweite Fundkartei von Windkrafttopfern. In: Fachtagung, Kommen Vögel und Fledermäuse unter die (Wind)räder ? Dresden, 17-18 nov. 2003.

Dürr T. 2005. Actes du séminaire éoliennes, avifaune, chiroptères : quels enjeux ?

Dürr T. 2021. Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. NABU. Mise à jour du document : mai 2021.

Dürr T. 2021. Vogelverluste an Windenergieanlagen / bird fatalities at windturbines in Europe. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. NABU. Mise à jour du document : mai 2021.

Ecosphère. 2013. Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions. Rapport de stage de L. Jung et document interne actualisé.

Ecosphère. 2021. Liste des Mammifères de la région Centre-Val de Loire et statut de rareté. Document interne actualisé.

Ecosphère. 2021. Liste des Oiseaux nicheurs de la région Centre-Val de Loire et statut de rareté. Document interne actualisé.

Edkins M. 2008. Impacts of wind energy development on birds and bats: looking into the problem. FPL Energy, Juno Beach, Floride, 44 p.

El Ghazi A. & Franchimont J. 2001. Évaluation de l'impact du parc éolien d'Al Kouda Al Baida (Péninsule Tingitane, Maroc) sur l'avifaune migratrice post-nuptiale. Compagnie Éolienne du Détroit (CED), Groupe Ornithologique du Maroc (Faculté des Sciences de Meknès), 33 p. + annexes

Erickson W. & al. 2001. Avian collisions with wind turbines: a summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collisions mortality in the United States. Resource Document, National Wind Coordinating Committee, Washington.

Erickson W., Jeffrey J., Kronner K. & Bay K. 2004. Stateline wind project wildlife monitoring final report, July 2001 December 2003. Technical report peer-reviewed by and submitted to FPL Energy, Oregon Energy Facility Siting Council and Stateline Technical Advisory Committee. 98 p.

Erickson W., M.D. Strickland, G.D. Johnson & Kern J.W. 2000. Examples of statistical methods to assess risk of impacts to birds from wind plants. Proceedings of the National Avian-Wind Power Planning Meeting III. National Wind Coordinating Committee, c/o RESOLVE, Inc., Washington, D.C.

Everaert J. & Stienen E-W-M. 2007. Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium). Biodiversity and Conservation 16 : 3345-3359.

Everaert J. 2010. Wind turbines and birds in flanders: preliminary study results and recommendations. Natuur.Oriolus 69(4) : 145-155.

Everaert J., Devos K. & Kuijken E. 2002. I Windturbines en vogels in Vlaanderen: Voorlopige onderzoeksresultaten en buitenlandse bevindingen. Instituut voor Natuurbehoud, Rapport 2002.3. 76 p.

EXEN. 2014. Projet éolien de Labruguière, Cuxac-Cabardès et Les Martyrs. Expertises écologiques de l'étude d'impact sur l'environnement. Les services de l'État dans l'Aude (www.aude.gouv.fr). 75 p.

Farfan M. A., Vargas J. M., Duarte J. & Real R. 2009. What is the impact of wind farms on birds? A case study in southern Spain. *Biodiversity and Conservation* 18: 3743-3758.

Forest J., Hommel C. & Craib J. 2011. Flight activity & breeding success of Hen Harrier at Paul's Hill Wind Farm in North East Scotland. Poster in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.

Fraigneau C. 2014. Reconnaître facilement les plumes, Delachaux & Niestlé.

Fraigneau C. 2017. Identifier les plumes des oiseaux d'Europe occidentale. Delachaux & Niestlé, Paris. 400 p.

Gaillard M. 2010. Définition et cartographie des enjeux avifaunistiques et chiroptérologiques vis-à-vis des éoliennes en Lorraine. Neomys/COL/Cpepsc Lorraine, rapport pour la DREAL Lorraine, 60 p. + annexes.

Gipe P. 1995. Wind Energy Comes of Age (chapitre 9: Impact on Flora and Fauna). John Wiley & Sons, 536 p.

Godineau F. & Pain D. 2007. Plan de restauration des chiroptères en France métropolitaine, 2008 - 2012. Société Française pour l'Etude et la protection des mammifères, Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables. 79 p + 18 p annexes.

Grajetski B., Hofmann M. & Nehls G. 2009. Greifvögel und Windkraft : Teilprojekt Wiesenweihe, Telemetrische Untersuchungen. Bio Consult SH. 24 p (ppt).

Graner A., Lindberg N. & Bernhold A. 2011. Migrating birds and the effect of an onshore wind farm. Poster in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.

GRÜNKORN, T., A. DIEDERICHS, B. STAHL, D. DÖRTE & G. NEHLS. 2005. Entwicklung einer Methode zur Abschätzung des Kollisions-risikos von Vögeln an Windenergieanlagen. Rapport inédit pour Landes-amt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein, 92 pp

Grünkorn, T., Blew, J., Coppack, O., Krüger, O., Nehls, G., Potiek, A., Reichenbach, M., von Rönn, J., Timmermann, H., & Weitekam, S. 2016. Ermittlung der Kollisionsraten von (Greif)Vögeln und Schaffung planungsbezogener Grundlagen für die Prognose und Bewertung des Kollisionsrisikos durch Windenergieanlagen (PROGRESS). Schlussbericht zum durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des 6. Energieforschungsprogrammes der Bundesregierung geförderten Verbundvorhaben PROGRESS, FKZ 0325300A-D.

Grünkorn, T., Blew, J., Krüger, O., Potiek, A., Reichenbach, M., von Rönn, J., Timmermann, H., Weitekam, S. & Nehls, G. 2017. A large-scale, multispecies assessment of avian mortality rates at land-based wind turbines in Northern Germany. In: Köppel, J. (ed.) Wind Energy and Wildlife Interactions, DOI 10.10007/978-3-319-51272-3_3.

Haquart A., Bas Y., Tranchard J. & Lagrange H. 2012. Suivi annuel continu de l'activité des chiroptères sur 10 mats de mesure : évaluation des facteurs de risque liés à l'éolien. Présentation Powerpoint pour les Rencontres chiroptérologiques de Bourges, Biotope.

Hardey J., Crick H., Wernham C., Riley H., Etheridge B. & Thompson D. 2011. Review of Hen harrier breeding and flight activity near a Windfarm in Argyll. Poster in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.

Hedenström A. & Rydell J. 2012. Effect of wind turbine mortality on noctula bats in Sweden : predictions from a simple population model. Biology Department Lund University, Sweden. 11p.

Hein C. & al. 2015. Monitoring Bat Activity & Behavior at Wind Turbines Using Thermal Imagery & Ultrasonic Acoustic Detectors. Bat Conservation International, Engineering Conference on Wind energy and Wildlife Impacts. 10–12 March 2015. Poster.

Heitz C. & Jung L. 2017. Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions (Etude bibliographique). Ecosphère. 149 p.

Homoya W., Moore J.W., Ruhl P.J., and John B. 2017. Do American Golden-Plovers (*Pluvialis dominica*) Avoid Wind-energy Turbines in Agricultural Fields in Indiana During Spring Migration? *The Wilson Journal of Ornithology*, 129(4):863-871. <https://doi.org/10.1676/15-134.1>

Hoover S.-I. & Morisson M.-L. 2005. Behavior of Red-tailed Hawks in a wind turbine development. *J. Wildl. Manag.* 69 : 150–159

Horn J. W., Arnett E. B. & Kunz T. H. 2008. Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. *Journ Wildlife Manag.* 72 : 123-132.

Hötker H. & al. 2006. Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources : the example of birds and bats – facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.

Hötker H., Thomsen K-N. & Koster H. 2004. Auswirkungen regenerativer Energiegewinnung auf die biologische Vielfalt am Beispiel der Vögel und der Fledermäuse – Fakten, Wissenslücken, Anforderungen an die Forschung, ornithologische Kriterien zum Ausbau von regenerativen Energiegewinnungsformen. NABU, 80 p.

Hu C., Albertani R., Suryan RM. 2018. Wind turbine sensor array for monitoring avian and bat collisions. *Wind Energy*. 1–9. <https://doi.org/10.1002/we.2160>

Huso M. 2010. An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics* 22 : 318-329.

Huso M., Dalthorp D., Millier T., J. & Bruns D. 2016. Wind energy development: methods to assess bird and bat fatality rates postconstruction. *Human–Wildlife Interactions* 10(1):62–70, Spring 2016

Huso M., Wilson Z. & Arnett E. 2011. Expanding fatality estimates from the search plot to the entire site. In: NINA Report 693 Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2-5 May 2011, Trondheim, Norway, 2011. p. 29

Huso M.M.P. & D. Dalthorp. 2014. Accounting for unsearched Areas in Estimating wind turbine-caused fatality. *The Journal of Wildlife Management*, 78(2): 347–358.

Huso M.M.P., D.H. Dalthorp, D.A. Dail & L.J. Madsen. 2014. Estimating wind-turbine caused bird and bat fatality when zero carcasses are observed. *Ecological Applications*. DOI: 0.1890/14-0764.1.

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* 28, 162 p. + annexes.

Jameson J.W. & Willis C.K.R. 2014. Activity of tree bats at anthropogenic tall structures: Implications for mortality of bats at wind turbine. *Animal Behaviour*, 97. 145-152.

Johnson G.D., Erickson W.P., Strickland M.D., Shepherd M.F. & Sheperd D.A., 2000. Avian monitoring studies at the Buffalo Ridge, Minnesota wind resource area: results of a 4-year study. Final report. Northern States Power Company, Minneapolis, Minnesota, 259 p.

Johnson, G.D., Erickson, W.P., Strickland, M.D., Shepherd, M.F., Shepherd, D.A., Sarappo, S.A., 2003. Mortality of bats at a large-scale wind power development at Buffalo Ridge, Minnesota. *Am. Midl. Nat.* 150, 332–342.

Joiris E. 2012. High altitude bat monitoring - preliminary results: Hainaut et Ardennes. CSD Ingénieurs. (présentation Powerpoint)

Jones G. & Van Parijs S. 1993. Bimodal echolocation in Pipistrelle bats: are cryptic species present? *Proceedings of the Royal Society Lond. B.* 251, 119-125. doi: 10.1098/rspb.1993.0017

Jones G., Cooper-Bohannon R., Barlow K. & Parsons K. 2009. Scoping and method development report. Determining the potential ecological impact of wind turbine bat populations in Britain. University of Bristol and Bat Conservation Trust. 158 p.

Kelm D. H., Lenski J., Kelm V., Toelch U. & Dziocck F. 2014. Seasonal bat activity in relation to distance to hedgerows in an agricultural landscape in central Europe and implications for wind energy development. *Acta Chiropterologica* 16: 65-73.

Kerbiriou C., Julien J-F., Arthur L., Depraetere M., Lemaire M., Le Viol I., Lorrilliere R., Maratrat J., Marmet J., Pelissier V. & Reneville C. 2015. Suivi national des chauves-souris communes et retombées locales. *Symbioses* 32 : 57-62.

Kerns J. & Kerlinger P. 2004. A study of bird and bat collision fatalities at the mountaineer wind energy center, Tucker County, West Virginia : Annual report for 2003 – FPL Energy and Mountaineer Wind Energy Center Technical Review Committee, 39p.

Kerns J., Erickson W. P., & Arnett E. B. 2005. Bat and bird fatality at wind energy facilities in Pennsylvania and West Virginia. In: Relationship between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of bat fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. ed E.B. Arnett. Bat conservation International, Austin, Texas (cited in Brinkmann & Schauer-Weissshahn 2006), p. 24-95.

Ketzenberg C., Exo K.M., Reichenbach M. & Castor M. 2002. Einfluss von Windkraftanlagen auf brütende Wiesenvögel. *Nat. Landsch* 77 : 144-153.

Kippeurt L. 2012. Volet avifaune et chiroptères de l'étude d'impact pour l'implantation d'un parc éolien sur le territoire de la communauté de communes du secteur de Dompierre (88). Biotope 107p.

Korner-Nievergelt F., Behr O., Brinkmann R., Etersson M., Huso M., Dalthorp D., Korner-Nievergelt P., Roth T. & Niermannl. 2015. Mortality estimation from carcass searches using the R-package carcass - a tutorial. *Wildlife Biology*, 21(1):30-43. 15p. doi: 10.2981/wlb.00094

Korner-Nievergelt F., Brinkmann R., Niermann O. & Behr O. 2013. Estimating Bat and Bird Mortality Occuring at Wind Energy Turbines from Covariates and Carcass Searches Using Mixture Models. *PLoS ONE* 8(7) : e67997.

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* .NKV 17: 350-363.

Langston R. H. W., Pullan J. D. & RSPB/BIRDLIFE, 2004. Effects on wind farms on birds. *Nature and environment*, n°139 : 91 p.

Le Reste G. 2016. Enquête nationale sur les arbres gîtes à chauves-souris : bilan de 1999 à 2013. [éd.] Réseau des muséum de la région Centre. Symbioses, nouvelle série. mars 2016, 34, pp. 46-48.

Lehnert L. S., Kramer-Schadt S., Schonborn S., Lindecke O., Niermann I. & al. 2014. Wind Farm Facilities in Germany Kill Noctule Bats from Near and Far. *PLoS ONE* 9 (8) : e103106. doi:10.1371/journal.pone.0103106

Lekuona J.M. 2001. Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves y murciélagos en los parques eólicos de Navarra durante un ciclo anual. Gobierno de Navarra, Spain.

Lenski J. 2010. Fledermausaktivitäten an linearen Gehölzstrukturen. Présentation PowerPoint lors du séminaire national l'énergie éolienne et la protection de la biodiversité – Reims, 15 au 17/09/2010, LPO/Ademe/MEEDDM/SER/FEE

LEPERCQ V. 2018. Le parc éolien des Hauts-de-France et ses impacts sur la faune volante : premier bilan des suivis de mortalité. *Écosphère*, 62 p.

Limpens H., Boonman M., Korner-Nievergelt F., Jansen E., Vandervalk M., La Haye M., Dirksen S. & Vreugdenhil S. 2013. Wind turbines and bats in the Netherlands – Measuring and predicting. Report 2013. 12, Zoogdiervereniging & Bureau Waardenburg. 120p.

Loiret Nature Environnement. 2010. Suivi ornithologique et chiroptérologique des parcs éoliens de Beauce : Premiers résultats 2006 - 2009. Plaquelette 6 p.

Lucas M. de. & al. 2004. The effects of a wind farm on birds in a migration point : the Strait of Gibraltar. *Biodiversity and Conservation* 13, 395-407.

Ludin G. 2005. Cranes: Where, When and Why? A Guide Book for Visitors in European Crane Areas and Ideas How to Manage Cranes in an Agricultural Environment. Swedish Crane Working Group, 228 p.

Lustrat P. 1997. Biais dus aux techniques d'étude des chiroptères en activité de chasse en milieu forestier. *Arvicola* IX (1) : 7-10.

Mabbe T.J., Plissner J.H. & Cooper B.A. 2005. A radar and visual study of nocturnal bird and bat migration at the proposed Flat Rock wind power project, New York, fall 2004. ABR, Inc. – Environmental Research & Services, Forest Grove (Oregon), 30 p.

Marchesi, Blant & Capt. 2011. Clé morphologique et clé des crânes présentes dans le guide : Mammifères de Suisse : clés de détermination. *Fauna Helvetica*.

Martin G. R. 2011. Understanding bird collisions with man-made objects: a sensory ecology approach. *Ibis* (153) : 239-254.

Marx G. 2017. Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune. Étude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015. LPO : 80 p. + annexes.

Masden E. A., Haydon D. T., Fox A. D., Furness R. W., Bullman R. & Desholm M. 2009. Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds. *ICES Journal of Marine Science* 66 : 746–753.

Mathews F. 2011. National Bats and Wind Turbines Project. University of Exeter. 25p.

Mattei-Roesli M, Blant M, Magnin B & Ruedi M. 2011. Clé des crânes des Mammifères de Suisse : clés de détermination. *Fauna Helvetica*, 21 : 68-84 & 133-145

Mathews F. & al. 2016. Understanding the Risk to European Protected Species (bats) at Onshore Wind Turbine Sites to inform Risk Management. University of Exeter. 2016. p. 127.

Mathews F, Richardson S, Lintott P, Hosken D. 2021. Understanding the Risk to European Protected Species (bats) at Onshore Wind Turbine Sites to inform Risk Management. 127p. University of Exeter.

May R., Hamre Ø., Vang R. & Nygard T. 2012. Evaluation of the DTBirdvideo-system at the Smøla wind-power plant. Detection capabilities for capturing near-turbine avian behaviour. NINA Report 910. 27pp.

Menu H. & Popelard J-B. 1987. Utilisation des caractères dentaires pour la détermination des Vespertilionines de l'ouest européen. Le Rhinolophe, bulletin de la coordination ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris. N°4. Museum d'Histoire Naturelle de Genève.

Menzel J. A., Menzel M. A Jr, Kilgo J. C, Ford W. M., Edwards J. W. & McCracken G. F. 2005. Effect of habitat and foraging height on bat activity in the coastal plain of South Carolina. *Journal of Wildlife Management*. 2005, Vol. 69, 1, pp. 235-245. http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_menzel002.pdf.

Mezani S. 2012. Programme de suivi temporel des oiseaux communs (STOC) : bilan de la décennie 2002-2011. EPOB, 31 p.

Million, L., Julien, J.-F., Julliard, R., & Kerbiriou, C. 2015. Bat activity in intensively farmed landscapes with wind turbines and offset measures. *Ecological Engineering*, 75, pp. 250-257.

Millon L., Colin C., Brescia F. & Kerbiriou C. 2018. Wind turbines impact bat activity, leading to high losses of habitat use in a biodiversity hotspot. *Ecological Engineering* 112 (2018) 51–54. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.12.024>

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer. 2016. Guide relatif à l'élaboration des études d'impacts des projets de parcs éoliens terrestres. MEEDDM – DREAL – SER – MNHN – ONF – LPO – ADEME, Actualisation 2016, p. 188 - www.developpement-durable.gouv.fr

Munoz A. R., Ferrer M., Delucas M. & Casado E. 2011. Raptor mortality in wind farms of southern Spain: mitigation measures on a major migration bottleneck area. Powerpoint (40 p) in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.

Nadő L., Chromá R. & Kaňuch-Brill P. 2017. Structural, temporal and genetic properties of social groups in the short-lived migratory bat *Nyctalus leisleri*. *Behaviour* 154 (7-8). 785 – 807. doi: 10.1163/1568539X-00003444

National Renewable Energy Laboratory. 2000. Avian risk behaviour and fatalities at the Altamont Wind Resource Area. California Energy Commission.

Newton I. & Little B. 2009. Assessment of wind-farm and other bird casualties from carcasses found on a Northumbrian beach over an 11-year period. *Bird Study* 56, 158-167.

Niermann I., Brinkmann R., Körner-Nievergelt F. & Behr O. 2011. Systematische Schlagopfersuche-Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. In : BRINKMANN R., BEHR O., NIERMANN I. & REICH M. (Hrsg.): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. *Umwelt und Raum* Bd. 4, 40-115, Cuvillier Verlag, Göttingen.

OLIOSO, G. 1991. Le passage postnuptial du Gobemouche noir (*Ficedula hypoleuca*) à Grignan (Drôme) : stationnement et biométrie. *Bièvre*, 12 : 101-110.

Osborn R., Dieter C.D., Higgins K.F. & Usgaard R.E. 1998. Bird Flight Characteristics Near Wind Turbines in Minnesota. *American Midland Naturalist*, 139 (1) : 29-38.

Paulus G. 2007. Suivi indépendant du parc éolien de Port-Saint-Louis-du-Rhône (mortalité avifaune). Document non publié, 12 p.

Pearce-Higgins J. W., Stephen L., Langston R. H. W. & Bright J. A. 2008. Assessing the cumulative impacts of wind farms on peatland birds: a case study of golden plover (*Pluvialis apricaria*) in Scotland. *Mires and Peat* 4 : 1-3.

Pearce-Higgins J. W., Stephen L., Langston R. H. W., Bainbridge I. P & Bullman R. 2009. The distribution of breeding birds around upland windfarms. *Journal of Applied Ecology*, doi: 10.1111/j.1365-2664.2009.01715.x. 9 p.

Pedersen M. N. & Poulsen E. 1991. En 90m/2 MW vindmoelles invirkning på fuglelivet. Fugles reaktioner på opførelse og ideftsaettelsen af tjæreborgmoellen ved Det Danske Vadehav. *Danske Vildundersøgelser* 47: 44.

Percival S. 2000. Birds and wind turbines in Britain. *British Wildlife* 12 : 8-15.

Percival S. 2001. Assessment of the effects of offshore wind farms on birds. *Ecology consulting*. 66 p.

Pereira M., Peste F., Paula A., Pereira P., Bernardino J., Vieira J., Bastos C., Mascarenhas M., Costa H. & Fonseca C. 2016. Managing coniferous production forests towards bat conservation. *Wildlife Research*, 2016, 43, 80–92. <http://dx.doi.org/10.1071/WR14256>

Péron G., 2018. Process-based vs. ad-hoc methods to estimate mortality using carcass surveys data: A review and a note about evidence complacency. *Ecological Modelling* 384 (2018) 111-118

Perthuis A. 2002. L'avifaune de la région Centre-Val de Loire : synopsis des connaissances. *Recherches Naturalistes en Région Centre-Val de Loire*, 11 : 17-30.

Pratz. 2012. Note relative à la réalisation et au financement des suivis réglementaires de mortalité des parcs éoliens de la région Centre-Val de Loire.

Pravettoni R., UNEP/GRID-Arendal. 2015. En ligne : http://www.grida.no/graphicslib/detail/nathusius-pipistrelle-distribution-and-migration_18cb

Rasram L & al. 2009. Effect of wind farms on population trend and breeding success of Red Kites and other birds of prey. *Birds of prey and Wind farms : Analysis of problems and possible solutions. Documentation of an international workshop in Berlin 21-22 oct 2008.* (H. Hötker, red) s. 22-25. NABU, Berlin.

Reichenbach M. & Steinborn H. 2011. The role of wind turbines in the context of habitat quality – the case of Lapwing (*Vanellus vanellus*), Skylark (*Alauda arvensis*) and Meadow pipit (*Anthus pratensis*) in a cultivated raised bog in northern Germany: Results of a 7 year BACI-study. Présentation à la 'Conference on Wind energy and Wildlife impacts' du 2 au 5 mai 2011 à Trondheim (Norvège).

Richardson S, Lintott P, Hosken D, Theo Economou T & Mathews F. 2021. Peaks in bat activity at turbines and the implications for mitigating the impact of wind energy developments on bats. *Scientific Reports* (2021) 11:3636. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82014-9>

Rico P. & Lagrange H. 2011. Bilan des tests d'asservissement sur le parc du Mas de Leuze (commune de Saint Martin de Crau-13). *Biotope*. 39 p.

Rico P. & Lagrange H. 2016. Étude de l'activité et de la mortalité des chiroptères sur plusieurs parcs éoliens par trajectographie acoustique, imagerie thermique et recherché de cadavres au sol – Contribution aux évaluations des incidences sur l'environnement. Présentation orale et Powerpoint, 16èmes Rencontres nationales "chauves-souris" de la SFEPM, Muséum de Bourges, 25 mars 2016, http://www.sensoflife.com/wp-content/uploads/2015/05/Bourges_2016_SOL.pdf

Rodrigues L., Bach L., Dubourg-Sauvage M.J., Goodwin J. & Harbusch C. 2008. Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. *Publication Series No 3. PNUE/EUROBATS*. 29p.

Rodrigues L., Bach L., Dubourg-Savage M.-J., Karapandza B., Kovac D., Kervyn T., Dekker J., Kepel A., Bach P., Collins J., Harbusch C., Park K., Micevski B. and Minderman J. 2015. Guidelines for consideration of bats in wind farm projects – Revision 2014. EUROBATS Publication Series No. 6 (English version). UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany. 133p.

Roeleke M., Blohm T., Kramer-Schadt S., Yovel Y. & Voigt C. 2016. Habitat use of bats in relation to wind turbines revealed by GPS tracking. Scientific reports 6, 28961 ; doi 10.1038/srep28961.

Roemer C., Discab T., Coulon A., Basa Y. 2017. Bat flight height monitored from wind masts predicts mortality risk at wind farms. Biological Conservation 215 (2017) 116–122. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2017.09.002>

Rydell J. & al. 2012. The effect of wind power on birds and bats. Report 6511. Swedish Environmental Protection Agency, 152 p.

Santos S.M., Carvallho F. & Mira A. 2011. How long do the dead survive on the road ? Carcass Persistence Probability and Implications for Road-Kill Monitoring Surveys. PLoS ONE 6(9): e25383.

Schaub M. & Pradel R. 2004. Assessing the relative importance of different sources of mortality from recoveries of marked animals. Ecology 85 : 930–938.

Schober W. & Grimmberger E. 1991. Guide des Chauves-souris d'Europe. Delachaux & Niestlé, Neuchâtel-Paris, 223 p.

Smallwood K.S. & Thelander C.G. 2004. Developing methods to reduce bird mortality in the Altamont Pass Wind Resource Area. Final Report. BioResource consultants to the California Energy Commission, Public Interest Energy Research- Environmental Area : 363 p. + annexes.

Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFEPM) : Groupe Chiroptères. 2016. Diagnostic chiroptérologique des projets éoliens terrestres Actualisation 2016 des recommandations SFEPM. Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères. Paris : s.n., Version 2.1 (février 2016). p. 33.

Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFEPM) : Groupe Chiroptères. 2016. Suivi des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de Chiroptères, Version 2 (février 2016). Paris, 17p.

Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFEPM) 2006. Recommandations pour une expertise chiroptérologique dans le cadre d'un projet éolien. Fasc. 7 p.

Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFEPM). 1984. Atlas des Mammifères sauvages de France - Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, 229 pp.

Strickland MD., Arnett EB., Erickson WP., Johnson DH., Johnson GD. & al. 2011. Comprehensive guide to studying wind energy/wildlife interactions. National Wind Coordinating Collaborative website. Available: http://www.nationalwind.org/assets/publications/Comprehensive_Guide_to_Studying_Wind_Energy_Wildlife_Interactions_2011_Updated.pdf

Syndicat des Energies Renouvelables, France Energie Eolienne, Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères & LPO, 2011. Protocole d'étude chiroptérologique sur les projets de parcs éoliens : document de cadrage. 7 p.

Telleria J.S. 2009. Potential impacts of wind farms on migratory birds crossing Spain. Bird Conservation International 19 : 131–136.

Thauront M., D'Agostino R. & Marchais G. 2015. Expertise chiroptères et suivi de mortalité - Parcs éoliens Lomont – Pays de Montbeliard. Ecosphère. 63 pages.

Thelander C.G. & Rugges D.L. 2001. Examining Relationships between Bird Risk Behaviours and Fatalities at the Altamont Wind Resource Area : a Second Year's Progress. Report. In : PNAWPPM IV, Proceeding of the National Avian-Wind Power Planning Meeting IV, Carmel, California, May 2001 : 5-14.

Thiollay J.-M. & Bretagnolle V. 2004. Rapaces nicheurs de France, Distribution, effectifs et conservation, Delachaux et Niestlé, Paris. 176p.

THONNERIEUX, Y. 1985. Coup d'œil sur la migration du Gobemouche noir *Ficedula hypoleuca* dans la région Rhône-Alpes. *Bièvre* 7 : 31-36.

Toronto Renewable Energy Co-operative. 2000. Wind Turbine environmental assessment. Vol. 1 : Screening document. Toronto Renewable Energy Co-operative, April 2000.

UICN FRANCE, MNHN, LPO, SEOF & ONCFS. 2016. La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Oiseaux de France métropolitaine. Paris, France.

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

UICN FRANCE. 2012. Liste rouge des chiroptères de la région Centre (validation CSRPN de 11/2013)

UICN FRANCE. 2012. Liste rouge des oiseaux nicheurs de la région Centre (validée au CSRPN en novembre 2013).

Villafranco D.O., Grace S. & Holt R. 2017. The effects of wind turbine wake turbulence on bat lungs. The Journal of the Acoustical Society of America 141, 3544. <https://doi.org/10.1121/1.4987497>

Voigt C.C., Popa-Lisseanu A.G., Niermann L. & Kramer-Schadt S. 2012. The catchment area of wind farm for European bats : a plea for international regulation. Biological Conservation, 153. 80-86p.

Whalen W. 1994. Siting Wind Plants and the Avian Issue. « Windpower '94 Conference/ Minneapolis. American Wind Energy Association.

Winkelman J. E. 1992. The impact of the Sep wind park near Oosterbierum (Fr.), the Netherlands, on birds, 1: collision victims. DLO-Instituut voor Bos-en Natuuronderzoek. RIN-rapport 92/2. 4 volumes. En hollandais avec résumé anglais.

Winkelman J.E. 1985. Impact of medium-sized wind turbines on birds : a survey on flight behaviour, victims and disturbance. Netherlands Journal of Agricultural Science 33 : 75-78.

Winkelman J.E. 1989. Vogels in het windpark nabij Urk (NOP): aanvaringslachtoffers en verstering van pleisterende eenden, ganzen en zwanen. RIN-rapport 89/15, Arnhem.

Zucca M. 2015. La migration des oiseaux : comprendre les voyageurs du ciel. Guide Nature. Editions Sud-Ouest. Mai 2015. 352



ANNEXE 1 : DATES DE PROSPECTION DU SUIVI DE MORTALITE ET DES TESTS ASSOCIES

Semaine	Date	Tâche	Intervalle (j)
14	09/04/2021	Suivi mortalité	
15	16/04/2021	Suivi mortalité	7
16	23/04/2021	Suivi mortalité	7
17	30/04/2021	Suivi mortalité	7
18	07/05/2021	Suivi mortalité	7
19	14/05/2021	Suivi mortalité	7
20	20/05/2021	Suivi mortalité	6
21	27/05/2021	Suivi mortalité	7
22	04/06/2021	Suivi mortalité Test d'efficacité	8
23	08/06/2021	Test de persistance (dépôt)	
	09/06/2021	Test de persistance (J+1)	
	11/06/2021	Suivi mortalité Test de persistance (J+3)	7
24	15/06/2021	Test de persistance (J+7)	
	18/06/2021	Suivi mortalité Test de persistance (J+10)	7
25	22/06/2021	Test de persistance (J+14)	
	25/06/2021	Suivi mortalité	7
26	01/07/2021	Suivi mortalité	6
27	09/07/2021	Suivi mortalité	8
28	16/07/2021	Suivi mortalité	7
29	24/07/2021	Suivi mortalité	8
30	30/07/2021	Suivi mortalité	6
31	06/08/2021	Suivi mortalité	7
32	09/08/2021	Suivi mortalité	3
	13/08/2021	Suivi mortalité	4
33	16/08/2021	Suivi mortalité	3
	20/08/2021	Suivi mortalité	4
34	23/08/2021	Suivi mortalité	3
	27/08/2021	Suivi mortalité	4
35	30/08/2021	Suivi mortalité	3
	31/08/2021	Suivi de mortalité	1
	03/09/2021	Suivi de mortalité	4
36	06/09/2021	Suivi mortalité	3
	09/09/2021	Suivi mortalité	3
37	13/09/2021	Suivi mortalité Test de persistance (dépôt)	4
	14/09/2021	Test de persistance (J+1)	
	17/09/2021	Suivi mortalité Test de persistance (J+3)	4
38	20/09/2021	Suivi mortalité	3
	23/09/2021	Suivi mortalité Test de persistance (J+10)	3
39	27/09/2021	Suivi mortalité Test de persistance (J+14)	4
	01/10/2021	Suivi mortalité	4
40	04/10/2021	Suivi mortalité	3

Semaine	Date	Tâche	Intervalle (j)
	08/10/2021	Suivi mortalité Test d'efficacité	4
41	11/10/2021	Suivi mortalité	3
	15/10/2021	Suivi mortalité	4
42	18/10/2021	Suivi mortalité	3
	22/10/2021	Suivi mortalité	4

ANNEXE 2 : SURFACES PROSPECTEES PAR EOLIENNE AU COURS DU SUIVI

Pour chaque éolienne, les surfaces prospectées ont été différenciées par classes de visibilité : **B** = Bonne ; **Moy** = Moyenne ; **Nulle**.

Période	Nbr de passages	E1			E2			E3			E4			E5			E6			% moyen de surface prospectée sur l'ensemble du parc :	
		Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté		
Bridage 0 (9/4 -> 25/6) PAS DE BRIDAGE	13	4861	8412	37%	6417	6856	48%	4094	9179	31%	7664	5609	58%	5800	7473	44%	13027	246	98%	53%	50%
Bridage 1 (9/7 -> 30/7) BRIDAGE <4m/s (E1-E4)	4	13273	0	100%	2787	10486	21%	2161	11112	16%	7410	5863	56%	1817	11456	14%	4970	8303	37%	41%	
Bridage 2 (6/8 -> 23/8) BRIDAGE <5m/s (E1-E4)	6	6444	6829	49%	2787	10486	21%	2852	10421	21%	5385	7888	41%	4660	8613	35%	3642	9631	27%	32%	41%
Bridage 3 (27/8 -> 22/10) BRIDAGE <6m/s (E1-E6)	18	6229	7044	47%	4280	8993	32%	2909	10364	22%	9236	4037	70%	5133	8140	39%	7358	5915	55%	44%	
Moyenne				49%			35%			24%			60%			37%			63%	45%	

ANNEXE 3 : SYNTHÈSE DES CADAVRES DECOUVERTS LORS DU SUIVI DE MORTALITÉ

Ordre	Nom français	Nom scientifique	Age	Sexe	Date ramassage	Commune	Dpt	Coord X_L93	Coord Y_L93	Distance mat	Num éolienne	Modèle	H mat	Dia pales	Découvreur	Identificateur	Moyen identification
oiseaux	Epervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>	2A	M	09/04/2021	Ids-Saint-Roch	18	641593,527	6625861,56	60	E2	Nordex N131	99	65,5	Ghislain Durassier	Nicolas Flamant	visuel
oiseaux	Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	VOL	?	09/04/2021	Ids-Saint-Roch	18	642605,316	6626267,74	47	E4	Nordex N131	99	65,5	Ghislain Durassier	Guillaume Marchais	visuel
oiseaux	Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	+1A	?	23/04/2021	Ids-Saint-Roch	18	642137,353	6626075,13	6	E3	Nordex N117	91	58,5	Laurie Burette	Guillaume Marchais	visuel
oiseaux	Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	VOL	?	30/04/2021	Touchay	18	641106,907	6625732,5	25	E1	Nordex N131	99	65,5	Ghislain Durassier	Guillaume Marchais	visuel
oiseaux	Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	VOL	?	03/05/2021	Ids-Saint-Roch	18	Non connue	Non connue	Non connue	E4	Nordex N131	99	65,5	Nordex	Guillaume Marchais	visuel
chiroptères	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	adu	F	07/05/2021	Ids-Saint-Roch	18	641533,28	6625847,6	19	E2	Nordex N131	99	65,5	Hugo Auclair	Bastien Corniaux	Biométrie + dentition
chiroptères	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	adu	?	11/06/2021	Touchay	18	641141,278	6625729,43	11	E1	Nordex N131	99	65,5	Laurie Burette	Guillaume Marchais	Biométrie + dentition
oiseaux	Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	VOL	?	18/06/2021	Ids-Saint-Roch	18	642145,492	6626076,21	3	E3	Nordex N117	91	58,5	Manon Acqueberge	Manon Acqueberge	visuel
oiseaux	Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	VOL	?	18/06/2021	Ids-Saint-Roch	18	643349,551	6626696,21	64	E6	Nordex N131	99	65,5	Manon Acqueberge	Manon Acqueberge	visuel
oiseaux	Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	VOL	M	09/07/2021	Ids-Saint-Roch	18	643055,025	6626391,22	6	E5	Nordex N131	99	65,5	Ghislain Durassier	Ghislain Durassier	visuel
chiroptères	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	VOL	M	16/07/2021	Touchay	18	641134,939	6625715,28	12	E1	Nordex N131	99	65,5	Laurie Burette	Laurie Burette	Biométrie + dentition
chiroptères	Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	VOL	?	16/07/2021	Ids-Saint-Roch	18	642645,585	6626275,18	18	E4	Nordex N131	99	65,5	Laurie Burette	Laurie Burette	Biométrie + dentition
oiseaux	Martinet noir	<i>Apus apus</i>	+1A	?	24/07/2021	Ids-Saint-Roch	18	642127,061	6626085,82	18	E3	Nordex N117	91	58,5	Margot Jodet	Margot Jodet	visuel
chiroptères	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	VOL	?	24/07/2021	Ids-Saint-Roch	18	642613,584	6626286,91	47	E4	Nordex N131	99	65,5	Margot Jodet	Margot Jodet	Biométrie + dentition
chiroptères	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	VOL	M	30/07/2021	Ids-Saint-Roch	18	642646,701	6626279,42	22	E4	Nordex N131	99	65,5	Hugo Auclair	Guillaume Marchais	Biométrie + dentition
chiroptères	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	VOL	M	13/08/2021	Ids-Saint-Roch	18	642136,069	6626079,41	7	E3	Nordex N117	91	58,5	Ghislain Durassier	Laurie Burette	Biométrie + dentition
chiroptères	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	VOL	?	13/08/2021	Ids-Saint-Roch	18	643356,179	6626779,41	21	E6	Nordex N131	99	65,5	Ghislain Durassier	Laurie Burette	Biométrie + dentition
chiroptères	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	VOL	?	13/08/2021	Ids-Saint-Roch	18	643373,499	6626788,57	33	E6	Nordex N131	99	65,5	Ghislain Durassier	Laurie Burette	Biométrie + dentition
chiroptères	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	VOL	?	13/08/2021	Ids-Saint-Roch	18	643397,096	6626744,02	40	E6	Nordex N131	99	65,5	Ghislain Durassier	Laurie Burette	Biométrie + dentition
oiseaux	Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	+1A	M	16/08/2021	Ids-Saint-Roch	18	642118,516	6626089,57	27	E3	Nordex N117	91	58,5	Margot Jodet	Margot Jodet	visuel
chiroptères	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	VOL	M	16/08/2021	Ids-Saint-Roch	18	643360,149	6626762,76	4	E6	Nordex N131	99	65,5	Margot Jodet	Margot Jodet	Biométrie + dentition
chiroptères	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	VOL	F	20/08/2021	Ids-Saint-Roch	18	642642,81	6626258,34	8	E4	Nordex N131	99	65,5	Laurie Burette	Laurie Burette	Biométrie + dentition
chiroptères	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	VOL	F	23/08/2021	Ids-Saint-Roch	18	642662,579	6626246,2	17	E4	Nordex N131	99	65,5	Laurie Burette	Laurie Burette	Biométrie + dentition
chiroptères	Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	VOL	F	23/08/2021	Ids-Saint-Roch	18	643091,214	6626437,99	58	E5	Nordex N131	99	65,5	Laurie Burette	Laurie Burette	Biométrie + dentition
chiroptères	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	VOL	?	23/08/2021	Ids-Saint-Roch	18	643374,771	6626749,01	18	E6	Nordex N131	99	65,5	Laurie Burette	Laurie Burette	Biométrie + dentition
chiroptères	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	VOL	F	27/08/2021	Ids-Saint-Roch	18	642138,941	6626067,68	10	E3	Nordex N117	91	58,5	Margot Jodet	Margot Jodet	Biométrie + dentition
chiroptères	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	VOL	F	30/08/2021	Touchay	18	641126,663	6625683,54	44	E1	Nordex N131	99	65,5	Manon Acqueberge	Bastien Corniaux	Biométrie + dentition
chiroptères	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	VOL	M	30/08/2021	Ids-Saint-Roch	18	643057,401	6626374,05	15	E5	Nordex N131	99	65,5	Manon Acqueberge	Bastien Corniaux	Biométrie + dentition
chiroptères	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	VOL	M	30/08/2021	Ids-Saint-Roch	18	643045,57	6626357,28	35	E5	Nordex N131	99	65,5	Manon Acqueberge	Bastien Corniaux	Biométrie + dentition
oiseaux	Gobemouche noir	<i>Ficedula hypoleuca</i>	VOL	F	30/08/2021	Ids-Saint-Roch	18	643323,191	6626708,7	62	E6	Nordex N131	99	65,5	Manon Acqueberge	Manon Acqueberge	visuel
chiroptères	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	VOL	M	06/09/2021	Ids-Saint-Roch	18	641553,268	6625848,24	27	E2	Nordex N131	99	65,5	Laurie Burette	Laurie Burette	Biométrie + dentition
chiroptères	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	VOL	M	06/09/2021	Ids-Saint-Roch	18	642650,644	6626254,04	4	E4	Nordex N131	99	65,5	Laurie Burette	Laurie Burette	Biométrie + dentition
chiroptères	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	VOL	M	27/09/2021	Ids-Saint-Roch	18	641548,946	6625870,19	15	E2	Nordex N131	99	65,5	Ghislain Durassier	Laurie Burette	Biométrie + dentition
oiseaux	Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	VOL	?	11/10/2021	Touchay	18	641139,192	6625700,43	28	E1	Nordex N131	99	65,5	Ghislain Durassier	Ghislain Durassier	visuel

*Age : +1A = adulte ; 1A = 1^{ère} année ; VOL = volant, âge non identifiable

ANNEXE 4 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR D'EOLAPP

Exemple d'une capture d'écran.

- Résultats obtenus pour l'ensemble du suivi pour l'ensemble des cadavres. Résultats présentés dans le tableau en partie 5.3.1.

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :

Browse... cadavres_tot.csv

Upload complete

Nb lignes lues = 41

Sélectionner un fichier avec la durée de persistance des cadavres déposés :

Browse... persistence_tot.csv

Upload complete

Nombre de lignes lues = 106

Méthode de calcul des intervalles de confiance

Non-paramétrique

Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =

4,5

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =

128

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

90

Pourcentage de la surface prospectée =

0,45

CALCULER

Données en entrée

Nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes (une valeur par visite de terrain) :

2, 0, 1, 1, 1, ..., 0, 1, 0, 0, 0

Durée de présence de cadavres déposés par les experimentateurs (une valeur par cadavre déposé)

0, 0, 0, 1, 1, ..., 0, 0, 1, 3, 7

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	166.48	95.11	272.81	117.44	231.67
Huso	209.03	124.40	320.79	151.88	279.32
Winkelmann	501.98	277.22	851.33	345.45	721.08
Jones	232.82	136.58	373.25	166.96	319.08

ANNEXE 5 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR DE GENEST

Présentation de quelques captures d'écran.

- Résultats obtenus par groupe impacté et par sous-période. Résultats présentés dans le tableau en partie 5.3.2.

General Inputs
Searcher Efficiency
Carcass Persistence
Mortality Estimation
Detection Probability

Model Inputs:

Carcass ID Column (CO)

Fraction of Facility Surveyed:

Date Found:

Splitting Mortality:
Max. two total splits, max. one schedule-based split

Search Schedule (SS) Variable:

Carcass Observation (CO) Variable:

Figures Summary

Show entries Search:

	Group	Bridage	X	10%	25%	50%	75%	90%
1	bat	bridage_0	2	2	4.21	8.32	12.31	16.68
2	bat	bridage_1	4.01	5.92	8.78	12.47	16.45	20.56
3	bat	bridage_2	9.06	63.83	84.13	108.5	142.67	178.03
4	bat	bridage_3	6.93	31.94	45.54	62.79	81.8	104.65
5	bird	bridage_0	6.01	14.53	20.62	28.74	36.77	46.61
6	bird	bridage_1	1.99	1.99	13.92	26.72	40.07	56.23
7	bird	bridage_2	1.01	1.01	1.01	14.5	24.21	37.45
8	bird	bridage_3	1.99	1.99	6.05	11.44	17.12	23.55

Showing 1 to 8 of 8 entries Previous Next



➤ Résultats obtenus par groupe impacté et par grande période. Résultats présentés dans le tableau en partie 5.3.2.

Model Inputs:

Carcass ID Column (CO)

Fraction of Facility Surveyed:

Date Found:

Splitting Mortality:
Max. two total splits, max. one schedule-based split

Search Schedule (SS) Variable:

Carcass Observation (CO) Variable:

Figures Summary

Show entries Search:

	Group	Season	X	10%	25%	50%	75%	90%
1	bat	periode_1	6.01	10.94	16.26	21.2	27.01	32.37
2	bat	periode_2	15.99	116.89	142.99	177.49	217.75	252.45
3	bird	periode_1	8	30.62	42.21	57.11	72.66	87.94
4	bird	periode_2	3	6.45	14.12	25.08	38.98	53.88

Showing 1 to 4 of 4 entries Previous Next



ANNEXE 6 : PARAMETRES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE AVEC « GENEST »

	Test 1		Test 2
DATAFILES INPUTS :	DWP_période		DWP_total
<i>Model inputs</i>			
Number of iteration	1000	1000	1000
Confidence level	0,8	0,8	0,8
Carcass Class Column	BRIDAGE	BRIDAGE	-
<i>Model inputs</i>		bridage 0 et 1	bridage 2 et 3
Observations	Efficacité1	Efficacité1	Efficacité1
Predictor variables	Visibility	Visibility	Visibility
Fixed k	0,75	0,75	0,75
<i>Selection</i>			
Carcass Class	Bridage0 et Bridage1	Bridage2 et Bridage3	
ddtp model /p ~	Visibility	constant	Visibility
k model	0,75		0,75
<i>Model inputs</i>			
Last time present	LastPresent		LastPresent
First time absent	FirstAbsent		FirstAbsent
Predictor variables	aucune car Bridage déjà inclus dans general inputs		Season
Distributions	exp ; weibull ; lognormal ; loglogis		
<i>Selection</i>			
Distribution	lognormal	loglogistic	loglogistic
Location ~	constant	constant	season
Scale ~	constant	constant	season
<i>Model inputs</i>			
Carcass ID	carcID		carcID
Fraction of Facility Surveyed	1		1
DWP			Total
Date found	DateFound		DateFound
<i>Split mortality</i>			
Search Schedule (SS) Variable	Bridage		
Carcass Observation (CO) Variable	Group		idEol

ANNEXE 7 : OPTIONS DE BRIDAGE PROPOSEES

Pour rappel, pour chaque période de l'année, un niveau de risque d'impact correspond à un taux de protection minimal (% de contacts). Plusieurs algorithmes de bridage permettent d'atteindre cet objectif. Le tableau ci-dessous présente les différentes options proposées à Eurocape et la ligne surlignée en jaune correspond à l'option choisie.

Mois	Taux de protection à atteindre	Bridage effectif en 2021	TOUTES ESPECES							SEROTULES						
			Options	Vent (m/s)	Température (°C)	Heure après le coucher du soleil (HACS)	Nombre de contacts protégés	Nombre de contacts total	Activité protégée du risque éolien	Options	Vent (m/s)	Température (°C)	Heure après le coucher du soleil (HACS)	Nombre de contacts protégés	Nombre de contacts total	Activité protégée du risque éolien
Avril Durée de la nuit [11h-9h30]	50-70%	/	1	5	8	10:00:00	31	42	74%	1	5	8	10:00:00	28	38	74%
			2	4,5	8	10:00:00	31	42	74%	2	4,5	8	10:00:00	28	38	74%
			3	4	8	09:30:00	25	42	60%	3	4	8	09:30:00	25	38	66%
			4	4,5	9	10:00:00	30	42	71%	4	4,5	9	10:00:00	27	38	71%
			5	4	9	09:30:00	24	42	57%	5	4	9	09:30:00	24	38	63%
Mai Durée de la nuit [9h30-8h30]	50-70%	/	1	5	7	08:30:00	33	43	77%	1	5	7	08:30:00	24	34	71%
			2	4,5	7	08:30:00	31	43	72%	2	4,5	7	08:30:00	22	34	65%
			3	5,5	7	09:30:00	41	43	95%	3	5,5	7	09:30:00	32	34	94%
			4	4,5	8	08:30:00	24	43	56%	4	4,5	8	08:30:00	15	34	44%
			5	5,5	8	09:30:00	34	43	79%	5	5,5	8	09:30:00	25	34	74%
Juin Durée de la nuit [8h30-8h]	70-80%	/	1	4,5	15	07:30:00	267	325	82%	1	4,5	15	07:30:00	131	171	77%
			2	4	15	07:30:00	253	325	78%	2	4	15	07:30:00	124	171	73%
			3	3,5	15	08:30:00	260	325	80%	3	3,5	15	08:30:00	139	171	81%
			4	4	15	07:30:00	253	325	78%	4	4	15	07:30:00	124	171	73%
			5	3	-	08:30:00	246	325	76%	5	3	-	08:30:00	139	171	81%
Juillet Durée de la nuit [8h-9h]	80-90%	4 m/s 10°C HACS : 06:30 Protection estimée : 64%	1	6,5	15	05:30:00	434	509	85%	1	6,5	15	05:30:00	392	451	87%
			2	6	15	05:30:00	428	509	84%	2	6	15	05:30:00	387	451	86%
			3	5,5	15	09:00:00	462	509	91%	3	5,5	15	09:00:00	408	451	90%
			4	6	13	05:30:00	428	509	84%	4	6	13	05:30:00	387	451	86%
			5	5,5	13	09:00:00	467	509	92%	5	5,5	13	09:00:00	413	451	92%
Août Durée de la nuit [9h-10h30]	95-100%	5 m/s 15°C HACS : 04:30 + 03:00 avant le lever du soleil Protection estimée : 80%	1	6	14	11:30:00	8220	8421	98%	1	6	14	11:30:00	6958	7100	98%
			2	6,5	14	11:30:00	8331	8421	99%	2	6,5	14	11:30:00	7032	7100	99%
			3	7	14	09:00:00	8342	8421	99%	3	7	14	09:00:00	7038	7100	99%
			4	6,5	15	11:30:00	8324	8421	99%	4	6,5	15	11:30:00	7030	7100	99%
			5	7	15	09:00:00	8332	8421	99%	5	7	15	09:00:00	7033	7100	99%
Septembre Durée de la nuit [10h30-12h30]	95-100%	5 m/s 15°C HACS : 04:30 + 03:00 avant le lever du soleil Protection estimée : 69%	1	8	12	12:30:00	2380	2400	99%	1	8	12	12:30:00	1801	1814	99%
			2	6,5	12	12:30:00	2302	2400	96%	2	6,5	12	12:30:00	1732	1814	95%
			3	6	12	10:00:00	2111	2400	88%	3	6	12	10:00:00	1583	1814	87%
			4	6,5	10	12:30:00	2307	2400	96%	4	6,5	10	12:30:00	1734	1814	96%
			5	6	10	10:00:00	2116	2400	88%	5	6	10	10:00:00	1585	1814	87%
Octobre Durée de la nuit [12h30-14h]	50-70%	5 m/s 15°C HACS : 04:30 + 03:00 avant le lever du soleil Protection estimée : 24%	1	5,5	9	08:00:00	59	84	70%	1	5,5	9	08:00:00	26	47	55%
			2	4,5	9	08:00:00	41	84	49%	2	4,5	9	08:00:00	12	47	26%
			3	5	9	12:30:00	51	84	61%	3	5	9	12:30:00	17	47	36%
			4	4,5	10	08:00:00	40	84	48%	4	4,5	10	08:00:00	11	47	23%
			5	5	10	12:30:00	48	84	57%	5	5	10	12:30:00	14	47	30%

ANNEXE 8 : DEMANDE DE DEROGATION POUR LA CAPTURE OU L'ENLEVEMENT DE CADAVRES DE CHIROPTERES PROTEGES



Direction départementale
des Territoires

Arrêté n° DDT-2021-184

portant autorisation de dérogation pour l'enlèvement et le transport
de cadavres d'oiseaux et de chiroptères protégés
accordée au bureau d'études Ecosphère

Le Préfet du Cher
Chevalier de l'Ordre National du Mérite,

Vu le code de l'environnement, notamment les articles L.411-1, L.411-2, L.415-3 et R.411-1 à R.411-14, R.411-13-1 et R.411-13-2 ;

Vu le décret n° 2019-1352 du 12 décembre 2019 portant diverses dispositions de simplification de la procédure d'autorisation environnementale ;

Vu le décret n° 97-34 du 15 janvier 1997 et le décret n° 97-1204 du 19 décembre 1997 relatifs à la déconcentration des décisions administratives individuelles ;

Vu l'arrêté ministériel du 6 janvier 2020 modifiant les conditions d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L.411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées ;

Vu l'arrêté ministériel du 6 janvier 2020 fixant la liste des espèces animales et végétales à la protection desquelles il ne peut être dérogé qu'après avis du Conseil national de la protection de la nature ;

Vu l'arrêté ministériel du 23 avril 2007 modifié fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ;

Vu l'arrêté ministériel du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de protection ;

Vu l'arrêté préfectoral n° 2021-0004 du 7 janvier 2021 accordant délégation de signature à M. Thierry TOUZET, directeur départemental des territoires du Cher ;

Vu l'arrêté DDT n° 2021-044 du 1er mars 2021 accordant subdélégation de signature à certains agents de la Direction départementale des territoires du Cher ;

Vu la demande de dérogation adressée le 16 mars 2021, par le bureau d'études Ecosphère, visant à récolter, à transporter et à détenir, des cadavres d'oiseaux et de chauves-souris protégés non reconnaissables sur place pour les identifier en laboratoire, dans le cadre du suivi de l'impact post-installation du parc éolien situé sur les communes d'Ids-Saint-Roch et Touchay pendant l'année 2021 ;

Vu l'avis favorable avec réserve de la Direction régionale de l'Environnement, de l'aménagement et du logement Centre-Val de Loire, du 17 mars 2021 ;

Vu l'avis favorable du 25 juin 2021 du Conseil national de la protection de la nature ;

Considérant la qualification du demandeur et des objectifs scientifiques poursuivis ;

Considérant que la dérogation sollicitée ne nuit pas au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle ;

Considérant que la demande d'autorisation de ramassage et de transport d'espèces animales protégées est motivée par l'application du protocole national de suivi de la mortalité causée par les éoliennes ;

Sur proposition du directeur départemental des Territoires,

ARRÊTE :

Article 1^{er} – Identité du bénéficiaire

Le bénéficiaire est le bureau d'études Ecosphère, 112 rue du Nécotin, 45000 ORLEANS.

Les personnes suivantes, salariées du bureau d'étude Ecosphère, sont les bénéficiaires de la dérogation : Mmes Manon ACQUEBERGE, Elodie BRUNET et MM. Hugo AUCLAIR, Maxime COLLET, Matthieu ESLINE et Laurent SPANNEUT.

Un appui scientifique pour l'identification des cadavres sera réalisé par M. Sébastien ROUE.

Article 2 – Nature et conditions de la dérogation

Dans le cadre du suivi de l'impact post-installation du parc éolien situé sur les communes d'Ids-Saint-Roch et Touchay, le bénéficiaire est autorisé à enlever, à transporter et à détenir, des cadavres d'oiseaux et de chauves-souris non reconnaissables sur place pour les identifier en laboratoire selon le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres élaboré sous la responsabilité du MTE (contrôle de toutes les éoliennes pour les parcs de moins de 8 éoliennes, avec un minimum de 20 passages entre mi-mai et fin octobre) et va même au-delà en termes de nombre de passages sur chaque éolienne (40) et d'étendue de la période de suivi (début en avril).

Les résultats de ces suivis permettront d'alimenter les études en cours sur l'impact des parcs éoliens sur la faune volante et déclencher le cas échéant la mise en place de mesures correctives (bridage, par exemple) selon les taux de mortalité constatés sur le parc.

Le demandeur s'engage à transmettre les cadavres de chauves-souris après identification au Muséum d'histoire naturelle de Bourges pour alimenter en particulier l'étude sur l'origine géographique des spécimens impactés à travers des analyses isotopiques.

Article 3 – Mesures de suivi

Un bilan des résultats des suivis des mortalités sera transmis au plus tard 6 mois après la fin des inventaires à :

- la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement Centre-Val de Loire, Service eau, biodiversité, risques naturels et Loire, 5 avenue Buffon, 45064 ORLÉANS CEDEX,
- la Direction départementale des territoires du Cher, Service environnement et risques, 6 place de la Pyrotechnie, CS 20001, 18019 BOURGES CEDEX.

Article 4 – Durée de validité de la dérogation

La présente dérogation visée à l'article 2 est valable à compter de la date de signature du présent arrêté jusqu'au 31 décembre 2021.

Direction départementale des Territoires
6, place de la Pyrotechnie - CS 20001 - 18019 Bourges Cedex - tél : 02 34 34 61 00 - fax : 02 34 34 63 00
Horaires d'ouverture : du lundi au jeudi de 9h à 11h30 et de 14h à 16h30 - le vendredi de 9h à 11h30 et de 14h à 16h

Après un recours gracieux ou hiérarchique, le délai du recours contentieux ne court qu'à compter du rejet explicite ou implicite de l'un de ces recours.

Article 5 – Autres procédures

La présente décision ne dispense pas de l'obtention d'autres accords ou autorisations par ailleurs nécessaires pour la réalisation de l'opération sus-mentionnée.

Article 6 – Mesures de contrôle

La mise en œuvre des dispositions visées aux articles 2 et 3 peuvent faire l'objet des contrôles prévus à l'article L.415-3 du code de l'environnement par les agents chargés de constater les manquements aux prescriptions

Article 7 – Sanctions

Le non-respect du présent arrêté est passible des mesures et sanctions définies à l'article L.415-3 du code de l'environnement.

Article 8 - La secrétaire générale de la préfecture du Cher, le directeur départemental des Territoires et le bureau Ecosphère sont chargés, chacun en ce qui le concerne de l'exécution du présent arrêté, dont une copie sera notifiée au directeur régional de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Centre-Val de Loire et au chef du service départemental de l'Office français de la biodiversité du Cher .

Bourges, le 5 JUIL. 2021

Le Préfet,
Pour le Préfet et par délégation,
Le directeur départemental des Territoires, et par subdélégation,
L'adjoint à la cheffe de service,



Lucie ARNAUDET

Voies et délais de Recours

Dans un délai de deux mois à compter, soit de la notification, soit de la publication du présent arrêté au recueil des actes administratifs de la préfecture du Cher, les recours suivants peuvent être introduits :

- un recours gracieux, adressé à M. le préfet du Cher ;
- un recours hiérarchique, adressé au(x) ministre(s) concerné(s) ;

Dans ces deux cas et conformément aux dispositions de l'article R. 421-2 du code de justice administrative, le silence de l'administration vaut rejet implicite au terme d'un délai de deux mois.

- un recours contentieux, en saisissant le Tribunal Administratif d'Orléans (45). Le tribunal administratif d'Orléans peut être saisi par l'application « télérecours citoyens » accessible par le site internet <http://www.telerecours.fr>.

4 / 4