

NEOEN



Parc éolien des Champs d'Amour (36) Suivi post-implantation 2021

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

25/03/2022

INFORMATIONS & CONTACTS ●●●

Parc éolien des Champs d'Amour (36) Suivi post-implantation 2021

Étude réalisée pour : Centrale Eolienne des Champs d'Amour - Neoen

🏠 6 rue Ménars
75002 Paris, France

👤 **Gaëlle DAVAINÉ**
Asset Manager

📞 06 20 01 15 91

@ gaelle.davaine@neoen.com

Étude réalisée par : ÉCOSPHÈRE Agence Centre-Bourgogne

🏠 112 rue du Nécotin, 45000 ORLEANS

☎ 02 38 42 12 90

Coordination

Manon ACQUEBERGE
Chargée d'études faune

Suivi de mortalité

Laurie BURETTE, Bastien CORNIAUX, Ghislain DURASSIER, Margot JODET
Chargés d'études faune
Elodie BRUNET
Chargée d'études flore

Suivi en nacelle

Ludivine DOYEN
Directrice de l'agence Centre-Bourgogne
(Biotope)
Julien TRANCHARD
Chargé d'études faune (Biotope)

Analyses faunistiques

Manon ACQUEBERGE, Bastien CORNIAUX
Chargés d'études faune

SIG et cartographie

Ulysse BOURGEOIS
Géomaticien

Contrôle qualité

Guillaume VUITTON
Directeur de l'agence Centre-Bourgogne

CONTEXTE ●●●

La société Neoen, pour le compte de la Centrale éolienne des Champs d'Amour SAS, a obtenu le 18 novembre 2014 l'autorisation d'exploiter un parc éolien sur les communes de Meunet-sur-Vatan et Reboursin, dans le département de l'Indre (36). Situé en Champagne-Berrichonne, ce parc comprend 4 éoliennes de type Vestas V110/2200. Il a été mis en service en février 2018.

Pour une application de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploitation, Neoen a missionné simultanément un suivi de mortalité associé à un suivi acoustique en nacelle des chiroptères en 2019, afin d'évaluer l'efficacité du bridage nocturne préventif des éoliennes mis en œuvre depuis l'été 2019. A la suite de cette étude, de nouvelles recommandations de bridage ont pu être préconisées.

Le suivi réalisé en 2021 a pour objet de vérifier l'efficacité de ce nouvel algorithme de bridage.

Mission d'Écosphère :

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

- Effectuer des recherches de cadavres au sol de fin mai à fin octobre (soit 5 mois) sur l'ensemble des éoliennes ;
- Évaluer les impacts par collision ou barotraumatisme par la mise en relation des résultats de mortalité avec les données du suivi acoustique (issues d'un prestataire extérieur) ;
- 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	9
2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ECOLOGIQUE.....	9
2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES.....	9
2.3 SITUATION ECOLOGIQUE ANTERIEURE – RAPPEL DE L'ETUDE D'IMPACT ET DU SUIVI POST-IMPLANTATION ...	10
3. METHODES DE TRAVAIL	13
3.1 SUIVI DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE	13
3.2 SUIVI DE MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX	14
3.3 METHODE D'EVALUATION DES ESPECES FREQUENTANT LE PARC.....	21
3.4 METHODE DE DEFINITION DES IMPACTS ET DES MESURES DE REDUCTION ADAPTEES AU PARC	23
4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE	24
4.1 DESCRIPTION DES ACTIVITES ENREGISTREES	24
4.2 SYNTHESE ET EVALUATION DES ACTIVITES.....	25
4.3 REPARTITION DE L'ACTIVITE SELON L'HEURE DE LA NUIT	26
4.4 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LES VITESSES DE VENT.....	27
4.5 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LA TEMPERATURE	28
5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE MORTALITE	30
5.1 RESULTATS BRUTS	30
5.2 VARIABLES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE	33
5.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE	36
5.4 CONCLUSION SUR LE SUIVI DE MORTALITE	38
6. EVALUATION DES IMPACTS PAR COLLISION ET BAROTRAUMATISME	39
6.1 OISEAUX	39
6.2 CHAUVES-SOURIS	39
6.3 ELEMENTS DE COMPARAISON AVEC LE PREMIER SUIVI DE MORTALITE (2019)	40
7. MESURES DE REDUCTION DES RISQUES DE COLLISION.....	42
7.1 PROTECTION DES CHAUVES-SOURIS FREQUENTANT LE PARC PAR UN BRIDAGE NOCTURNE DIFFERENCIE	42
7.2 CONTROLE DE L'ECLAIRAGE NOCTURNE	43
7.3 GESTION DES HABITATS AUTOUR DES EOLIENNES	43
8. MESURES DE SUIVI.....	43
9. BIBLIOGRAPHIE	44
ANNEXE 1 : DATES DE PROSPECTION DU SUIVI DE MORTALITE ET DES TESTS ASSOCIES.....	49
ANNEXE 2 : SURFACES PROSPECTEES PAR EOLIENNE AU COURS DU SUIVI	50

ANNEXE 3 : SYNTHESE DES CADAVRES DECOUVERTS LORS DU SUIVI DE MORTALITE	51
ANNEXE 4 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR D'EOLAPP.....	52
ANNEXE 5 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR DE GENEST	53
ANNEXE 6 : PARAMETRES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE AVEC 55	
ANNEXE 7 : DEMANDE DE DEROGATION POUR LA CAPTURE OU L'ENLEVEMENT DE CADAVRES ; ET D'OISEAUX PROTEGES	56



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 des Champs d'Amour est situé sur les communes de Meunet-sur-Vatan et Reboursin, dans le département de l'Indre (36), en région Centre-Val de Loire. Le parc est ainsi localisé en Champagne-Berrichonne, à environ 20 km au sud-ouest de Vierzon, et à 30 km au nord de Châteauroux.

Le parc éolien des Champs d'Amour est composé de 4 éoliennes, mises en service en février 2018.

❖ Contexte du suivi post-implantation de 2021

Le parc des Champs d'Amour a été mis en service en février 2018. Sur demande de la DREAL, Ecosphère a défini en juin 2017 un bridage préventif qui a été mis en place à l'été 2019. Un premier suivi post-implantation, composé d'un suivi de la mortalité (mi-août à mi-octobre) et d'un suivi acoustique à hauteur de nacelle (fin juillet à début novembre) a été réalisé en 2019 pour évaluer ce bridage préventif. Celui-ci a conclu à une adaptation du bridage. Ces mesures correctives ont été mises en place à partir de l'année 2020.

Conformément à l'arrêté du 22/06/2020, un second suivi post-implantation a été réalisé au cours de l'année 2021 afin de vérifier l'efficacité des mesures correctives.

❖ Méthodes de travail

Suivi à hauteur de nacelle

Le suivi à hauteur de nacelle n'a pas été réalisé par Ecosphère mais par Biotopie. Cependant, les résultats obtenus ont pu être utilisés pour définir le niveau d'impact du parc sur les chiroptères. Un SM4BAT a ainsi été installé sur l'éolienne E3 et a fonctionné du 12 mai au 31 octobre 2021.

Le micro a été opérationnel du début à la fin du suivi, ce qui représente 173 nuits exploitables.

Mortalité

Les **4 éoliennes du parc**, se trouvant toutes dans un contexte de grandes cultures, avec toutefois quelques haies, bosquets et boisements aux abords, ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un protocole standardisé. Un total de **37 passages a été réalisé entre le 26 mai et le 27 octobre 2021** (semaines 21 à 43), avec un **intervalle moyen entre les passages de 3,4 jours**, entrecoupé par une période sans suivi entre le 25 juin et le 30 juillet 2021.

Les pâles mesurant 55 m, les prospections se sont effectuées dans un rayon de **55 mètres** autour des mâts des machines.

Deux tests de persistance ont été réalisés (les 10/06 et 23/08/21) avec un suivi de la persistance des 2 à 6 leurres répartis sur chacune des 4 éoliennes à J+1, J+3, J+7, J+10 et J+14. Les **deux tests d'efficacité** des observateurs (07/06 et 15/09/21) ont consisté en la dépose de 105 leurres sur les différentes zones prospectables autour des éoliennes.

Les **résultats bruts sont corrigés grâce aux 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).

❖ Résultats du suivi acoustique à hauteur de nacelle

Au total, durant ce suivi 2021, **2 609 contacts de chauves-souris** ont été enregistrés par le SM4BAT au niveau de l'éolienne E3. Les espèces les plus contactées sont dans l'ordre la **Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune, le groupe des Sérotines / Noctules sp. et le groupe des Pipistrelles de Kuhl / de Nathusius. La Noctule commune peut être considérée comme abondante au cours du suivi.** 2 contacts de Grande Noctule et 2 contacts d'Oreillard sp. ont également été enregistrés 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.

❖ Résultats du suivi de la mortalité

Résultats bruts

La mortalité constatée entre fin mai et octobre 2021 se compose de **6 individus** :

- **1 oiseau** : 1 Faucon crécerelle [sédentaire ou migrateur] ;
- **5 chiroptères appartenant à 4 espèces** : 1 Pipistrelle commune [sédentaire], 1 Pipistrelle de Kuhl [sédentaire], 1 Pipistrelle de Nathusius [migratrice] et 2 Noctules de Leisler [migratrices].

Les cadavres découverts sont distribués de manière relativement homogène entre les éoliennes, avec 0 à 3 découvertes par éolienne.

Persistance des cadavres

Les tests de persistance réalisés à partir de 36 leurres montrent un **taux de persistance de 25 % (première période) à 8 % (seconde période)** durant l'intervalle (3 j).

La persistance est faible en première comme en seconde partie de suivi. **L'intervalle réduit entre les passages permet de diminuer les biais liés à la disparition trop rapide des cadavres et de ne pas augmenter le degré d'imprécision.** Le temps moyen de persistance est ainsi d'environ la moitié de l'intervalle aux deux périodes.

Détectabilité (efficacité de l'observateur)

Le **taux d'efficacité (ou de détection) est de 0,88 pour la période 1 et de 0,84 pour la période 2.**

Le taux moyen de détection est considéré comme bon, avec 86% [IC 80 % : 0,81-0,90] de leurres découverts sur l'ensemble de la période de prospection. Toutefois, on notera que la détectabilité est clairement moindre avec des leurres de petite taille.

Surface prospectée

La surface moyenne de prospection est de 69 % sur l'intégralité du suivi, avec une variabilité au cours de l'année et entre les éoliennes.

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 **19 chiroptères [IC 80 %¹ : 10 - 31] pour l'ensemble du suivi**. Aucune estimation n'a été effectuée pour les oiseaux, le nombre de cadavres trouvés étant trop faible pour obtenir des résultats statistiquement fiables.

La mortalité est variable au cours des périodes du suivi, en fonction de l'écologie des espèces impactées. Ainsi, aucun cadavre n'a été détecté sur le parc avant mi-septembre. La mortalité des chiroptères n'a donc été constatée qu'en période de migration postnuptiale.

❖ Evaluation des impacts par collision

Le niveau d'impact constaté par la mortalité en 2021 sur le parc des Champs d'Amour, issu du croisement entre l'intensité de l'impact et l'enjeu de conservation des espèces, est négligeable pour la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl et le Faucon crécerelle, au vu des très grandes populations européennes de ces espèces. **Ce niveau d'impact est faible pour la Pipistrelle de Nathusius et la Noctule de Leisler**, qui sont des espèces plus rares présentant un enjeu de conservation régional.

Le niveau d'impact pour les chiroptères est moyen en septembre et faible en juin, août et octobre. Du fait de l'absence de cadavres découverts en dehors de la période automnale et d'une activité faible à modérée des chauves-souris entre mai et juillet sur le parc, le niveau d'impact pour les oiseaux et les chiroptères est estimé à négligeable en mai et juillet. Il est tout de même à noter que ces deux mois n'ont pas fait l'objet de suivis complets, ce qui implique que des cadavres ont potentiellement été manqués à cette période.

❖ Mesures de réduction des risques de collision et de suivi

Bridage nocturne

Le suivi de l'activité à hauteur de nacelle et le suivi de mortalité réalisés en 2021 permettent d'estimer que **le taux d'activité chiroptérologique couvert par les arrêts machines est suffisamment important pour que le bridage mis en place en 2020 soit conservé sur le parc des Champs d'Amour**, sans modification en intégrant une variabilité interannuelle. En effet, les risques de collisions pour les chiroptères sont modérés en septembre, faibles en juin, août et octobre et négligeables en mai et juillet. Le pourcentage d'activité globale enregistrée lors des suivis acoustiques actuellement protégé par le bridage, selon les niveaux de risque évalués, limite significativement les impacts résiduels du parc sur les chauves-souris, bien que des cas de mortalité soient encore constatés en septembre et octobre.

Le tableau suivant résume les paramètres du bridage retenu :

	Bridage préconisé (identique à celui de 2020)
Janvier	Aucun bridage
Février	Aucun bridage

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 %. Cela

	Bridage préconisé (identique à celui de 2020)
Mars	Aucun bridage
Avril	Aucun bridage
Mai	Aucun bridage
Juin	Aucun bridage
Juillet	Aucun bridage
Août	≤ 6,5 m/s 30 min avant coucher jusqu'à 7h30 après >19°C
Septembre	≤ 6,5 m/s 30 min avant coucher jusqu'à 7h30 après >18°C
Octobre	≤ 6 m/s 30 min avant coucher jusqu'à 3h30 après >15°C
Novembre	Aucun bridage
Décembre	Aucun bridage

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.

La durée pendant laquelle la lampe reste allumée ne devra pas dépasser les deux minutes afin de limiter les risques de pollution lumineuse.

Gestion des habitats autour des éoliennes

Les friches herbacées aux abords de la plateforme des éoliennes constituent des habitats privilégiés par les chauves-souris et le Faucon crécerelle, pour la chasse en particulier. **Afin de limiter leur attractivité, il est recommandé de les maintenir à ras le plus longtemps possible tout au long de la saison active (mars à octobre en général).**

Toutefois, les plateformes du parc éolien des Champs d'Amour ne présentent pas de surfaces significatives laissées volontairement en friche, réduisant déjà ce facteur de risque.

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.

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.

Étant donné le faible nombre de cadavres de chauves-souris et l'impact négligeable du parc sur les oiseaux, **une nouvelle vérification de l'efficacité du bridage nocturne ne semble pas nécessaire** au regard des mesures déjà mises en place.



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 & SFEPM) et le Muséum National d'Histoire Naturelle ont permis alors d'aboutir à un nouveau consensus. Sur cette base, une décision ministérielle a été publiée le **5 avril 2018² 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 et risques d'impact identifiés.

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 des Champs d'Amour, le suivi ayant été contractualisé en mars 2021 et débuté en mai 2021, les préconisations du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) s'y appliquent.

Le parc des Champs d'Amour a été mis en service en février 2018. Sur demande de la DREAL, Ecosphère a défini en juin 2017 un **bridage préventif qui sera mis en place en été 2019**. Un premier suivi post-implantation, composé d'un suivi de la mortalité (mi-août à mi-octobre) et d'un suivi acoustique à hauteur de nacelle (fin juillet à début novembre) a été réalisé en 2019 pour évaluer ce bridage préventif. Celui-ci a conclu à une **adaptation du bridage**. Ces mesures correctives ont été **mises en place à partir de l'année 2020**.

² Décision du 5 avril 2018, NOR : TREP1807992S

Conformément à l'arrêté du 22/06/2020, un second suivi post-implantation a été réalisé au cours de l'année 2021 afin de vérifier l'efficacité des mesures correctives.



2. PRESENTATION DU PARC EOLIEN

2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ECOLOGIQUE

Voir la carte « Localisation du parc éolien » en fin de chapitre.

Le parc éolien des Champs d'Amour est situé sur les communes de Meunet-sur-Vatan et Reboursin, dans le département de l'Indre (36), en région Centre-Val de Loire. Le parc est ainsi localisé en Champagne-Berrichonne, à environ 20 km au sud-ouest de Vierzon, et à 30 km au nord de Châteauroux. Il est par ailleurs situé au nord de l'autoroute A20, au niveau de l'aire des Champs d'Amour. Le parc est constitué de 4 éoliennes, toutes implantées au sein de cultures intensives.

Ce parc s'inscrit ainsi dans un contexte de grandes cultures. Quelques haies, bosquets et boisements se trouvent toutefois aux abords, certains à moins de 200 m des machines.



Contexte écologique aux abords des éoliennes (B. Corniaux - Ecosphère)



Vue du parc des Champs d'Amour fin mai 2021 (B. Corniaux – Ecosphère)

2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES

Le parc éolien des Champs d'Amour est composé de 4 éoliennes mises en service en février 2018, toutes du modèle Vestas V110/2200.

Modèle	Vestas V110/2200
Puissance nominale	2,2 MW
Puissance cumulée du parc	8,8 MW
Date de mise en service	02/2018
Hauteur du moyeu	95 m
Diamètre du rotor	110 m
Garde au sol	40 m
Zone de balayage du rotor	9 504 m ²
Vitesse de connexion (cut-in wind speed)	3 m/s
Vitesse max d'arrêt (10 min en moyenne)	20 m/s
Vitesse de rotation maximale	14,1 tours/minute
Vitesse de rotation minimale	7,9 tours/minute

Au cours du suivi de 2021, les éoliennes ont fonctionné selon un algorithme de bridage mis en place en 2020. Cet algorithme a été établi à partir du suivi de mortalité au sol et du suivi acoustique en continu à hauteur de nacelle réalisés en 2019.

Le tableau ci-dessous détaille l'ensemble des conditions de fonctionnement des éoliennes au cours du suivi de 2021.

	Bridage préconisé dès 2020
Janvier	Aucun bridage
Février	Aucun bridage
Mars	Aucun bridage
Avril	Aucun bridage
Mai	Aucun bridage (contrôle de cette préconisation en 2021)
Juin	Aucun bridage (contrôle de cette préconisation en 2021)
Juillet	Aucun bridage (contrôle de cette préconisation en 2021)
Août	≤ 6,5 m/s 30 min avant coucher jusqu'à 7h30 après >19°C
Septembre	≤ 6,5 m/s 30 min avant coucher jusqu'à 7h30 après >18°C

	Bridage préconisé dès 2020
Octobre	≤ 6 m/s 30 min avant coucher jusqu'à 3h30 après >15°C
Novembre	Aucun bridage
Décembre	Aucun bridage

(niveau d'impact : blanc : négligeable/faible (= non significatif) ; jaune = moyen ; orange = assez fort ; rouge = fort ; marron = très fort)

2.3 SITUATION ECOLOGIQUE ANTERIEURE – RAPPEL DE L'ETUDE D'IMPACT ET DU SUIVI POST-IMPLANTATION

2.3.1 ETUDE D'IMPACT ECOLOGIQUE (EIE)

L'étude d'impact écologique a été réalisée en 2012 par Ecosphère. Les inventaires ont été effectués au nord et au sud de l'autoroute A20, autour de l'aire des Champs d'Amour. L'arrêté préfectoral autorisant l'exploitation du parc date du 18 novembre 2014.

Pour les oiseaux, la diversité spécifique nicheuse globale de l'ensemble du site d'étude et de ses abords était de 69 espèces, ce qui représente environ 36 % des espèces nicheuses en région Centre-Val de Loire. Parmi celles-ci, 16 étaient considérées comme peu fréquentes au niveau régional (effectifs nicheurs < 5 000 couples).

Le site se trouve sur l'axe majeur (front large de plus de 100 km) de migration de la Grue cendrée et sur un axe diffus pour les autres espèces migratrices.

Les relevés ponctuels effectués en 2011 montraient des flux migratoires modérés et la présence de voies de déplacement privilégiées. Certaines espèces transitaient en effet au niveau de la vallée du ruisseau de Meunet et des continuités boisées au nord du site, le long de l'autoroute, en direction du parc naturel régional de la Brenne, situé à une quarantaine de kilomètres au sud-ouest. La zone d'étude pouvait potentiellement être traversée par des espèces à enjeu, telles que la Grue cendrée, qui passe en groupes de plusieurs dizaines à plusieurs centaines d'individus à proximité du site d'étude.

Concernant les chauves-souris, 12 espèces avaient été contactées au détecteur d'ultrasons sur la zone d'étude et ses abords immédiats. La Pipistrelle commune constituait la majorité des contacts enregistrés.

Il apparaissait que la zone d'étude au nord de l'autoroute A20 présentait un niveau d'enjeu chiroptérologique pouvant être qualifié d'assez fort, du fait de la présence de gîtes d'été de Noctules, de Pipistrelle commune et de Murins. Une espèce à enjeu fort, la Pipistrelle de Nathusius, une autre à enjeu assez fort, la Noctule de Leisler, ainsi que la Barbastelle à enjeu moyen avaient été contactées sur l'ensemble de cette zone.

Sur l'aire d'étude, la zone au sud de l'autoroute A20 était constituée principalement par des grandes cultures et ne présentait ainsi qu'un faible intérêt pour les chauves-souris. Aucun gîte n'y avait été identifié.

Au sein des parcelles agricoles ouvertes correspondant au site d'implantation, des contacts de Pipistrelle de Nathusius et de Noctule de Leisler avaient été enregistrés de juin à septembre mais en très faibles

quantités (< 20 contacts/nuit). S'agissant d'individus isolés, il n'y avait probablement pas de passage migratoire significatif de chauve-souris au-dessus de la zone d'étude.

Aux abords immédiats, le bâti et les lisières boisées adjacentes (Coublou, Aigremont, Mizeray, la Berthommière et Terluet) étaient bien plus fréquentés.

2.3.2 ARRETE PREFECTORAL D'AUTORISATION D'EXPLOITER

L'arrêté préfectoral du 18 novembre 2014 stipule qu'un suivi environnemental soit réalisé au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation. Si 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 doit par ailleurs être prolongé de manière à vérifier l'efficacité des mesures retenues.

Par ailleurs, l'arrêté du 18 novembre 2014 stipule que pour prévenir les risques de collision avec les chiroptères, l'exploitant met en œuvre un plan de fonctionnement des aérogénérateurs dès la mise en service industrielle du parc, intégrant des phases de bridages des éoliennes aux périodes critiques pour les chauves-souris. La définition du plan de fonctionnement fait l'objet d'un rapport préalable transmis, pour validation, à l'inspection des installations classées.

Ce rapport préalable a été rédigé par Ecosphère en 2017. Le plan de bridage défini dès la mise en service du parc des Champs d'Amour, en 2018, est rappelé ci-dessous :

- pour les deux éoliennes **E1 et E3** : un arrêt programmé des machines a été établi de **début août à fin octobre** à des **vitesse de vent inférieures à 6 m/s** et sur **3 heures** dès le coucher du soleil ;
- pour les deux éoliennes **E2 et E4**, plus proches d'éléments arborés et boisés du paysage, un arrêt programmé des machines plus important a été défini, de **début août à fin octobre** à des **vitesse de vent inférieures à 6 m/s** et sur **6 heures** dès le coucher du soleil.

Le bridage a été établi uniquement pour des **températures supérieures à 10°C**, l'activité chiroptérologique étant non significative sous cette température.

2.3.3 SUIVI POST-IMPLANTATION 2019

Un premier suivi de mortalité a été réalisé sur le parc des Champs d'Amour en 2019 : il était constitué de 16 passages répartis entre mi-août et mi-octobre (intervalle moyen entre les passages de 3,5 jours). Les 4 éoliennes du parc avaient été suivies, avec une surface moyenne de prospection de 78 % sur l'intégralité du suivi (écart de 17 à 100 % selon l'éolienne concernée).

La mortalité brute était de 16 cadavres découverts : 11 chauves-souris (7 Pipistrelles communes, 1 Pipistrelle de Nathusius, 1 Pipistrelle de Kuhl, 1 Noctule de Leisler et 1 Grand Murin) et 5 oiseaux (3 Roitelets à triple-bandeau, 1 Pouillot fitis et 1 Hirondelle de fenêtre).

L'estimation de la mortalité réelle à partir de l'application EolApp pour la formule d'Huso aboutissait à une mortalité réelle d'environ 45,5 individus (IC 80 % compris entre 27 et 72), avec une médiane de 31,5 chiroptères et 14 oiseaux.

L'estimation de la mortalité réelle à partir de l'application EolApp pour la formule de Jones aboutissait à une mortalité réelle d'environ 49 individus (IC 80 % compris entre 28,5 et 81), avec une médiane de 34 chiroptères et 15 oiseaux.

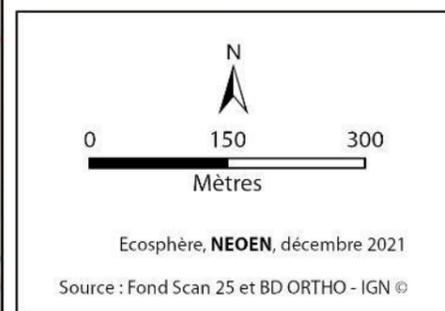
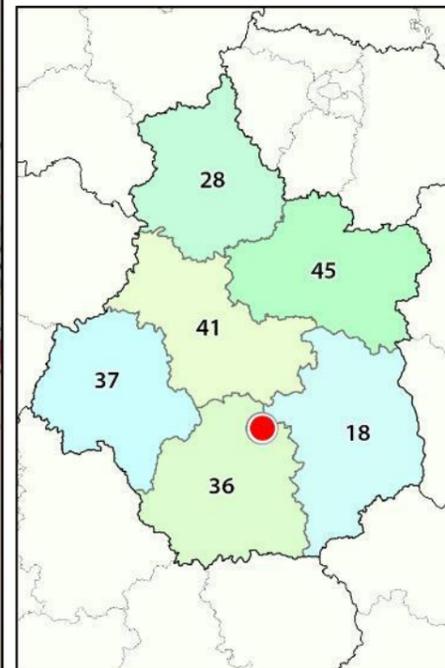
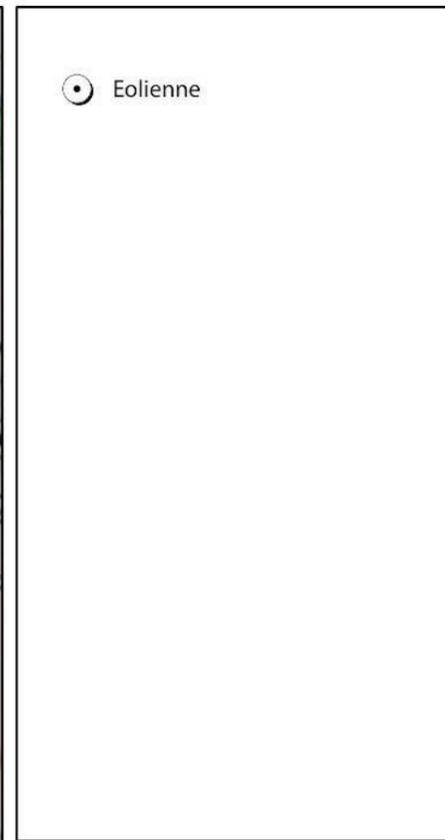
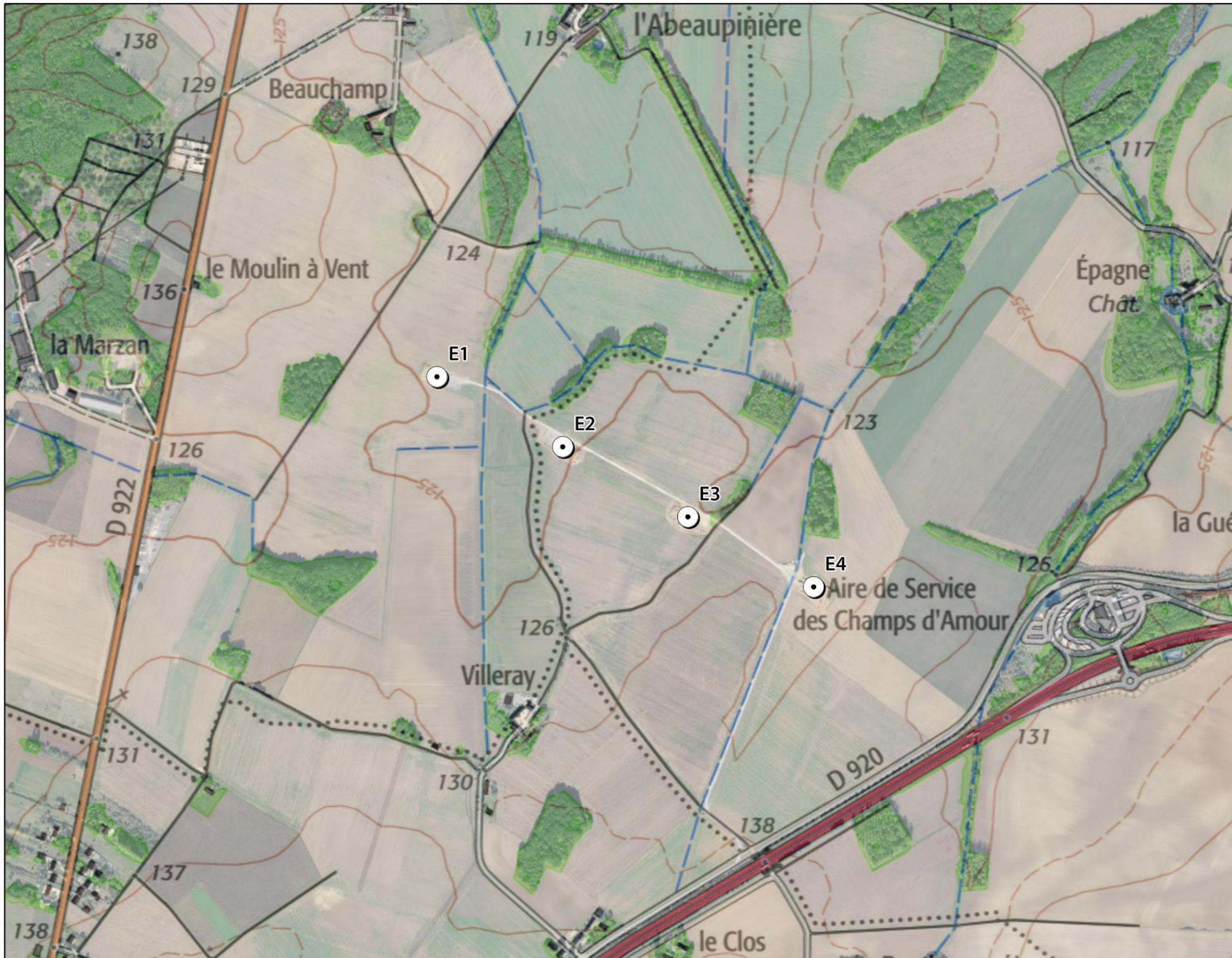
En conclusion, le **niveau d'impact constaté par la mortalité en 2019**, issu du croisement entre l'intensité de l'impact et l'enjeu de conservation des espèces, **était considéré de niveau moyen pour la Noctule de Leisler, la Pipistrelle de Nathusius et la Pipistrelle commune**, et faible à négligeable pour les autres espèces impactées.

Dans le même temps, l'activité des chiroptères a été suivie à hauteur de nacelle en 2019, à l'aide d'un détecteur automatique d'ultrasons, placé sur l'éolienne 2 du parc des Champs d'Amour.

Les espèces majoritairement contactées en 2019 étaient les Noctules communes et de Leisler ainsi que la Pipistrelle commune. Le nombre de contacts par nuit était important et semblait se concentrer au début et durant la deuxième quinzaine du mois d'août, aux alentours de la mi-septembre, ainsi que début et mi-octobre 2019. Le seul pic d'activité de la Pipistrelle commune a eu lieu début septembre.

Trois autres espèces ont été plus faiblement contactées : les Pipistrelles de Kuhl et de Nathusius, et le Grand Murin. Les pics d'activité de ces deux pipistrelles se situaient aux alentours de la mi-septembre et début octobre. La présence de quelques Grands Murins à hauteur de nacelle est à noter, exclusivement au mois d'août (pour la période du suivi considérée).





3. METHODES DE TRAVAIL

3.1 SUIVI DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE

Les informations du paragraphe 3.1 sont notamment issues du rapport de Biotope rédigé en mars 2022, relatif au suivi de l'activité des chiroptères en altitude sur le parc des Champs d'Amour en 2021.

Un suivi d'activité chiroptérologique en altitude a été mené en continu depuis la nacelle de l'éolienne E3, par Biotope. Cette méthode permet d'enregistrer l'activité à hauteur de pales, soit dans la zone la plus à risque pour les chauves-souris.



Microphone et boîtier positionnés au sein de l'éolienne E3 en 2021 (Biotope)

L'éolienne E3 a été équipée d'un système de détection/enregistrement des ultrasons du 12 mai au 31 octobre 2021. L'appareil utilisé est un SM4BAT. Les données recueillies ont ainsi permis d'apprécier le peuplement chiroptérologique présent sur le site sur plus de 5 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 (SonoChiro 4.0 et Batsound Pro).

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.

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 95 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 ;
- 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. Par exemple, les noctules et sérotines émettent des cris relativement graves audibles jusqu'à une centaine de mètres. A l'inverse, les cris des rhinolophes ont une très faible portée et sont inaudibles au-delà de 5 à 10 m. La grande majorité des chauves-souris (murins et pipistrelles) sont détectables entre 10 et 30 m.

- Les conditions météorologiques : le micro du SM4BAT, 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 a automatiquement été effectué pour vérifier la qualité du micro tout au long du suivi.

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, 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 dans les extrêmes, les séquences 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.

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 4 éoliennes du parc, se trouvant toutes dans un contexte agricole de cultures intensives, 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. Ainsi, conformément à ces préconisations et afin vérifier l'efficacité des mesures de régulation mises en place à partir de 2020, **un total de 37 passages a été réalisé pour chaque éolienne selon un calendrier adapté. Ces passages sont répartis en deux périodes, comprises entre les semaines 21 et 43 (de fin mai à fin octobre). Les 10 premiers passages ont été effectués entre fin mai et fin juin (semaines 21 à 25) et les 27 suivants entre fin juillet et fin octobre (semaines 30 à 43). Les suivis ont été réalisés à raison de 2 passages par semaine.**

L'étude d'impact ne fait état d'aucun enjeu ou impact particulier sur la période hivernale, tandis que le flux migratoire est qualifié de « très diffus » au printemps ; ces périodes ne sont donc pas étudiées au cours du suivi de 2021. Pour rappel, l'activité chiroptérologique est presque nulle entre novembre et mars et très faible en avril et début mai sous nos latitudes et le site ne présente pas d'intérêt particulier pour l'hivernage des espèces d'oiseaux sensibles au risque de collision.

La période entre fin juin et fin juillet n'a pas non plus été suivie. En effet, en raison de la faible persistance constatée sur le parc des Champs d'Amour en 2019, il a été décidé d'effectuer des passages sur un intervalle de temps rapproché entre fin mai et fin juin (intervalle entre les passages de 3,3 j) plutôt que de réaliser des passages étalés entre fin mai et fin juillet à une fréquence plus faible (de l'ordre de 1 passage par semaine). Il est par ailleurs à noter que l'activité chiroptérologique était faible sur le parc en juillet et plus importante en juin (voir partie 4.1.2).

La fréquence des passages a été constante au cours de l'année, avec un **intervalle moyen entre chaque passage de 3,4 j sur la globalité du suivi.**

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

Par ailleurs, deux périodes d'étude ont été définies dans le but d'affiner l'analyse et l'interprétation des résultats :

- **la période 1** : ici, de fin mai à fin juin. Elle correspond principalement à la période de reproduction des oiseaux et à la parturition des chauves-souris. Durant cette période, la majorité des cultures agricoles présentes sur le site d'étude sont bien développées ou à maturité, rendant les surfaces de recherche non-prospectables à 100 %. La surface moyenne prospectée sur l'ensemble du parc est donc réduite.
- **la période 2** : ici, de fin juillet à fin octobre. Elle correspond principalement à la période de migration postnuptiale et aux dispersions des jeunes. Dans le secteur d'étude, les moissons ont eu lieu en juillet. Ainsi, durant cette période, la quasi-totalité des surfaces est prospectable. La surface moyenne prospectée sur l'ensemble du parc est donc importante.

3.2.2 RECUEIL DES DONNEES BRUTES DE MORTALITE

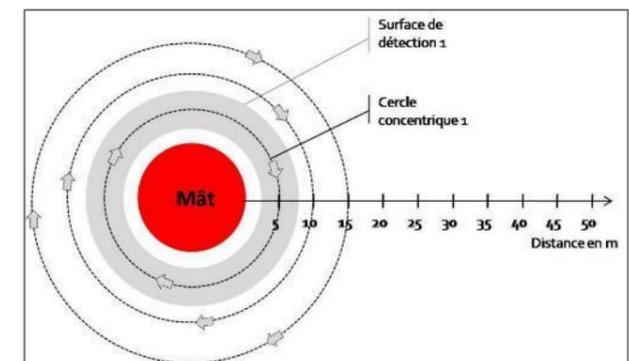
Le protocole d'étude directe de la mortalité implique la recherche de cadavres d'oiseaux et de chiroptères au sol.

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 des Champs d'Amour, dont les pâles mesurent 55 m, les prospections se sont donc effectuées dans un rayon de 55 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 cadavres 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 **11 transects**



pour s'éloigner au maximum de 55 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, pour minimiser l'impact de la prédation diurne, et 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 ensuite intégrées dans le calcul des taux de détection afin d'interpréter correctement les résultats.

Classes de végétation relevées sur le terrain

Classe de végétation	Type de végétation	Suivi de mortalité
Classe 1	Végétation haute et dense, sans visibilité au sol => cultures	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 plateformes, cultures très basses, labours grossiers	Visibilité moyenne = prospectée

Classe de végétation	Type de végétation	Suivi de mortalité
Classe 3	Végétation de faible hauteur, peu couvrante à absence de végétation => plateformes, chemins, labours fins	Visibilité bonne = prospectée

Il est à noter qu'aucune classe de végétation de moyenne visibilité présentant une surface significative n'a été relevée sur le parc des Champs d'Amour en 2021.

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



Classe de visibilité 3 (bonne) ; plateforme (B. Corniaux – Ecosphère)



Classe de visibilité 3 (bonne) ; labour (B. Corniaux – Ecosphère)



Classe de visibilité 1 (nulle) ; cultures à végétation dense (fèves à gauche, soja à droite) (B. Corniaux – 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.

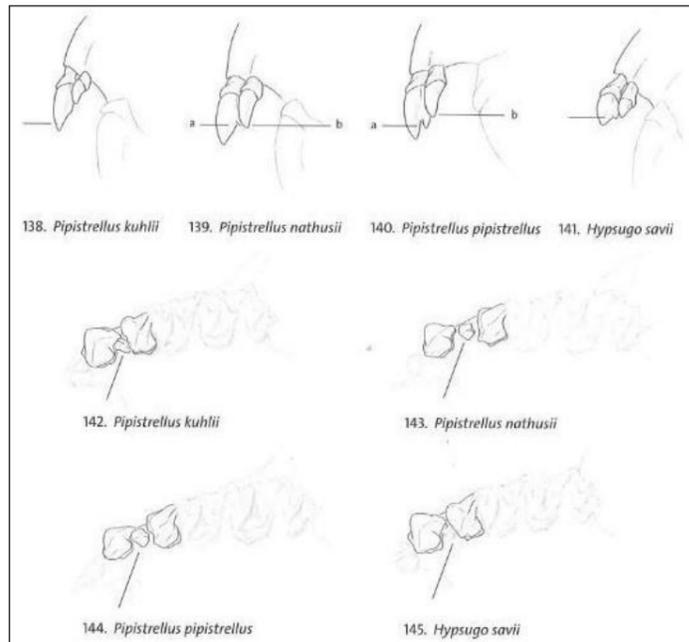
Dans ce cadre, la prise des différentes mesures biométriques nécessaires à l'identification n'est généralement possible qu'avec une manipulation du cadavre de chauve-souris, voire son prélèvement pour l'observation et les mesures de la dentition sous loupe binoculaire. S'agissant d'espèces protégées, **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 de l'Indre (Arrêté n°36-2021-06-28-00005 du 28 juin 2021 ; annexe 7).**

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, 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)

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 (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 légèrement la mortalité (sauf pour des temps de persistances 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, 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 persistances 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**

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. Elles possèdent pour la plupart des caractéristiques particulières permettant de spécifier l'individu. Dans ce cas, le guide suivant peut aider à l'identification :

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

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 »³ et « GenEst⁴ » (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 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, celle-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 consécutifs⁵.

En 2011, Niermann et al. ont réalisé ces tests avec des souris de laboratoire de couleur foncée, qu'ils ont disposé 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 : 10/06/2021), le second en fin d'été (date de dépose des cadavres : 23/08/2021).

Le test a consisté à déposer 2 à 6 cadavres de souris ou poussins fraîchement décongelés autour de la totalité des 4 éoliennes du parc (soit 36 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).



Cadavres de souris déposés pour le test de prédation
(B. Corniaux - Ecosphère)

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

⁵ 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 de couleur sombre.

³ <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>

⁴ <https://www.usgs.gov/centers/fresc/science/a-generalized-estimator-estimating-bird-and-bat-mortality-renewable-energy>

L'efficacité des observateurs à détecter des cadavres a été testée à deux reprises, les 07/06 et 15/09/2021. Pour ce faire, des leurres en caoutchouc (mimant des chauves-souris, sombres) et des pommes de terre ou des pommes (mimant des oiseaux de plus grosse taille et plus colorés) ont été déposés aléatoirement dans le périmètre prospecté en amont des recherches de mortalité, au sein des classes de végétation praticables (visibilité bonne et moyenne). **Pour le premier test, les leurres ont été déposés au pied de l'ensemble des éoliennes**, du fait d'une proportion limitée de surfaces prospectables au mois de juin (plateformes principalement). **Lors du deuxième test, les leurres ont été déposés au niveau de 3 éoliennes sur 4**, car les surfaces prospectables étaient plus importantes en septembre. **Un total de 105 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.

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

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, bonne.



Leurre déposés dans différents habitats pour le test d'efficacité des observateurs (L. Boutault ; M. Acqueberge – Ecosphère)

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) est 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 :

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

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

\hat{I} : Intervalle effectif moyen

\hat{e} : 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 serveur⁶. 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 :
 Browse... cadavres_9.csv
 Upload complete

Nb lignes lues = 27

Sélectionner un fichier avec la durée de persistance des cadavres déposés :
 Browse... persistence_Pmoyenne.csv
 Upload complete

Nombre de lignes lues = 40

Méthode de calcul des intervalles de confiance
 Non-paramétrique
 Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages = 4

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection = 20

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection = 16

Pourcentage de la surface prospectée = 0.7

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, 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 également en compte 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.

⁶ <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>

Les limites de cette méthode sont les suivantes :

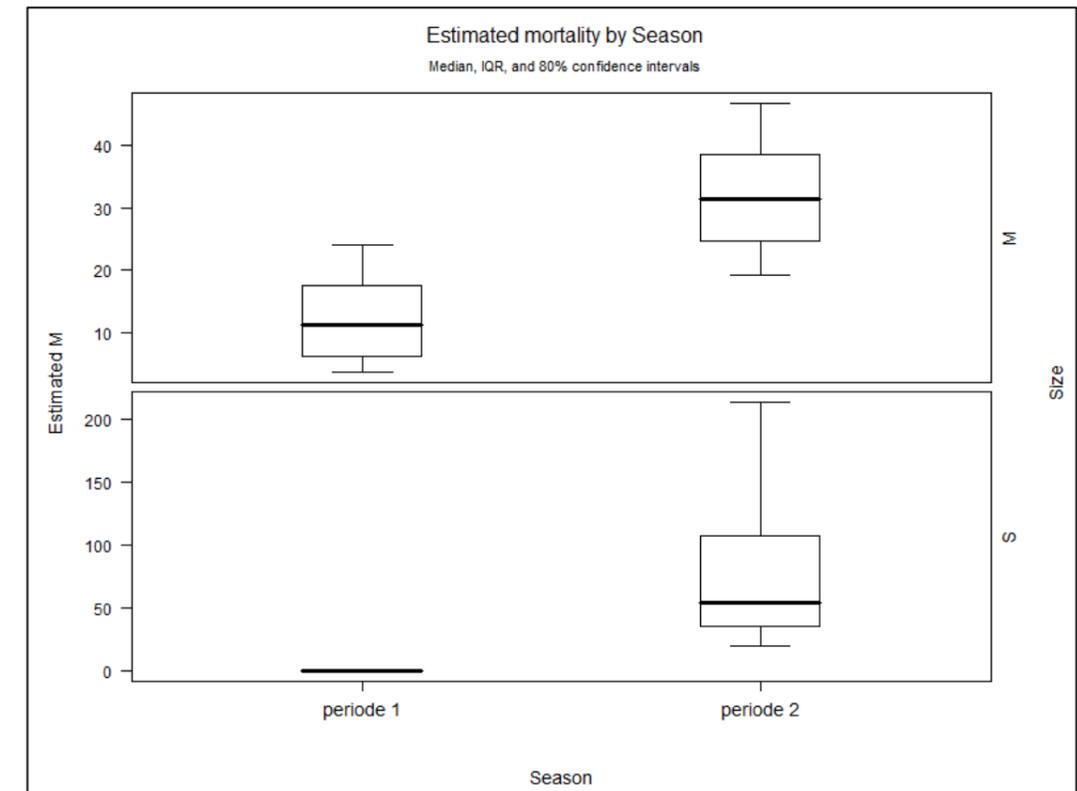
- La correction surfacique (les zones prospectées n'étant pas toujours égales à la surface théorique du protocole) se fait sur l'ensemble des éoliennes tout au long du suivi ou d'une sous-période. Cela a tendance à approximer et/ou lisser la réalité de terrain ;
- L'absence de prise en compte de la taille des carcasses sur leur probabilité de disparition et de détection, que cela soit pour les cadavres comme pour les leurres ;
- Les résultats du test d'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 logiciel⁷ open source R nommée « **GenEst** »⁸. 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...)**.

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

⁷ <https://www.r-project.org/>

⁸ <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 européennes⁹ 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 ¹⁰ 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 ¹¹ 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.

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, Édicnème 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

⁹ 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 extrapolation, 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.

¹⁰ Certaines espèces vulnérables communes ou très communes peuvent voir leur enjeu abaissé au niveau moyen.

¹¹ Certaines espèces quasi menacées communes ou très communes peuvent voir leur enjeu abaissé au niveau faible.

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	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 échancrées	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 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 cumuls 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

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 déroule cette activité** (vitesse du vent et température).

4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE

Le suivi à hauteur de nacelle a été effectué en 2021 par Biotope. Les paragraphes suivants reprennent les principaux éléments de ce suivi.

4.1 DESCRIPTION DES ACTIVITES ENREGISTREES

Dans le cadre de cette analyse, l'unité de mesure retenue pour calculer l'activité en fonction de l'heure par classe est la minute positive (nombre de minutes au cours desquelles il y a eu au moins un enregistrement de chauves-souris) soit 1 574 minutes positives exploitables au niveau de l'éolienne E3 sur l'ensemble de suivi.

4.1.1 BILAN PAR MOIS ET PAR ESPECE

Sur l'ensemble de la période suivie (173 nuits exploitables entre le 12 mai et le 31 octobre 2021), **2 609 contacts de chauves-souris ont été enregistrés**. 1 574 minutes d'enregistrement avec la présence de chauves-souris, appelées « minutes positives », ont également été obtenues sur l'éolienne. Le détail du nombre de contacts par espèce est présenté dans le tableau suivant, illustrant de manière chiffrée l'activité de chacune des espèces enregistrées.

Activités enregistrées depuis la nacelle de l'éolienne 3 du 12 mai au 31 octobre 2021 (Biotope)

Eolienne E3				
Nom vernaculaire / Nom scientifique	Nombre de contacts de 5 sec.	Pourcentage par rapport à l'activité totale (%)	Nombre de minutes positives totales	Pourcentage par rapport à l'activité totale (%)
Noctule commune	1 260	48,29%	735	46,70%
Noctule de Leisler	455	17,44%	291	18,49%
Grande Noctule	2	0,08%	2	0,13%
Groupe Sérotine / Noctule sp.	340	13,03%	215	13,66%
Pipistrelle commune	361	13,84%	218	13,85%
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius	189	7,24%	111	7,05%
Oreillards sp.	2	0,08%	2	0,13%
Total	2 609		1 574	

Les espèces majoritairement contactées en altitude sont les **Noctules commune et de Leisler** ainsi que la **Pipistrelle commune** et le **groupe des Sérotines / Noctules sp.**

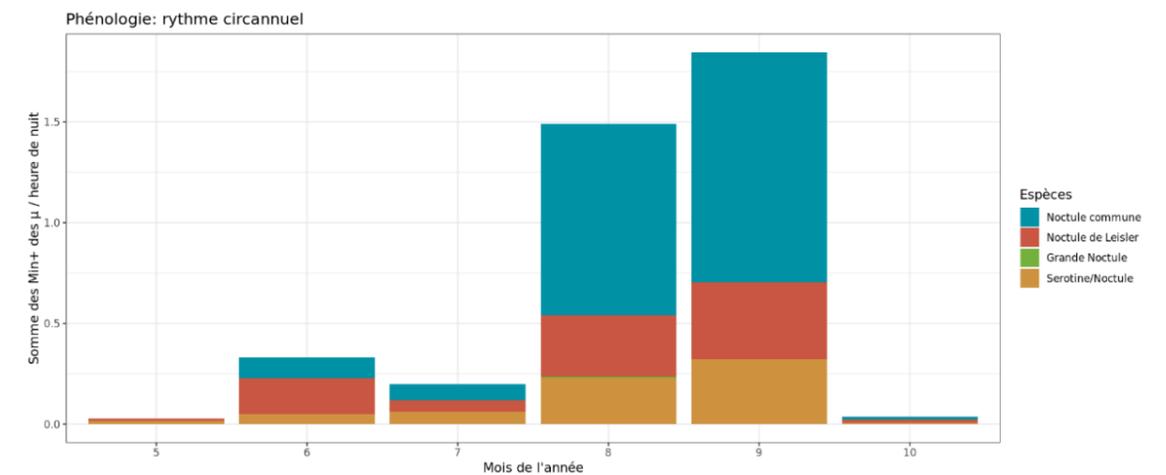
Trois autres espèces ou groupes d'espèces ont été plus faiblement contactés : le groupe des Pipistrelles de Kuhl / Nathusius, le groupe des Oreillards sp. et la Grande Noctule.

La Noctule commune représente 48 % des contacts en altitude en 2021. Elle est majoritairement présente au niveau de l'éolienne E3 durant les mois d'août et de septembre. Elle est ponctuellement présente en altitude en juin et juillet. Avec plus de 1200 contacts, elle peut être considérée comme particulièrement abondante.

La Noctule de Leisler représente 17 % des contacts en altitude. Comme pour la Noctule commune, elle est particulièrement présente sur le site durant les mois d'août et de septembre, ce qui correspond à la migration automnale.

La Grande Noctule, espèce de haut vol contactée seulement ponctuellement en région Centre-Val de Loire, a été observée à deux reprises sur le site durant le mois d'août.

La figure suivante illustre le nombre moyen de minutes positives par heure enregistrées chaque mois pour les noctules et les sérotines.



Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure, pour les noctules et sérotines, entre mai et octobre 2021 (Biotope)

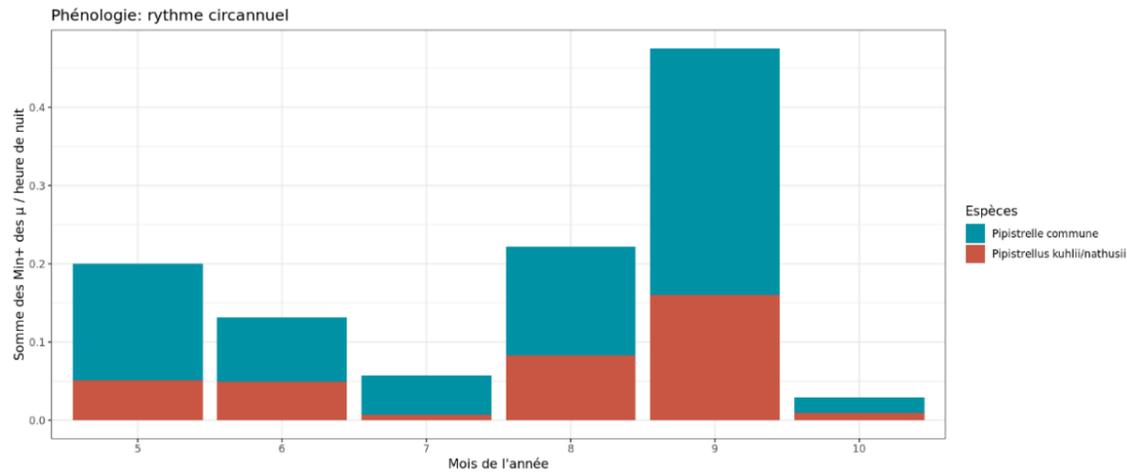
Les noctules sont ainsi présentes sur l'ensemble de la période d'activité. Néanmoins, on note un pic majeur en fin d'été (culminant en septembre) correspondant à la phase de migration automnale chez ces espèces.

Elles sont également présentes sur le site en juin et juillet. L'activité est plus faible sur ces mois et ne semble pas mettre en évidence la présence de colonies de noctules à proximité. Cette activité correspond probablement à des individus isolés (mâles).

La Pipistrelle commune représente 14 % des contacts en altitude sur le site en 2021. Elle est surtout présente durant le mois de septembre. Elle montre néanmoins des activités relativement importantes sur d'autres mois, notamment mai, juin et août.

Le groupe constitué par la Pipistrelle de Nathusius et la Pipistrelle de Kuhl représente 7 % des contacts en altitude sur le site en 2021. Ce groupe d'espèces a été plus souvent contacté durant les mois d'août et de septembre. Cela correspond à la période de dispersion des pipistrelles et plus particulièrement à la migration de la Pipistrelle de Nathusius.

Il est certain que le site accueille ces deux espèces, des cas de mortalité ayant été constatés lors des suivis de 2019 et 2021. La Pipistrelle de Kuhl est probablement majoritaire en mai, juin et juillet et la proportion de Pipistrelle de Nathusius est plus importante durant les mois d'août, septembre et octobre.

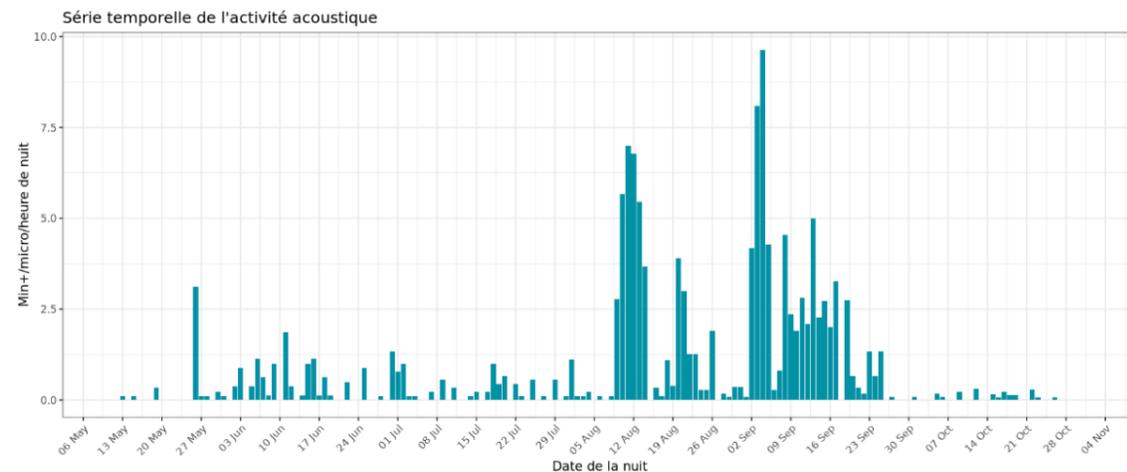


Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure, pour les pipistrelles, entre mai et octobre 2021 (Biotope)

L'analyse de la phénologie en 2021 met en évidence **une activité intense en altitude en période de migration automnale des différentes espèces** (août et surtout septembre). L'absence d'enregistrement de mars à mi-mai ne permet pas de spéculer sur un pic d'activité en altitude correspondant à la migration printanière, néanmoins cette éventualité est possible au regard des cortèges d'espèces contactées.

4.1.2 CHRONOLOGIE DE L'ACTIVITE

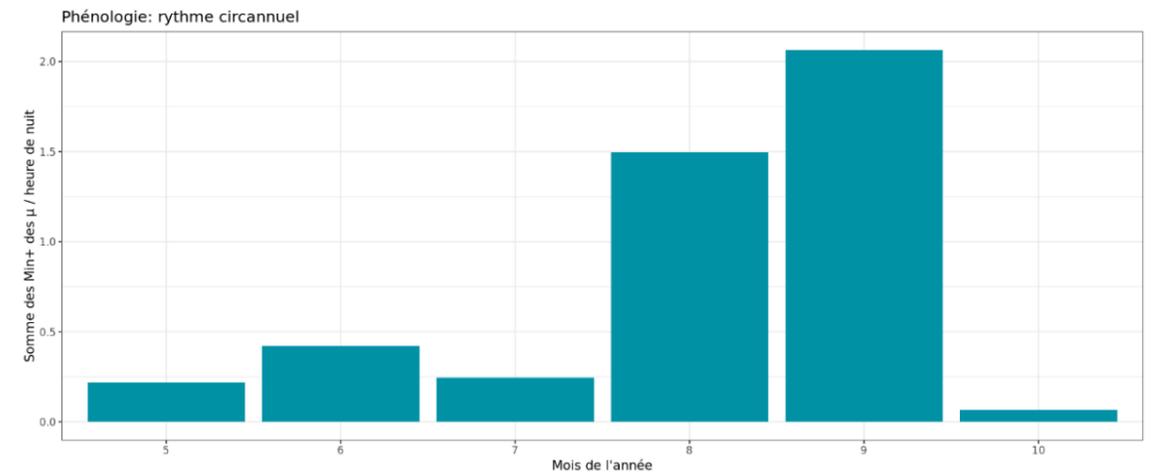
Le graphique ci-dessous présente l'activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues. Cette représentation graphique permet de mettre en évidence les pics d'activité très ponctuels.



Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, au niveau de l'éolienne E3 (Biotope)

On observe **une activité journalière plus importante des chauves-souris durant les mois d'août et de septembre**. En dehors de ces deux mois, le nombre quotidien de contacts enregistrés apparaît plus faible mais l'activité ne disparaît pas totalement.

Toutes espèces confondues, on observe également une variation de l'activité globale mensuelle au cours de la période de suivi, comme illustré par la figure ci-dessous.



Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure, toutes espèces confondues, entre mai et octobre 2021 (Biotope)

Au niveau de l'éolienne E3, on observe **une activité globale nettement plus importante durant les mois d'août et de septembre, ce qui correspond à la période de migration et de dispersion des chauves-souris** (notamment des Noctules commune et de Leisler).

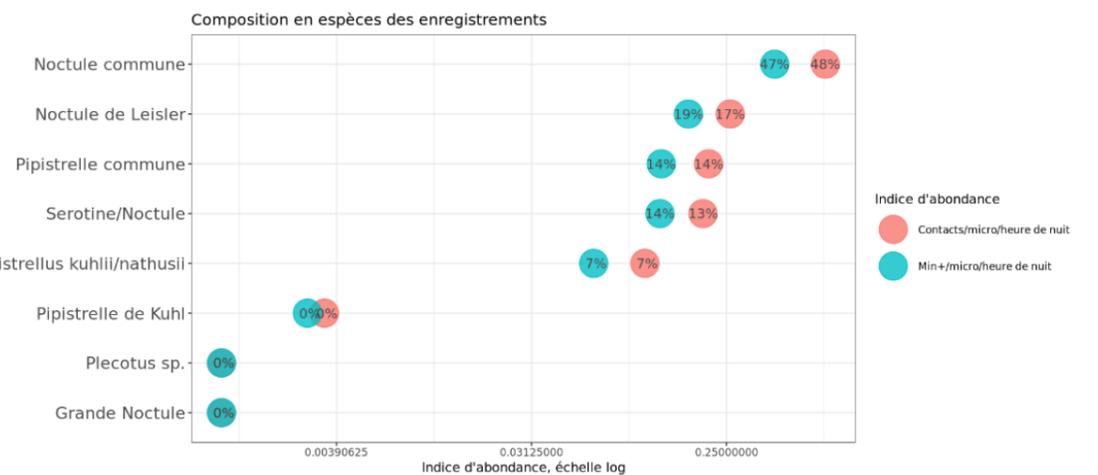
Sur les autres mois, l'activité apparaît plus faible. Elle n'est néanmoins pas nulle, avec un léger pic observé en juin.

En conclusion, la distribution d'activité est marquée par un pic majeur en période de migration automnale.

4.2 SYNTHÈSE ET EVALUATION DES ACTIVITES

4.2.1 INDICATEURS DE LA FREQUENTATION

Sur l'ensemble de la période d'enregistrements, **les chauves-souris, toutes espèces confondues, sont présentes 70 % des nuits**.



Représentativité des espèces et groupes d'espèces contactés sur l'éolienne E3 (n = 2 609 contacts de 5 sec. et 1 574 min. pos. ; Biotope)

Les espèces présentes le plus de nuits en altitude sur le parc des Champs d'Amour sont :

- La Noctule commune avec 35,26 % des nuits ;
- La Noctule de Leisler avec 36,99 % des nuits ;
- La Pipistrelle commune avec 35,26 % des nuits.

Le groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius est présent dans 23 % des nuits. Il est à noter que dans le tableau suivant, le groupe Sérotines / Noctules indéterminées rassemble l'ensemble des contacts des noctules identifiées et non identifiées avec certitude. Ceci montre que les noctules sont présentes en altitude au niveau de l'éolienne E3 dans plus de la moitié des nuits.

Synthèse de l'activité des chiroptères enregistrés sur l'éolienne E3 – ensemble de la période d'enregistrements (Biotope)

Nom vernaculaire / Nom scientifique	N	n	OccS	MoyS	Mediane	MaxNuit
Noctule commune	173	61	35,26%	6,62	6	60
Noctule de Leisler	173	64	36,99%	2,62	3	17
Grande Noctule	173	2	1,16%	0,02	1	1
Pipistrelle commune	173	61	35,26%	1,96	2	39
Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius	173	41	23,70%	0,96	2	15
Groupe Sérotines / Noctules indéterminées	173	96	55,49%	9,79	3,5	81
Groupe Oreillard roux / O. gris	173	1	0,58%	0,02	2	2
Toutes espèces	173	120	69,36%	8,92	3	75

N = nombre de nuits d'enregistrement ; n = nombre de nuits de présence de l'espèce ou groupe d'espèces ; Occurrence Nuit = occurrence de l'espèce (nombre de nuits de présence exprimée en %) ; Moyenne Nuit : moyenne de contacts par nuit ; Médiane = nombre médian de contacts par nuit ; MaxNuit = nombre maximum de contacts observés durant une nuit.

4.2.2 EVALUATION PAR COMPARAISON AVEC UN REFERENTIEL D'ACTIVITE (COMPILATION DES RESULTATS EN CONTACTS PAR NUIT) ISSUS D'AUTRES SUIVIS EN NACELLE

Sur l'ensemble des périodes d'enregistrements effectuées dans le cadre de cette étude, 2 609 contacts et 1 574 minutes positives de chiroptères ont été enregistrés au niveau de la nacelle de l'éolienne E3 du parc de Champs d'Amour, sur un total de 173 nuits d'échantillonnage. On obtient une **moyenne de minutes positives par nuit d'environ 9,1**.

Au regard du retour d'expérience de Biotope sur l'étude de l'activité des chiroptères en altitude sur plus d'une trentaine de projets en France et Belgique, pour toutes espèces confondues, **l'activité mesurée sur le site peut être considérée comme forte en 2021**. En effet, le nombre médian de minutes positives par nuit obtenu sur les différents suivis en altitude réalisés par Biotope (au moment de la rédaction du rapport) est de 4,7 minutes positives par nuit.

Par ailleurs, il est important de rappeler :

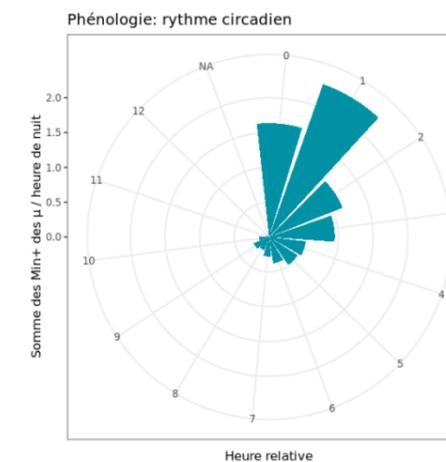
- Que le raisonnement porte sur des nombres de contacts, et non sur des nombres d'individus. De fait, des contacts enregistrés en début et fin de nuit peuvent raisonnablement correspondre aux mêmes individus transitant dans le parc éolien ;

- 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.

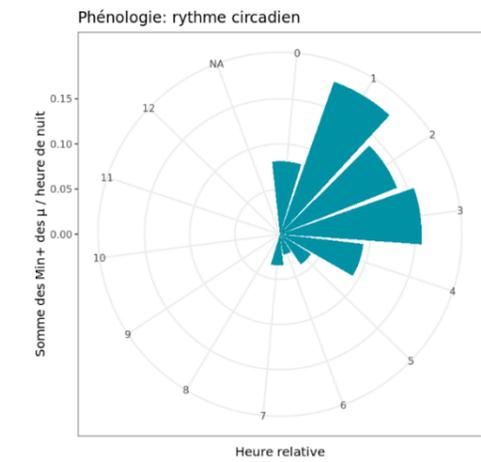
4.3 REPARTITION DE L'ACTIVITE SELON L'HEURE DE LA NUIT

Le tableau ci-dessous présente les pourcentages cumulés d'activité par mois et au total sur l'ensemble de la période du suivi, en fonction de l'heure de la nuit. **Près de 95 % de l'activité globale a été enregistrée entre 30 min avant le coucher du soleil et 7h30 après le coucher du soleil en août**. Ce temps est de 8h30 en septembre et de 6h30 en octobre.

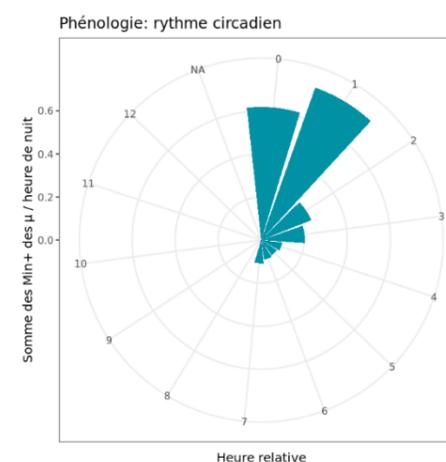
L'analyse sur la totalité de la période d'enregistrement montre que l'activité des chauves-souris est visible sur l'ensemble de la nuit mais qu'elle est **généralement plus importante en début de nuit** (durant les 2 premières heures après le coucher du soleil) et diminue ensuite.



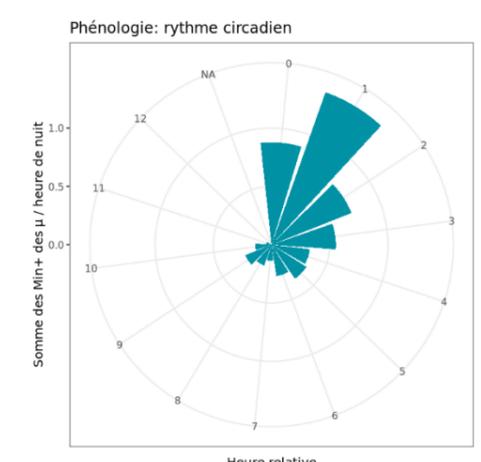
Eolienne E3 - Toutes espèces confondues, de mai à octobre 2021



Eolienne E3 - Toutes espèces confondues, entre mai et juin 2021



Eolienne E3 - Toutes espèces confondues, de juillet à août 2021



Eolienne E3 - Toutes espèces confondues, de septembre à octobre 2021

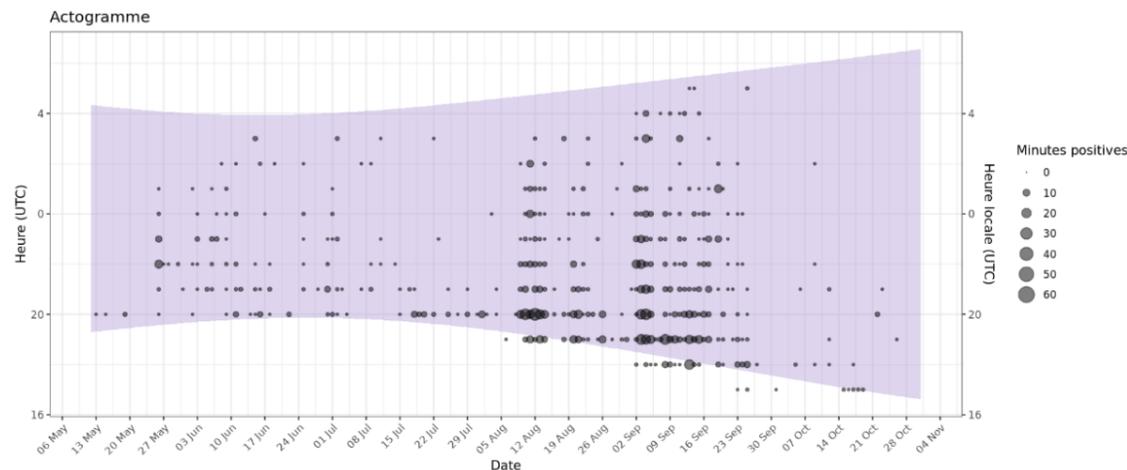
Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E3 du parc de Champs d'Amour en 2021 (Biotope)

L'heure relative indique le nombre d'heure écoulées depuis le dernier coucher du soleil. Cette variable a été ramenée à une échelle de valeurs discrètes utilisant la partie entière.

Durant les mois de mai et juin, l'activité semble plus constante sur une bonne partie de la nuit, avec une activité comparable entre +0h et +4h.

L'activité en altitude des chauves-souris ne disparaît pas totalement au cours de la nuit. À certaines périodes de l'année, l'activité peut même être particulièrement importante à différents moments de la nuit. C'est notamment le cas durant les mois d'août et de septembre. Sur ces mois, l'activité est proportionnellement plus importante durant les deux premières heures de la nuit mais montre également un nombre de contacts élevé sur le reste de la nuit.

Les graphiques suivants présentent l'activité, toutes espèces confondues. Dans les actogrammes, la zone en violet correspond à la nuit.



Eolienne E3 - Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre mai et octobre (Biotope)

L'activité en altitude est donc fluctuante mais ne disparaît pas totalement au cours de la nuit. Si on examine dans le détail cette activité sur l'ensemble des nuits, on constate qu'elle se concentre généralement en début de nuit. Toutefois, en période de migration (août à septembre), l'activité reste élevée sur le reste de la nuit.

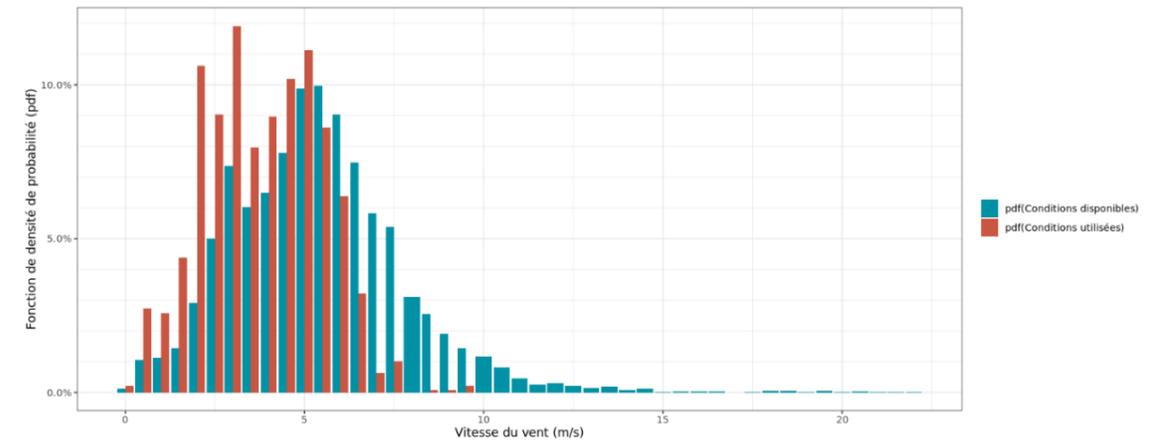
4.4 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LES VITESSES DE VENT

Au cours du suivi, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté toutes les 10 minutes des données correspondant à des plages moyennes de vent allant de 0,1 à 22 m/s. La moyenne des vents observée est de 5,1 m/s et la médiane est à 4,9 m/s.

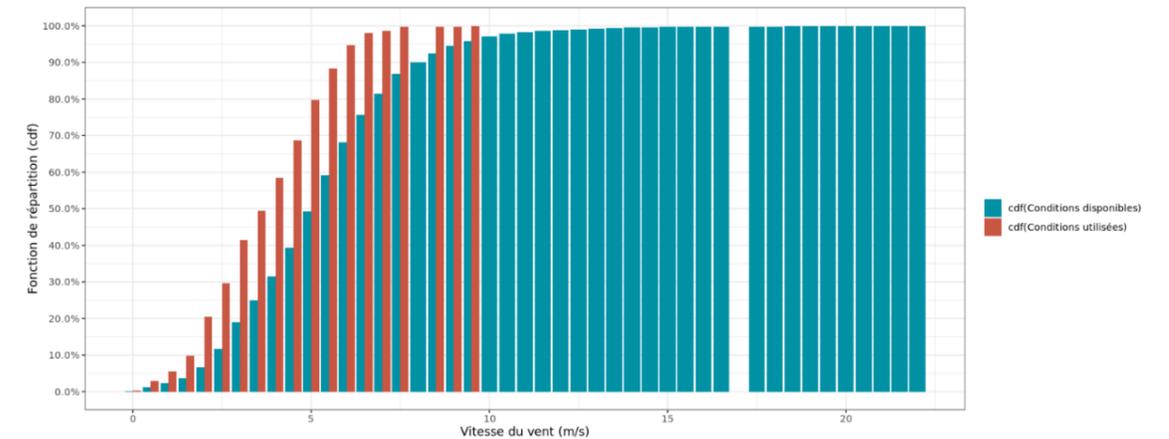
L'échantillonnage est significatif pour les vitesses de vent comprises entre 1 et 10 m/s. Au-delà de ces bornes, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillons).

Les graphiques suivants présentent la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues, en fonction du vent (m/s) sur le site, obtenue au niveau de la nacelle (95 m) et durant les

173 nuits de l'étude. Les résultats montrent la densité des valeurs par classe de vent (fonction de densité – pdf).



Eolienne E3 - Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s ; Biotope)
pdf (conditions disponibles) – fonction de répartition des vitesses de vent enregistrées
pdf (conditions utilisées) – fonction de répartition des vitesses de vent utilisées par les chauves-souris



Eolienne E3 - Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s ; Biotope)
pdf (conditions disponibles) – fonction de répartition des vitesses de vent enregistrées
pdf (conditions utilisées) – fonction de répartition des vitesses de vent utilisées par les chauves-souris

Toutes espèces confondues et en fonction des éoliennes, la proportion d'observations des chauves-souris en fonction du vent diminue nettement sur le site à partir de 5,5 à 6 m/s.

Au-delà de 10 m/s, les chauves-souris ne sont plus actives en altitude.

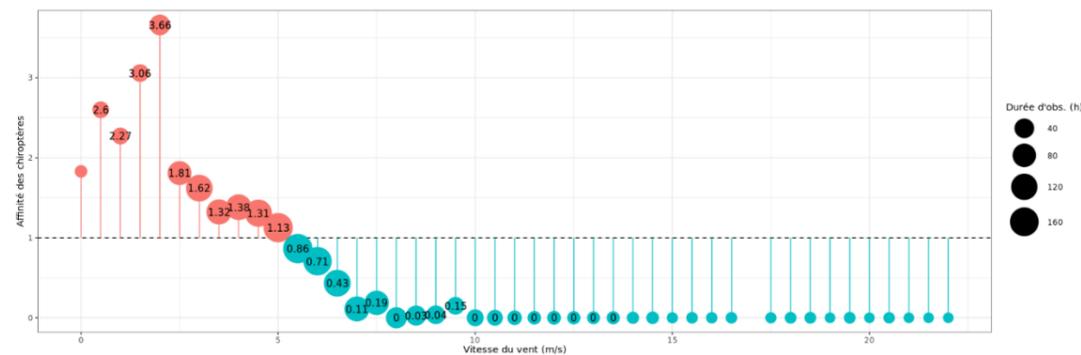
Le tableau ci-dessous liste les vitesses de vent au-dessous desquelles des proportions ciblées des contacts (toutes espèces confondues) ont été obtenues à hauteur de nacelle en 2021.

Quartiles et percentiles de l'activité des chauves-souris en fonction des vitesses de vent en altitude sur le parc des Champs d'Amour en 2021 (Biotope)

	Vitesse de vent (en m/s à 95 m) en-dessous de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles					
	50 %	75 %	85 %	90 %	95 %	99 %
Eolienne E3 - Ensemble des min. pos	3,8 m/s	5 m/s	5,5 m/s	5,8 m/s	6,2 m/s	7,3 m/s

L'analyse de l'affinité nous permet de décrire le comportement de sélection des conditions environnementales par les chiroptères en s'affranchissant dans une large mesure des biais liés au hasard de l'échantillonnage des conditions disponibles. Une affinité égale à 1 indique qu'il n'y a pas de préférence. Une affinité inférieure à 1 indique que les chiroptères semblent éviter ces conditions (en bleu dans le graphique ci-dessous). Une affinité supérieure à 1 indique que les chiroptères semblent préférer ces conditions météorologiques pour être actifs (rouge).

Dans le cadre du suivi, l'analyse des résultats montre une nette préférence des chauves-souris pour des vents nocturnes inférieurs à 5,5 m/s.



Eolienne E3 - Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne en 2021 (Biotope)

Sur le parc de Champs d'Amour en 2021, l'activité en altitude recensée pour chaque espèce en fonction de la vitesse du vent (mesurée à 95 m), permet de ressortir les informations suivantes :

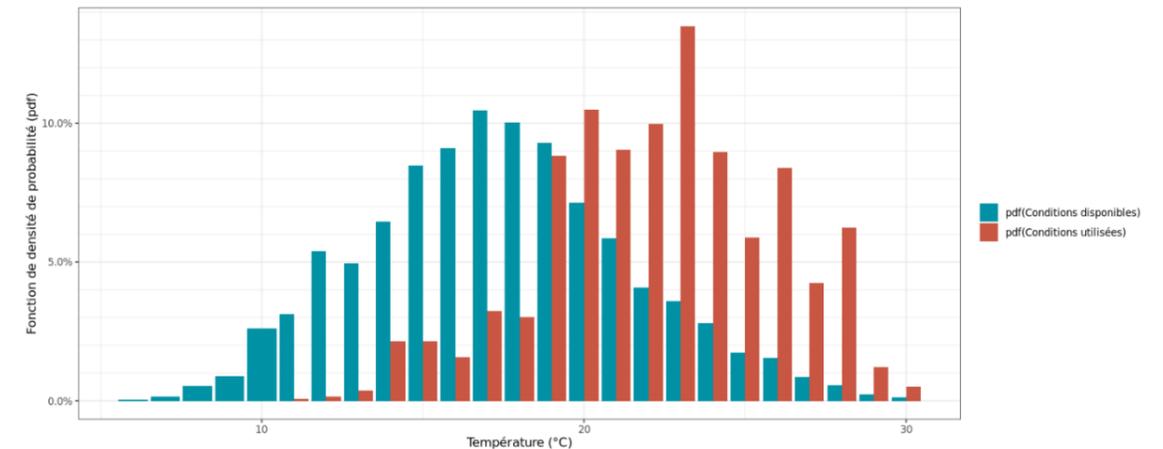
- 90 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 5,8 m/s pour l'éolienne E3 ;
- 95 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures 6,2 m/s pour l'éolienne E3.

4.5 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LA TEMPERATURE

Au cours du suivi, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté toutes les 10 minutes des données correspondant à des plages moyennes de température allant de 6 à 33°C.

L'échantillonnage est significatif pour les températures supérieures à 10°C et inférieures à 26°C. Au-delà de ces bornes, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillons).

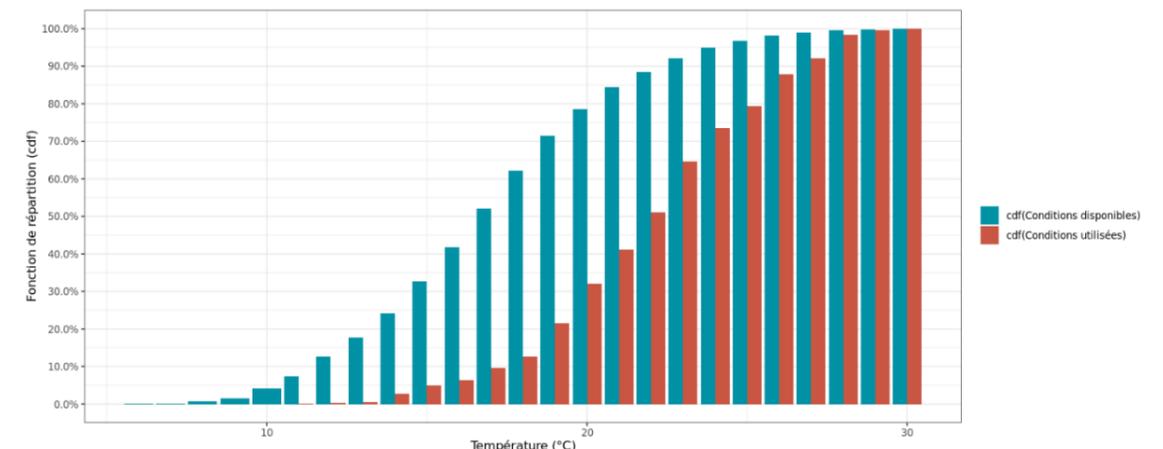
Les graphiques suivants présentent la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues, en fonction de la température sur le site, obtenue au niveau de la nacelle (95 m) et durant les 173 nuits de l'étude. Les résultats sont présentés sous la forme d'un graphique montrant la densité des valeurs par classe de température (fonction de densité – pdf).



Eolienne E3 - Densité des observations de chauves-souris par classe de température (°C ; Biotope)

pdf (conditions disponibles) – fonction de répartition des vitesses de vent enregistrées

pdf (conditions utilisées) – fonction de répartition des vitesses de vent utilisées par les chauves-souris



Eolienne E3 - Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°C ; Biotope)

pdf (conditions disponibles) – fonction de répartition des vitesses de vent enregistrées

pdf (conditions utilisées) – fonction de répartition des vitesses de vent utilisées par les chauves-souris

Les chauves-souris utilisent majoritairement les plages disponibles au-delà de 17°C. Sous cette température et malgré l'importance de la disponibilité en plages temporelles, l'activité est réduite. **L'activité en altitude des chauves-souris sur le site est optimale entre 17 et 30°C.**

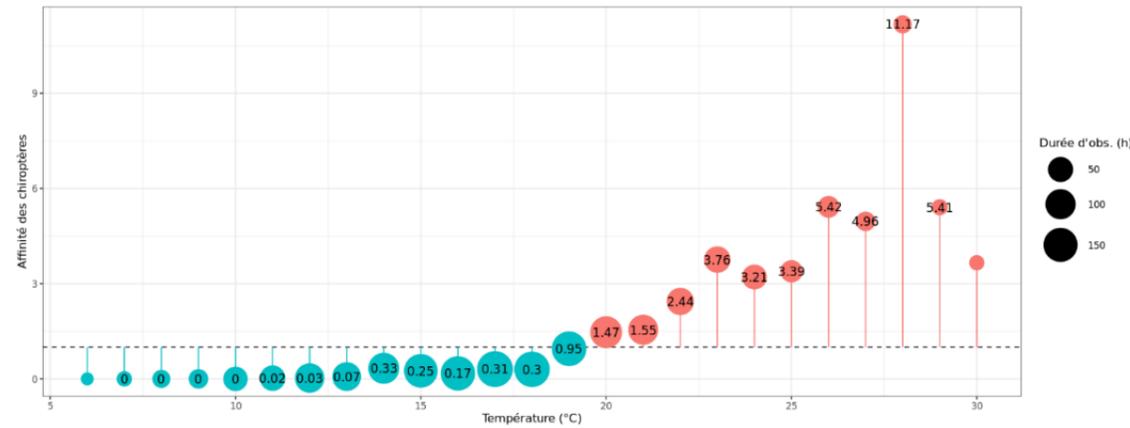
Le tableau ci-dessous liste les températures au-dessus desquelles des proportions ciblées des contacts (toutes espèces confondues) ont été obtenues, pour l'ensemble des données.

Quartiles et percentiles de l'activité des chauves-souris en fonction de la température en altitude sur le parc Champs d'Amour en 2021 (Biotope)

	Température (en °C à 95m) au-dessus de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles					
	50 %	75 %	85 %	90 %	95 %	99 %
Eolienne E3 - Ensemble des min. pos.	22°C	19,5°C	18,5°C	17°C	15°C	14°C

L'analyse de l'affinité nous permet de décrire le comportement de sélection des conditions environnementales par les chiroptères en s'affranchissant dans une large mesure des biais liés au hasard de l'échantillonnage des conditions disponibles. Une affinité égale à 1 indique qu'il n'y a pas de préférence. Une affinité inférieure à 1 indique que les chiroptères semblent éviter ces conditions (en bleu dans le graphique ci-dessous). Une affinité supérieure à 1 indique que les chiroptères semblent préférer ces conditions météorologiques pour être actifs (rouge).

Dans le cadre du suivi, l'analyse des résultats montre une nette préférence des chauves-souris pour des températures nocturnes supérieures à 19°C.



Eolienne E3 - Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne en 2021 (Biotope)

Sur le parc de Champs d'Amour en 2021, l'activité en altitude recensée pour chaque espèce en fonction de la température (mesurée à 95 m), permet de ressortir les principales informations suivantes :

- **90 % de l'activité a été enregistrée à des températures supérieures à 17°C ;**
- **95 % de l'activité a été enregistrée à des températures supérieures à 15°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 4 éoliennes du parc des Champs d'Amour et dans un rayon de 55 m autour des mâts, un total de **6 cadavres** a été découvert, dont **1 oiseau** et **5 chauves-souris**.

5.1.1 REPARTITION SPATIALE

Voir la carte « Localisation des cadavres ».

Les cadavres découverts sur le parc des Champs d'Amour sont distribués aléatoirement entre les éoliennes sans mise en évidence d'une différenciation significative, avec 0 à 3 découvertes par éolienne pour l'ensemble de la période de suivi. Il est à noter qu'aucun cadavre n'a été découvert sous l'éolienne E3.

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 = 6) sur le parc éolien des Champs d'Amour

Éolienne n°	Nombre de cadavres découverts	Chiroptères	Oiseaux
1	1	1	0
2	2	2	0
3	0	0	0
4	3	2	1
	6	5	1

Par rapport à la distance au mât, les cas de mortalité sont globalement répartis sur l'ensemble de la zone de recherche. 33 % des cadavres ont été découverts dans les 10 premiers mètres autour du mât, soit 2 individus sur 6 au total. Le reste des cadavres est réparti entre 10 et 50 m, avec 1 cadavre par classe de distance. Aucun cas de mortalité n'a été trouvé au-delà des 55 m de prospection théorique. Les cadavres de chiroptères ont été découverts entre 4 et 35 m, tandis que le cadavre de Faucon crécerelle a été détecté à 49 m du mât.

Ces éléments de distribution dans l'espace doivent toutefois être relativisés au vu de la quantité réduite de données de mortalité relevées sur le terrain, empêchant toute interprétation des résultats.

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 = 6). 2 périodes ont été définies, pour des raisons écologiques et en lien avec les passages effectués

Période	N° passage	Date	Chiroptères	Oiseaux	Total		
1	1	26/05/2021	0	0	0		
	2	28/05/2021	0	0	0		
	3	01/06/2021	0	0	0		
	4	03/06/2021	0	0	0		
	5	07/06/2021	0	0	0		
	6	11/06/2021	0	0	0		
	7	14/06/2021	0	0	0		
	8	18/06/2021	0	0	0		
	9	21/06/2021	0	0	0		
	10	25/06/2021	0	0	0		
2	11	30/07/2021	0	0	0		
	12	03/08/2021	0	0	0		
	13	06/08/2021	0	0	0		
	14	09/08/2021	0	0	0		
	15	12/08/2021	0	0	0		
	16	17/08/2021	0	0	0		
	17	20/08/2021	0	0	0		
	18	24/08/2021	0	0	0		
	19	26/08/2021	0	0	0		
	20	30/08/2021	0	0	0		
	21	02/09/2021	0	0	0		
	22	06/09/2021	0	0	0		
	23	10/09/2021	0	0	0		
	24	13/09/2021	1	Pipistrelle de Nathusius (E4)	0	1	
	25	15/09/2021	0	0	0	0	
	26	20/09/2021	0	0	0	0	
	27	23/09/2021	0	0	0	0	
	28	27/09/2021	2	Pipistrelle de Kuhl (E4) Noctule de Leisler (E1)	0	2	
	29	01/10/2021	0	0	0	0	
	30	05/10/2021	0	0	0	0	
	31	08/10/2021	0	0	0	0	
	32	11/10/2021	1	Noctule de Leisler (E2)	0	1	
	33	14/10/2021	0	0	0	0	
	34	18/10/2021	0	0	1	Faucon crécerelle (E4)	1
	35	22/10/2021	0	0	0	0	

Période	N° passage	Date	Chiroptères	Oiseaux	Total
	36	25/10/2021	1 Pipistrelle commune (E2)	0	1
	37	27/10/2021	0	0	0



Faucon crécerelle sous E4 le 18/10/2021 (B. Corniaux – Ecosphère)



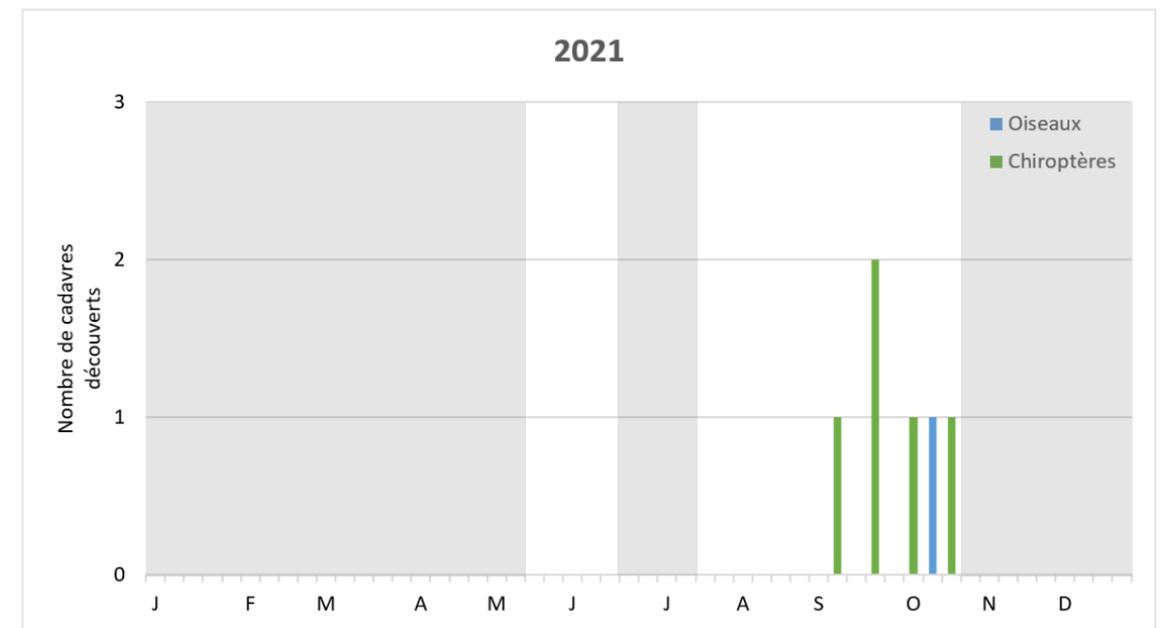
Pipistrelle de Kuhl sous E4 le 27/09/2021 (B. Corniaux – Ecosphère)



Pipistrelle de Nathusius sous E4 le 13/09/2021 (B. Corniaux – Ecosphère)



Noctule de Leisler sous E2 le 11/10/2021 (E. Brunet – Ecosphère)



Répartition de la mortalité au cours de l'année 2021 (n=6). La période non suivie apparaît grisée

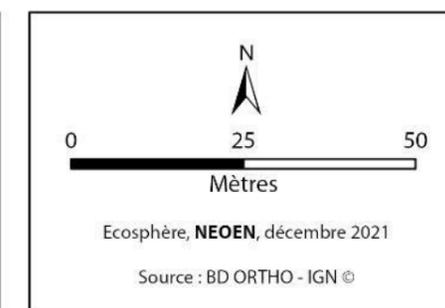
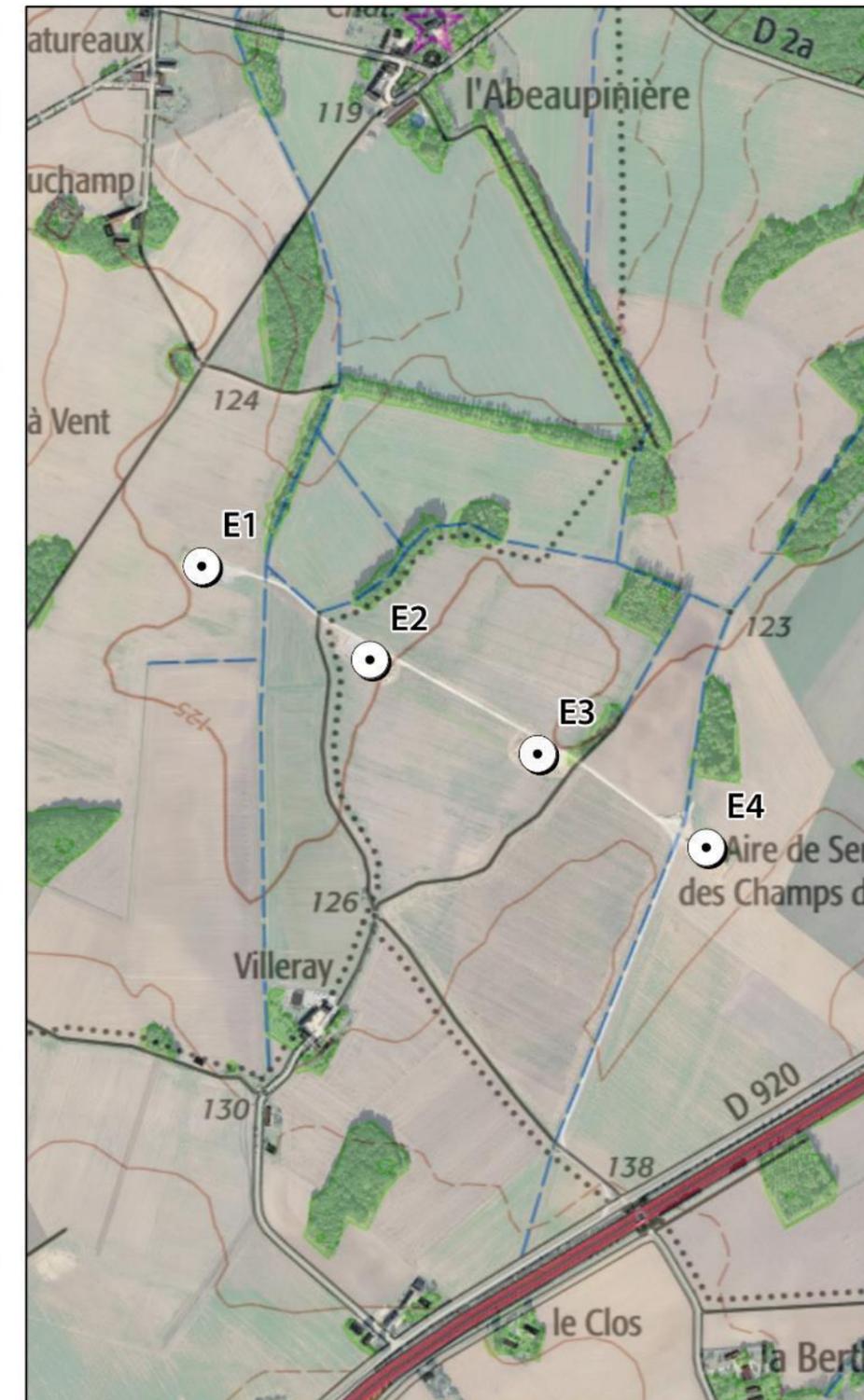
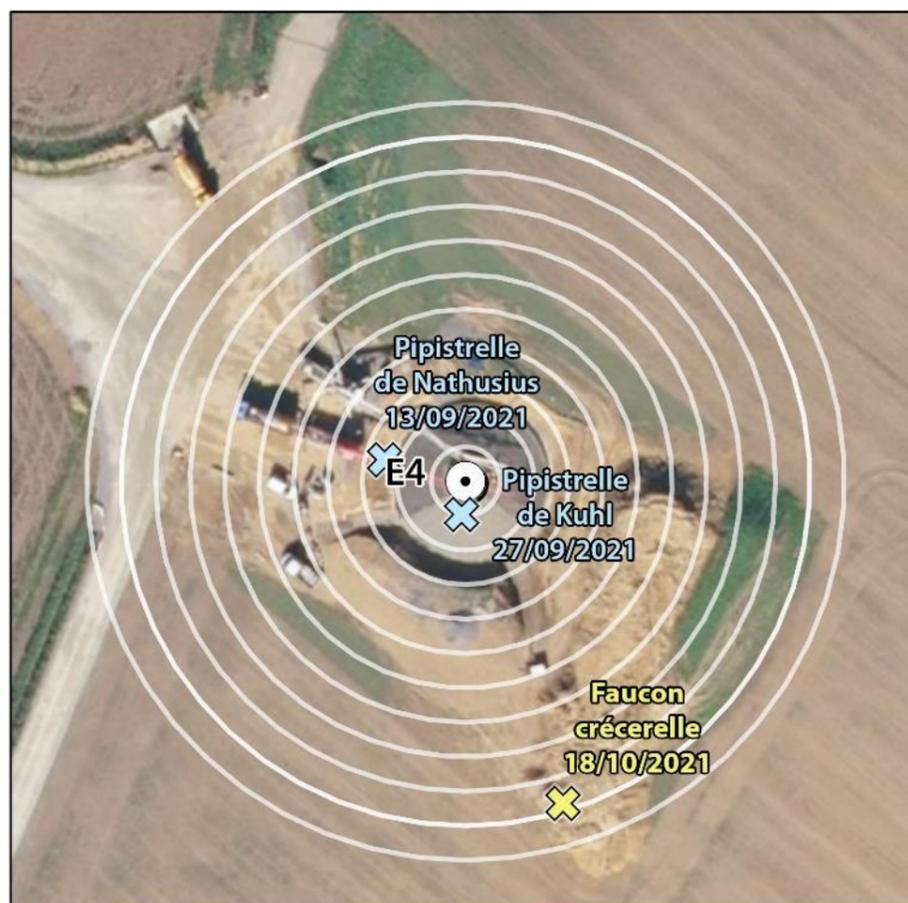
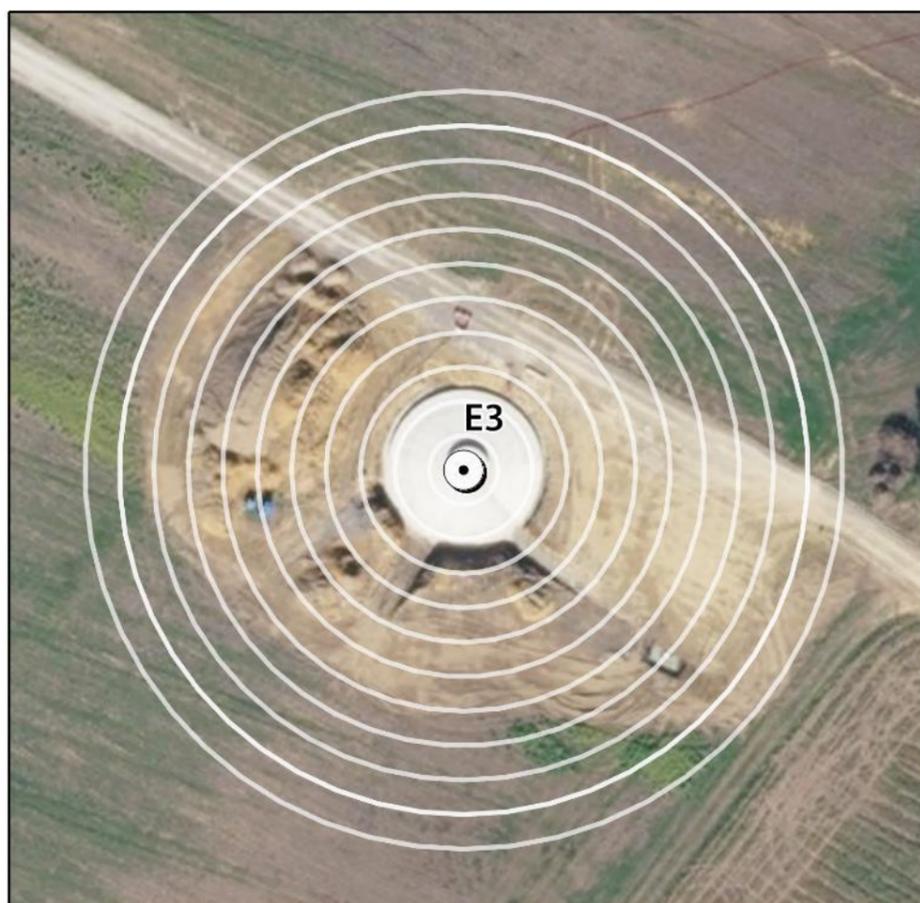
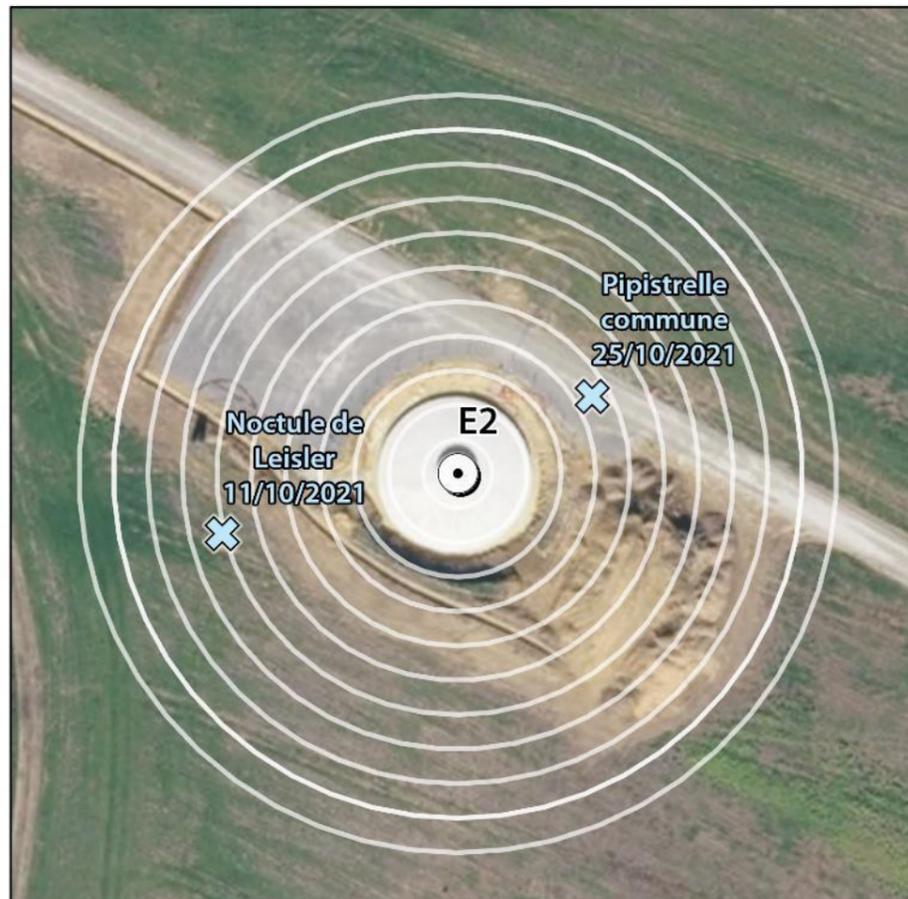
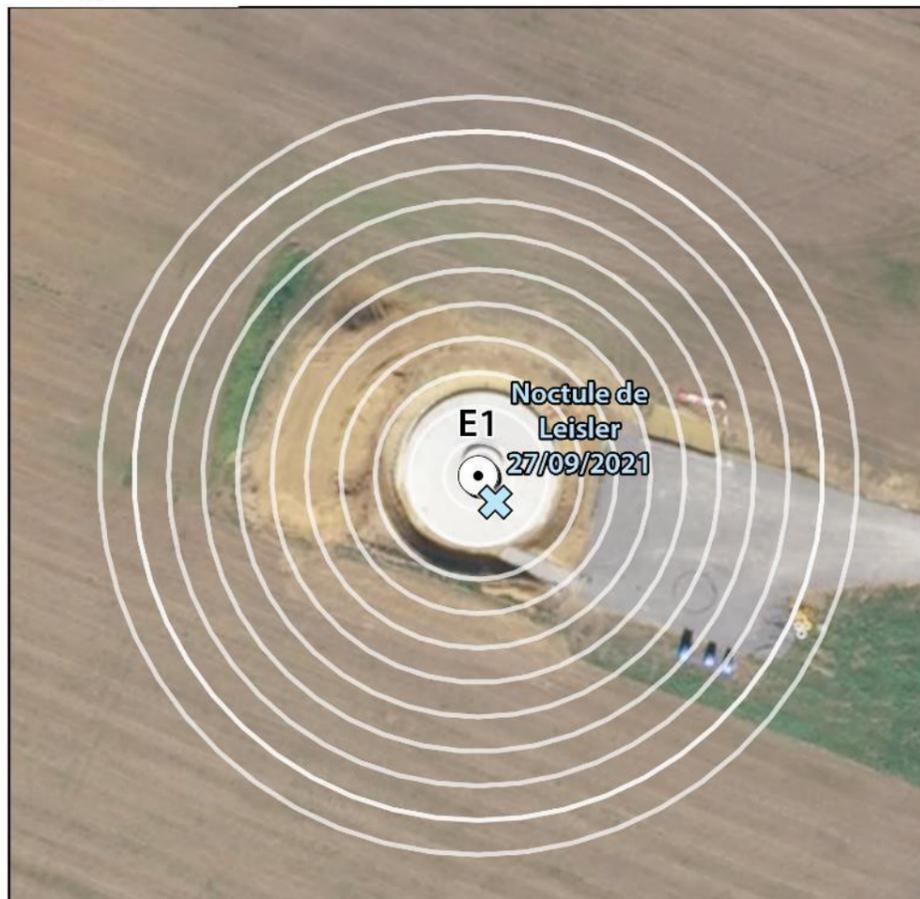
Les cadavres ont été trouvés seulement sur la fin du suivi, entre le 13 septembre et le 25 octobre 2021, soit en période de migration postnuptiale et de déplacements automnaux. Concernant les chiroptères, ces cas de mortalité correspondent donc en majorité à des individus migrateurs. Le Faucon crécerelle identifié est possiblement issu des populations locales (plusieurs individus ont été vus en chasse dans le secteur tout au long du suivi) ou cet individu était en transit (la date de découverte correspondant au pic de migration de l'espèce).

La mortalité constatée en 2021 se compose ainsi de :

- **1 oiseau** : 1 Faucon crécerelle [sédentaire ou migrateur] ;
- **5 chiroptères appartenant à 4 espèces** : 1 Pipistrelle commune [sédentaire]¹², 1 Pipistrelle de Kuhl [sédentaire], 1 Pipistrelle de Nathusius [migratrice] et 2 Noctules de Leisler [migratrices].

¹² Ce cadavre correspond très certainement à de la Pipistrelle commune, beaucoup plus abondante et commune que la Pipistrelle pygmée, par ailleurs jamais contactée sur le parc des Champs d'Amour à hauteur de nacelle. Les

critères morphologiques, notamment dentaires, ne permettent généralement pas une distinction entre ces deux espèces proches : Pipistrelles commune et pygmée.



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 un intervalle trop important entre les prospections, les carcasses disparaissent longtemps avant le passage des observateurs. **On notera donc que plus le temps moyen de persistance est faible par rapport à l'intervalle entre les passages, plus le biais est important et la mortalité totale sous-évaluée.**

Les résultats des deux tests de persistance sont présentés dans le tableau 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 (36 leurres)	P1	0,58	0,8 j	0,25	1,6 j	0,25	2,6 j	0,08	3,1 j	0,00	3,3 j
	P2	0,67	0,8 j	0,08	1,6 j	0,00	1,8 j	0,00	1,8 j	0,00	1,8 j
	Moy	0,64	0,8 j	0,14	1,6 j	0,08	2,0 j	0,03	2,2 j	0,00	2,3 j

Tm j+3 = durée moyenne de persistance (en jours) durant un intervalle de 3 jours

p j+3 = taux de persistance durant l'intervalle (proportion de cadavres présents après 3 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 vraisemblance¹³. 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			Période 2		
	Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
Probabilité de persistance (r) à j+3	0,62	0,50	0,74	0,50	0,43	0,57

¹³ 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) = 1,6 j à j+3 (pour les deux périodes) ;
- Taux de persistance (p) = 25 % à j+3 (première période) et 8 % à j+3 (seconde période), pour un taux moyen sur l'année de 14 % à j+3.
- Probabilité de persistance (r) = 0,62 [IC 80 % : 0,50 – 0,74] (première période ; j+3) et r = 0,50 [IC 80 % : 0,43 – 0,57] (seconde période ; j+3).

La persistance est faible en première comme en seconde partie de suivi. **L'intervalle réduit entre les passages permet de diminuer les biais liés à la disparition trop rapide des cadavres sur cette période et de ne pas augmenter le degré d'imprécision.** Le temps moyen de persistance est ainsi 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, 90 leurres ont été retrouvés par les observateurs sur les 105 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, liée au fait que plus un cadavre est ancien, plus il est dégradé.

L'efficacité de l'observateur a été modélisée pour chaque période et pour les deux tailles de cadavres utilisées en période 2 (en période 1, le modèle le plus adapté est constant et n'intègre pas de différence entre les tailles de cadavres). Habituellement, cette modélisation est effectuée pour les différentes classes de visibilité prospectables (bonne et moyenne). Cependant, aucune classe de végétation de moyenne visibilité n'a été relevée sur le terrain, l'efficacité de l'observateur n'a donc pas été évaluée selon la visibilité. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après :

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

Niveau de visibilité	Période 1			Période 2		
	Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
Leurres moyens				0,96	0,86	0,99

Niveau de visibilité	Période 1			Période 2		
	Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
Petits leurres				0,76	0,65	0,84
TOTAL	0,88	0,80	0,93	0,84	0,74	0,90

En moyenne, il en ressort un **taux d'efficacité (ou de détection) de 0,88 pour la période 1 et de 0,84 pour la période 2.**

Le taux moyen de détection est considéré comme bon, avec 86% [IC 10-90 : 0,81-0,90] de leurres découverts sur l'ensemble de la période de prospection. Toutefois, on notera que la détectabilité est moindre avec des leurres de petite taille en seconde période.

5.2.3 AJUSTEMENT DE LA SURFACE REELLEMENT CONTROLEE (VARIABLE A)

Les surfaces de prospection sont globalement variables au cours de l'année, avec une distinction de périodes liée au contexte agricole dans lequel s'inscrit le parc (avant/après moissons).

Les coefficients ont ainsi été calculés selon deux périodes (détails en annexe 2).

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

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

Éolienne	Surface moyenne prospectée (%)		
	Période 1 (26/05 -> 25/06)	Période 2 (30/07 -> 27/10)	Moyenne sur l'ensemble du suivi :
E1	56 %	66 %	63 %
E2	22 %	100 %	79 %
E3	21 %	100 %	79 %
E4	96 %	41 %	56 %
Moyenne sur l'ensemble du parc :	49 %	77 %	69 %

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 **69 %**. C'est cette surface moyennée à l'ensemble du parc pour l'ensemble de la période suivie, ainsi que celles correspondant aux deux périodes prises en compte (49 % et 77 %) 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 relativement importante, notamment au cours de la seconde période qui constitue la majorité des passages effectués. Cette surface est plus faible pour la première période. La surface moyennée sur l'ensemble du suivi est assez **homogène entre les éoliennes, mais présente de grandes disparités au sein des deux périodes** : ainsi, l'éolienne E1 présente une surface de prospection globalement constante au cours de l'année, tandis que les éoliennes E2 et E3 sont peu prospectables en première période mais elles ont été parcourues en totalité en seconde période. L'éolienne E4 présente en début de suivi et de manière inhabituelle un très bon taux de prospection qui diminue ensuite.

Le nombre de passages avec une surface de prospection réduite par éolienne est limité, le biais induit par la diminution de la probabilité de découverte des cadavres autour des machines est donc globalement faible. Toutes les éoliennes ont une surface moyenne prospectée supérieure à 40 % sur

l'ensemble du suivi, 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 des périodes 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 faudrait dans l'idéal traiter les données des 2 périodes pour des raisons strictement mathématiques (éventuelles différences d'intervalle entre les passages, de surface prospectée, de persistance, voire d'efficacité de l'observateur) mais également d'analyse des résultats (paramètres de bridages variables entre les périodes, écologie des espèces différente). La limite statistique majeure de la présente étude est liée au fait qu'aucun cadavre n'a été détecté lors de la première période de suivi (de fin mai à fin juin), ce qui empêche de fait toute estimation statistiquement viable sur cette partie de l'année. Le nombre de cadavres est suffisamment important pour lancer des estimations correspondant à la période 2 (de fin juillet à fin octobre), bien que les découvertes de cas de mortalité ne concernent que la stricte période de mi-septembre à fin octobre. Par ailleurs, un seul oiseau a été trouvé mort au cours du suivi de 2021 et durant cette période. L'estimation de la mortalité avifaunistique sur le parc présente donc des incertitudes majeures et ne peut pas être évaluée par des modélisations sur la base de ce seul cadavre.

Concernant **l'efficacité de la recherche**, les deux tests ont été effectués par l'observateur ayant réalisé la majorité des passages du suivi de mortalité. Une méthodologie standardisée a été suivie. L'efficacité moyenne de recherche est bonne et les incertitudes générées 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 représentatifs. Différents types de leurres ont été posés (souris et 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 pour les chiroptères. Il est tout de même à noter que la persistance est très faible sur le parc des Champs d'Amour, ce qui entraîne une incertitude plus importante dans les modélisations, compensée en partie par un effort d'échantillonnage conséquent au cours du suivi (3,4 j en moyenne entre deux passages).

Enfin, s'agissant des **surfaces prospectées**, les deux phases sont suffisamment représentatives, grace notamment au contexte agricole autour des éoliennes, qui a permis de prospecter des surfaces significatives de labour ou de chaume à chaque passage effectué. La seconde phase présente néanmoins une meilleure représentativité sur ce paramètre, la majorité des cultures autour des machines ayant été moissonnées en juillet. En outre, les surfaces prospectées en première période pour E2 et E3 ne sont pas suffisamment importantes pour obtenir des estimations de mortalité robustes. Néanmoins, l'absence de données brutes de mortalité sur cette période empêche la réalisation de correction de la mortalité, ce paramètre n'est donc ici pas directement pénalisant.

En conséquence de tous ces éléments, des estimations statistiques ont été poursuivies seulement à l'échelle de la seconde période, en prenant en compte les chiroptères. Pour la première période, aucune modélisation n'a pu être obtenue à partir des données disponibles. Les analyses effectuées pour les oiseaux présentent de trop grandes incertitudes pour être considérées.

5.2.5 CORRECTIF LIE A LA PERIODE D'ETUDE

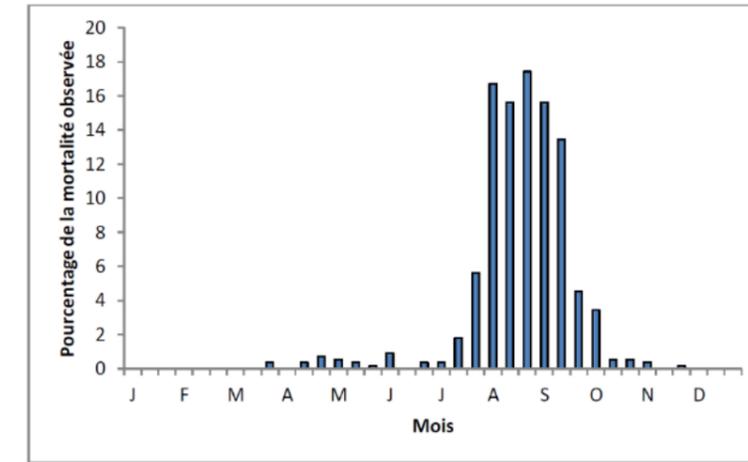
Les estimations de la mortalité ont été réalisées sur la base des 27 passages compris entre le 30/07 et le 27/10/2021 (période 2) pour l'ensemble des éoliennes, tous les cadavres ayant été détectés à ce moment de l'année. Les 10 passages compris entre le 26/05 et le 25/06/2021 (période 1) n'ont été pris en compte que pour obtenir des estimations de mortalité à l'échelle de l'ensemble du suivi, afin de les comparer aux estimations réalisées sur la période 2. La période 1 n'a en revanche pas été considérée individuellement dans les modélisations, aucun cadavre n'ayant été découvert dans ce laps de temps. Le suivi dans son ensemble correspond à la période principale d'activité pour les chauves-souris et, pour les oiseaux, couvre une partie des migrations pré et postnuptiale, et 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.

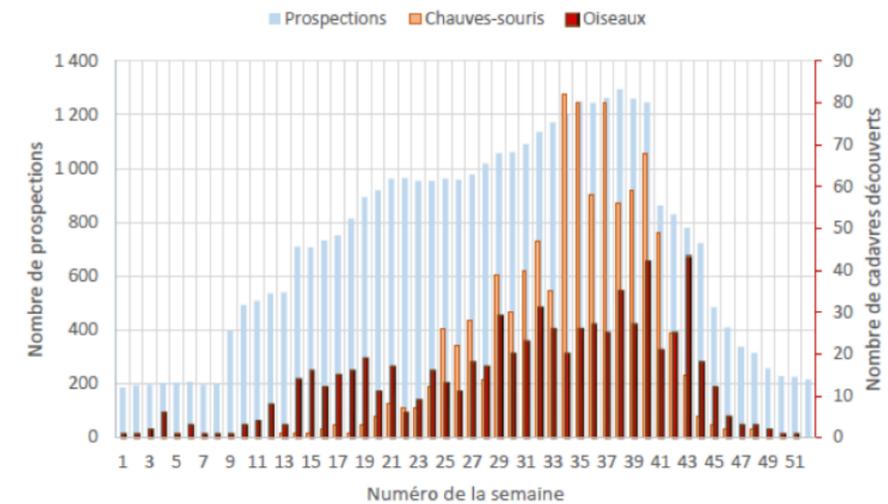


Répartition temporelle des cadavres de chauves-souris récoltés (données Dürr, 2007, in Jones & al., 2009 ; graphique Heitz & Jung, 2017)

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 ci-dessous.

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

Pourcentage de mortalité (toutes espèces)	Chiroptères		Oiseaux	
Mi-mai à juillet (semaines 20 à 30) => période de reproduction	20 %	Aucun cadavre	25 %	Aucun cadavre
Août à octobre (semaines 31 à 43) => migration postnuptiale, mouvements locaux	75 %	5 cadavres	50 %	1 cadavre
Reste de l'année	5 %	NA	25 %	NA

Ainsi, sur la base des données bibliographiques et des résultats recueillis en 2021, **il apparaît que les résultats du suivi obtenus sur le parc des Champs d'Amour sont représentatifs quant à la répartition temporelle des cadavres de chauves-souris. Avec un seul cadavre d'oiseau détecté, il n'est en revanche pas possible de conclure concernant la répartition temporelle des cadavres pour ce taxon.**

En prenant en compte le laps de temps durant lequel aucun suivi n'a été réalisé entre les périodes 1 et 2, correspondant aux semaines 26 à 29, le suivi couvre une période correspondant théoriquement à :

- 85 % de la mortalité des chiroptères ;
- 65 % 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), celui-ci 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, 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	Parc des Champs d'Amour		
	fin Mai - fin Juin ; fin Juillet - fin Octobre 2021	P1 fin Mai - fin Juin 2021	P2 fin Juillet - fin Octobre 2021
Nbre d'éoliennes suivies	4	4	4
C (nombre de cadavres brut découverts sous les éoliennes dans un rayon de 55 m)	6	0	6
d (taux de détection moyen)	0,86	0,88	0,84
p (taux de persistance durant l'intervalle)	0,14	0,25	0,08
Tm (durée moyenne de persistance durant l'intervalle)	1,6 jours	1,6 jours	1,6 jours
r (probabilité de persistance durant l'intervalle)	0,52 [IC 80% : 0,45 - 0,59] (à j+3)	0,62 [IC 80% : 0,50 - 0,74] (à j+3)	0,50 [IC 80% : 0,43 - 0,57] (à j+3)
I (intervalle moyen entre 2 visites)	3,4 jours	3,3 jours	3,4 jours
n (nombre de passage)	37	10	27
Sk (surface prospectée moyenne)	69%	49%	77%

5.3.1 ESTIMATIONS DE LA MORTALITE AVEC EOLAPP

Les tableaux suivants présentent les résultats des estimations de la mortalité réelle pour le parc des Champs d'Amour (4 éoliennes, du 26 mai au 27 octobre 2021) décomposés en deux périodes principales (du 26 mai au 25 juin et du 30 juillet au 27 octobre dans le cas présent). La distinction par groupe impacté a également été réalisée. Pour rappel, les estimations réalisées sur la période 1 et pour les oiseaux ne sont pas exploitables (jeu de données nul ou trop faible pour les modèles utilisés). Les valeurs obtenues ne sont donc pas retenues.

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 ¹⁴)	Mortalité brute	Erickson			Huso			Jones		
		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
Tous cadavres (période 1)	0	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Tous cadavres (période 2)	6	36,4	17,1	64,2	38,2	17,8	70,5	70,4	30,2	171,4
Chauves-souris (période 2)	5	30,3	12,0	57,2	31,9	12,3	62,5	59,2	21,7	148,8
Oiseaux (période 2)	1	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Chauves-souris (période totale)	5	20,5	7,9	41,0	22,8	8,9	43,9	29,4	11,1	67,6
Tous cadavres (période totale)	6	24,3	11,0	46,5	26,9	12,6	49,4	34,8	15,5	75,5

NE = Non estimé.

Le modèle d'Huso donne une valeur médiane de la mortalité d'environ **32 chiroptères [IC 80 % : 12 - 63] impactés sur l'ensemble du parc pour la période 2** (fin juillet à fin octobre, sur 27 passages). Les estimations sont plus faibles dans le cas où l'ensemble du suivi est pris en compte, avec une valeur médiane de la mortalité d'environ **23 chiroptères [IC 80 % : 9 - 44] impactés sur l'ensemble du parc. Cette deuxième approche semble être la plus fiable statistiquement.** En effet, l'estimation de la mortalité sur le parc des Champs d'Amour présente un intervalle de confiance moins large en prenant en compte l'ensemble du suivi pour la modélisation. La réduction de cette incertitude, en comparaison des estimations ne prenant en compte que la seconde période, est due au fait que la persistance des cadavres est particulièrement faible en période 2, ce qui génère des biais importants quand seule cette période est retenue dans les modèles. La persistance un peu plus importante des cadavres à l'échelle de l'ensemble du suivi permet de limiter ces biais et d'obtenir des estimations de mortalité plus fiables (le taux de détection, la surface prospectée et l'intervalle entre les passages étant par ailleurs similaires entre la période totale et la période 2).

Le modèle de Jones donne une valeur médiane de la mortalité d'environ **59 chiroptères [IC 80 % : 22 - 149] impactés sur l'ensemble du parc pour la période 2** (fin juillet à fin octobre, sur 27 passages). Comme pour le modèle d'Huso, les estimations sont plus faibles dans le cas où l'ensemble du suivi est pris en compte, avec une valeur médiane de la mortalité d'environ **29 chiroptères [IC 80 % : 11 - 68] impactés sur l'ensemble du parc.** Le même biais que pour le modèle d'Huso, lié à la persistance très faible des cadavres, génère de grandes incertitudes quand seule la période 2 est prise en compte dans les modèles. Ainsi, **l'estimation de la mortalité des chiroptères est plus fiable statistiquement à l'échelle de l'ensemble du suivi.**

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 induits 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 surestimées dans le cas présent. De plus, la persistance des cadavres est courte sur le parc des Champs d'Amour, ce qui augmente encore l'imprécision des modèles, plus fiables pour des taux de persistance longs. Une

¹⁴ 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

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 des Champs d'Amour (4 éoliennes, du 26 mai au 27 octobre 2021) obtenus à partir des modélisations faites avec GenEst (Huso & Dalthorp) et décomposés en deux périodes principales (du 26 mai au 25 juin et du 30 juillet au 27 octobre). 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	Mortalité brute	Correction surfacique en Période 1			Correction surfacique en Période 2					
			Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]				
Chiroptères	Période 1	0	NE	NE	NE				19,2	10,2	31,1
	Période 2	5				25,2	10,7	42,8			
Oiseaux	Période 1	0	NE	NE	NE				NE	NE	NE
	Période 2	1				NE	NE	NE			
			NE	NE	NE	32,0	15,6	52,3			

Chacun des résultats correspond à des analyses statistiques indépendantes réalisées par catégories (par période et par groupe, uniquement par groupe et uniquement par période). C'est pourquoi les résultats pouvant correspondre à des totaux ne correspondent pas. Comme dans le cas des analyses réalisées avec EolApp, les estimations réalisées sur la période 1 et pour les oiseaux avec GenEst ne sont pas exploitables, elles ne sont donc pas retenues (NE = Non estimé).

Aucun cadavre n'a été trouvé sur le parc des Champs d'Amour lors de la première période de suivi. Il n'est donc pas possible d'obtenir des estimations de mortalité avec GenEst sur ce laps de temps (c'est à dire de fin mai à fin juin) et par extrapolation jusqu'à fin juillet (période non suivie)

Enfin, les estimations obtenues pour les oiseaux, basées sur un seul cadavre en seconde partie du suivi, ne sont pas fiables statistiquement.

Pour la deuxième période, les résultats obtenus présentent des intervalles de confiance plus resserrés avec GenEst qu'avec EolApp, validant leur fiabilité :

- Pour les chiroptères, la mortalité est estimée à **25 chauves-souris [IC 80 % : 11-43] sur la période allant de fin juillet à fin octobre** ; la surface de prospection moyenne de 77 % à cette période rend les estimations relativement fiables, d'autant plus que toutes les éoliennes ont été inspectées à plus de 40 % dans ce laps de temps, ce qui permet d'obtenir des résultats cohérents.
 - Le principal biais de cette modélisation est toutefois lié à la persistance très courte des cadavres sur le parc des Champs d'Amour, bien que la fréquence élevée des passages au cours du suivi limite en partie ce biais.

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.

- **Les biais sont donc modérés pour l'estimation de la mortalité des chauves-souris en seconde période**, avec des intervalles de confiance restant larges.

Des modélisations ont également été réalisées en prenant en compte l'ensemble du suivi effectué. Les résultats obtenus sont plus fiables que les précédents, pour différentes raisons déclinées ci-après :

- **Pour les chiroptères**, la mortalité est estimée à **19 chauves-souris [IC 80 % : 10-31] sur l'ensemble de la période de suivi** ; la surface de prospection moyenne globale de 69 % est plus ou moins équivalente à celle prise en compte pour la période 2. Toutes les éoliennes ont ainsi été inspectées à plus de 40 % sur la globalité du suivi ;
 - La persistance des cadavres en période 2 est très faible, ce qui génère des biais importants dans les estimations. **En prenant en compte l'ensemble de la période étudiée, présentant un taux de persistance plus important** (même si ce taux demeure particulièrement faible), **les incertitudes sont réduites et les intervalles de confiance des estimations sont moins larges** ;
 - Les autres paramètres affectant la précision des estimations (en particulier l'efficacité de recherche des observateurs et la surface moyenne prospectée) sont comparables entre la période totale et la période 2, ce qui induit peu de différences entre les modèles, d'autant plus que ces paramètres sont élevés et génèrent peu d'incertitudes.
 - **L'estimation de la mortalité pour l'ensemble du suivi est donc celle retenue pour les chiroptères. Sachant que des cadavres de chauves-souris ont été trouvés seulement en période 2, cette estimation reflète la mortalité des chiroptères à cette période.** Un biais demeure du fait de la persistance faible des cadavres, mais les intervalles de confiance sont relativement réduits.

Les estimations de mortalité n'ont pas été effectuées à l'échelle de chaque éolienne, du fait du faible nombre de cadavres trouvés, ne permettant pas d'obtenir des résultats viables statistiquement par éolienne. De plus, les cadavres sont répartis de manière relativement homogène sur le parc et toutes les éoliennes s'inscrivent dans le même contexte paysager (grandes cultures). Les 4 éoliennes du parc des Champs d'Amour induisent donc une mortalité de même ordre de grandeur.

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 période et par groupe sur l'ensemble des paramètres).

Pour le parc des Champs d'Amour et au cours du suivi de 2021, les estimations de la mortalité réelle avec GenEst donnent une valeur médiane de la mortalité d'environ **19 chiroptères [IC 80 % : 10 - 31] pour l'ensemble du suivi**. L'estimation concernant les oiseaux est peu fiable statistiquement, 1 seul cadavre ayant été trouvé au cours du suivi, celle-ci n'est donc pas retenue. Par ailleurs, aucun cas de mortalité n'a été détecté pendant la première partie du suivi (du 26 mai au 25 juin, tous groupes confondus), cette période n'a donc pas pu faire l'objet d'analyses, bien que l'absence de cadavres détectés révèle que la mortalité est faible ou nulle durant ce laps de temps.

5.4 CONCLUSION SUR LE SUIVI DE MORTALITE

Ce second suivi réalisé sur le parc des Champs d'Amour a fait l'objet de **37 passages répartis entre le 26 mai et le 27 octobre 2021**, avec un **intervalle moyen entre les passages de 3,4 jours**, entrecoupé toutefois par une période sans suivi entre le 25 juin et le 30 juillet 2021. Les **4 éoliennes** du parc ont été suivies selon le protocole national (2018). Les recherches ont été réalisées dans un **rayon de 55 m** autour du mât. La **surface moyenne de prospection est de 69 % sur l'intégralité du suivi**, avec une variabilité au cours de l'année et entre les éoliennes, mais des taux de prospections relativement importants tout au long du suivi. Les tests de détection réalisés montrent une **délectabilité moyenne de 86 %**. Les tests

de persistance réalisés à partir de 36 leurres montrent un **taux de persistance de 25 % (première période) à 8 % (seconde période)** durant l'intervalle (3,4 j).

6 cadavres ont été découverts, parmi lesquels :

- **1 oiseau** : 1 Faucon crécerelle [sédentaire ou migrateur] ;
- **5 chiroptères appartenant à 4 espèces** : 1 Pipistrelle commune [sédentaire], 1 Pipistrelle de Kuhl [sédentaire], 1 Pipistrelle de Nathusius [migratrice] et 2 Noctules de Leisler [migratrices].

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 **19 chiroptères [IC 80 % : 10 - 31] pour l'ensemble du suivi**. La mortalité est variable au cours des périodes du suivi, en fonction de l'écologie des espèces impactées. Ainsi, aucun cadavre n'a été détecté sur le parc avant mi-septembre. **Les estimations obtenues grâce à GenEst sont relativement bonnes pour la période 2** (du 30 juillet au 27 octobre) **et pour les chauves-souris**, l'ensemble des paramètres utilisés permettant une analyse statistique fiable, à l'exception de la persistance courte des cadavres, qui induit un biais dans les modélisations. **Aucune estimation de mortalité n'a été obtenue pour la période 1** (du 26 mai au 25 juin) **et pour l'avifaune**, en raison d'un nombre de cadavres détectés au cours du suivi nul ou trop faible.

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 des espèces susceptibles d'être impactées, à savoir par exemple le Faucon crécerelle, la Buse variable ou le Héron cendré. Toutefois, le seul cas de collision recensé concerne le Faucon crécerelle.

Les risques de collisions sont anecdotiques pour les passereaux migrateurs, aucun cadavre n'ayant été vu sur le parc des Champs d'Amour en 2021 (pour rappel, 3 Roitelets à triple-bandeau, 1 Pouillot fitis et 1 Hirondelle de fenêtre ont été détectés au pied des éoliennes en période de migration en 2019).

Les tableaux ci-dessous présentent le niveau d'impact avéré du parc des Champs d'Amour 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 3.3.4) 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
Faucon crécerelle <i>Falco tinnunculus</i>	LC	NT	NA	LC	Assez forte (614 cas en Europe, dont 108 en France)	Faible 1 cadavre (E4, 18/10/21) [Sédentaire ou migrateur]	Moyenne	Faible	Négligeable

Le Faucon crécerelle est protégé 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.

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
Mai	Aucune (2 passages réalisés)	Période 1 : Non estimée	Négligeable
Juin	Aucune (8 passages réalisés)		Négligeable
Juillet	Aucune (1 passage réalisé)	Période 2 : Non estimée	Négligeable

	Mortalité brute - 2021	Mortalité estimée avec GenEst - 2021	Niveau d'impact par mois
Août	Aucune (9 passages réalisés)		Négligeable
Septembre	Aucune (8 passages réalisés)		Négligeable
Octobre	1 Faucon crécerelle (9 passages réalisés)		Négligeable

6.2 CHAUVES-SOURIS

5 cadavres de chauves-souris ont été retrouvés au cours des 37 passages réalisés de mai à octobre 2021. L'évaluation ci-dessous se base sur les résultats du suivi de la mortalité. 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 3.3.4) 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, 2021 et Eurobats, juin 18)	Portée de l'impact	Intensité d'impact	Enjeu spécifique régional	Niveau d'impact par espèce
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC	NT	LC	Forte (P. commune : 2 437 en Europe, dont 1012 en France)	Faible 1 cadavre (E2, 25/10/21) [Locale]	Moyenne	Faible	Négligeable
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	LC	LC	LC	Forte (469 en Europe, dont 219 en France)	Faible 1 cadavre (E4, 27/09/21) [Locale]	Moyenne	Faible	Négligeable
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	LC	NT	NT	Forte (1 627 en Europe, dont 276 en France)	Faible 1 cadavre (E4, 13/09/21) [Migratrice]	Moyenne	Assez fort	Faible
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	LC	NT	NT	Forte (721 en Europe, dont 153 en France)	Moyenne 2 cadavres (E1, 27/09/21 ; E2, 11/10/21) [Migratrices]	Assez forte	Moyen	Faible

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 dans 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.

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.

Évaluation du niveau d'impact par période de l'année (2021)

	Activité à hauteur de nacelle - 2021	Mortalité brute - 2021	Mortalité estimée avec GenEst - 2021	Niveau d'impact par mois - 2021
Mai	Activité moyenne pour la Pipistrelle commune Activité faible pour le groupe des Pipistrelles de Kuhl / de Nathusius et la Noctule de Leisler	Aucune (2 passages réalisés)	Période 1 : Non estimée	Négligeable
Juin	Activité moyenne pour la Pipistrelle commune, la Noctule commune et la Noctule de Leisler Activité faible pour le groupe des Pipistrelles de Kuhl / de Nathusius	Aucune		Faible
Juillet	Activité globalement faible pour l'ensemble des espèces	Aucune (1 passage réalisé)	Période 2 : 19,2 chiroptères [IC 80 % : 10,2 - 31,1]	Négligeable
Août	Activité élevée pour la Noctule commune Activité moyenne pour la Pipistrelle commune, le groupe des Pipistrelles de Kuhl / de Nathusius et la Noctule de Leisler 2 contacts de Grande Noctule	Aucune		Faible
Septembre	Activité élevée pour la Noctule commune, la Pipistrelle commune et la Noctule de Leisler Activité moyenne pour le groupe des Pipistrelles de Kuhl / de Nathusius	1 Pipistrelle de Kuhl 1 Pipistrelle de Nathusius 1 Noctule de Leisler		Moyen
Octobre	Activité globalement faible pour l'ensemble des espèces	1 Pipistrelle commune 1 Noctule de Leisler		Faible

Note importante : 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, une récente étude britannique a 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.

6.3 ELEMENTS DE COMPARAISON AVEC LE PREMIER SUIVI DE MORTALITE (2019)

La mortalité estimée avec EolApp sur le parc des Champs d'Amour, entre mi-août et mi-octobre 2019, était de **31,5 chiroptères [IC 80 % : 18 - 50]** et **14 oiseaux [IC 80 % : 6 - 25,5]** pour le modèle d'Huso, ou **34 chiroptères [IC 80 % : 19 - 56]** et **15 oiseaux [IC 80 % : 6,5 - 28]** pour le modèle de Jones.

La mortalité estimée en 2021, modélisée avec GenEst, n'est pas directement comparable avec les résultats de 2019 évalués avec EolApp. Les modélisations obtenues avec cette dernière application en 2021 n'ont par ailleurs pas couvert le même laps de temps qu'en 2019 (fin juillet à fin octobre en 2021 contre mi-août à mi-octobre en 2019). Toutefois, les estimations de mortalité réalisées en 2021 (**19**

cadavres de chiroptères sur la période suivie [IC 80 % : 10 – 31]) révèlent une mortalité globalement plus faible sur le parc des Champs d'Amour. De la même manière, il est à noter que la mortalité brute des chiroptères est bien moindre cette année, malgré un suivi sur une période beaucoup plus large, tandis que celle des oiseaux n'a pas pu être évaluée, du fait d'un nombre trop faible de cadavres trouvés, révélant un impact du parc négligeable sur l'avifaune durant la période suivie.

Comme en 2021, le niveau de risque de collision pour les chiroptères a été évalué entre août et septembre en 2019. Le tableau ci-dessous évalue les risques de collision contextualisés par mois sur la base de la sensibilité des espèces, de l'activité enregistrée et des cadavres découverts en 2019.

Évaluation du niveau d'impact par période de l'année (2019)

	Critères d'évaluation	Niveau d'impact en 2019
Août (25 nuits)	Activités très importantes avec plus d'un millier de contacts de noctules, 17 nuits avec Q>75%, 1 cadavre de Grand murin (mortalité rare), 2 cadavres de Pipistrelle commune, 7 espèces avec impact résiduel moyen	Fort
Septembre (30 nuits)	Activités importantes avec encore plusieurs centaines de contacts de noctules et de Pipistrelle commune jusqu'à la mi-septembre, 10 nuits avec Q>75%, 5 cadavres de Pipistrelle commune, 1 Noctule de Leisler, 1 Pipistrelle de Nathusius, 1 Pipistrelle de Kuhl, 5 espèces avec impact résiduel moyen	Assez fort
Octobre (13 nuits)	Activités importantes avec encore plusieurs centaines de contacts de noctules mais que quelques dizaines de pipistrelles en général sur la moitié du mois, 4 nuits avec Q>75%, 5 espèces avec impact résiduel moyen Aucun cadavre découvert jusqu'au 11 octobre	Moyen

Sur la base de ces éléments, il est possible d'affirmer que **le bridage mis en place sur le parc des Champs d'Amour entre août et octobre à partir de 2020 a permis de diminuer significativement la mortalité des chiroptères et des oiseaux**. Le niveau d'impact pour les chiroptères est passé de fort à faible en août, d'assez fort à moyen en septembre et de moyen à faible en octobre.

Le bridage mis en place sur le parc des Champs d'Amour entre août et octobre semble donc efficace, bien que **5 cas de mortalité aient été constatés en septembre et en octobre pour les chauves-souris**.

En conclusion, le niveau d'impact pour chacune des espèces dont la mortalité a été constatée en 2021 (et, en complément, dont l'activité à hauteur de nacelle a été enregistrée pour les chauves-souris) sur le parc des Champs d'Amour 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 négligeable pour la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl et le Faucon crécerelle, au vu des très grandes populations européennes de ces espèces. Il est faible pour la Pipistrelle de Nathusius et la Noctule de Leisler, qui sont des espèces plus rares présentant un enjeu de conservation régional.**

Le niveau d'impact pour les chiroptères est moyen en septembre et faible en juin, août et octobre.

Du fait de l'absence de cadavres découverts en dehors de la période automnale et d'une activité faible à modérée des chauves-souris entre mai et juillet sur le parc, le niveau d'impact pour les oiseaux et les chiroptères est estimé à **négligeable en mai et juillet**. Il est tout de même à noter que ces deux mois n'ont pas fait l'objet de suivis complets, ce qui implique que des cadavres ont potentiellement été manqués à cette période.



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 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 MAINTIEN DE L'ALGORITHME DE BRIDAGE NOCTURNE PRECONISE

La mortalité résiduelle constatée en 2021 est globalement faible, bien que 5 cadavres de chiroptères aient été découverts entre septembre et octobre sur le parc. Les résultats fournis par le suivi acoustique à hauteur de nacelle permettent de voir que **les risques de collisions sont modérés en septembre, faibles en juin, août et octobre et négligeables en mai et juillet.**

Au regard des éléments météorologiques enregistrés au niveau de l'éolienne E3 sur le parc de Champs d'Amour en 2021 et de l'activité des chiroptères associée, il ressort que l'utilisation du site est majoritaire dans des gammes de de vitesse de vent comprises entre 0 et 7 m/s et de température comprise entre 14 et 29°C.

Une relation marquée entre l'activité des chauves-souris en altitude, les vitesses de vent et la température a été mise en évidence :

- 90 % de l'activité totale a été enregistré à des vitesses de vent inférieures de 5,8 m/s ;
- 90 % de l'activité totale a été enregistré à des températures supérieures de 17°C.

On note que de manière générale, plus la température est élevée, plus l'utilisation du site est possible à des vitesses de vents élevées.

Lorsqu'on applique les paramètres de bridage mis en place sur le parc des Champs d'Amour à l'activité des chauves-souris observée en 2021, la proportion d'activité chiroptérologique couverte par les arrêts machines en 2021 est d'environ 70 % (évaluation réalisée par Biotope).

Sur la base de cette valeur et du niveau d'impact évalué pour les chauves-souris en 2021, il est possible d'estimer que **ce taux d'activité chiroptérologique couvert par les arrêts machines est suffisamment important pour que le bridage actuel soit conservé sur le parc des Champs d'Amour**, sans modification et en intégrant une variabilité interannuelle. En effet, le niveau d'impact pour les chiroptères est modéré en septembre, faible en juin, août et octobre et négligeable en mai et juillet. La proportion d'activité chiroptérologique à protéger est de 70 à 80 % pour un niveau d'impact moyen. Le bridage établi correspond ainsi à ce niveau de protection pour le mois où le niveau d'impact est maximal (septembre), même si la proportion d'activité chiroptérologique couverte par le bridage, évaluée par Biotope, a été estimée à l'échelle du suivi entier.

Le tableau ci-dessous récapitule pour chaque mois les paramètres de bridage (mesurés à hauteur de nacelle) précédemment établis pour réduire les risques de collision des chauves-souris à partir de 2020 et ceux retenus à partir des données obtenues en 2021.

Rappel des préconisations de bridage pour réduire les risques de collision des chiroptères issues du suivi de 2019, et algorithmes de bridage par mois de l'année préconisés pour le parc des Champs d'Amour, issus du suivi à hauteur de nacelle et du suivi de mortalité réalisés en 2021

	Bridage préconisé dès 2020 pour l'ensemble des éoliennes	Bridage préconisé en 2021
Janvier	Aucun bridage	Aucun bridage
Février	Aucun bridage	Aucun bridage
Mars	Aucun bridage	Aucun bridage
Avril	Aucun bridage	Aucun bridage
Mai	Aucun bridage (fréquentation du parc et mortalité étudiées en 2021)	Aucun bridage
Juin	Aucun bridage (fréquentation du parc et mortalité étudiées en 2021)	Aucun bridage
Juillet	Aucun bridage (fréquentation du parc et mortalité étudiées en 2021)	Aucun bridage
Août	≤ 6,5 m/s 30 min avant coucher jusqu'à 7h30 après >19°C	≤ 6,5 m/s 30 min avant coucher jusqu'à 7h30 après >19°C

	Bridage préconisé dès 2020 pour l'ensemble des éoliennes	Bridage préconisé en 2021
Septembre	≤ 6,5 m/s 30 min avant coucher jusqu'à 7h30 après >18°C	≤ 6,5 m/s 30 min avant coucher jusqu'à 7h30 après >18°C
Octobre	≤ 6 m/s 30 min avant coucher jusqu'à 3h30 après >15°C	≤ 6 m/s 30 min avant coucher jusqu'à 3h30 après >15°C
Novembre	Aucun bridage	Aucun bridage
Décembre	Aucun bridage	Aucun bridage

Niveau d'impact : blanc/gris : négligeable/faible (= non significatif) ; jaune = moyen ; orange = assez fort ; rouge = fort ; marron = très fort

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, le bridage nocturne est aussi bénéfique, indirectement, aux oiseaux migrateurs de nuit. En 2019, l'ensemble des cas de mortalité constatés pour l'avifaune concernaient des individus migrateurs, tandis qu'aucun cas de mortalité d'oiseau migrateur nocturne n'a été constaté en 2021.

7.2 CONTROLE DE L'ECLAIRAGE NOCTURNE

Chaque éolienne est équipée d'une lampe halogène blanche 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. **La durée pendant laquelle la lampe reste allumée ne devrait pas dépasser les deux minutes afin de limiter les risques de pollution lumineuse.** En effet, en premier lieu 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

Les friches herbacées aux abords de la plateforme des éoliennes constituent des habitats privilégiés par les chauves-souris et le Faucon crécerelle, pour la chasse en particulier. **Afin de limiter leur attractivité, il est recommandé de les maintenir à ras le plus longtemps possible tout au long de la saison active (mars à octobre en général).** Moins la végétation herbacée se développera, moins les invertébrés

(papillons, mouches, araignées...) auront la possibilité de proliférer et donc d'attirer leurs prédateurs que sont les chiroptères. Une convention avec le propriétaire ou l'agriculteur exploitant des parcelles pourra permettre de mettre en œuvre cette mesure.

Toutefois, les plateformes du parc éolien des Champs d'Amour ne présentent pas de surfaces significatives laissées volontairement en friche, réduisant déjà ce facteur de risque.

8. MESURES DE SUIVI

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.**

Étant donné le faible nombre de cadavres de chauves-souris et l'impact négligeable du parc sur les oiseaux, **une nouvelle vérification de l'efficacité du bridage nocturne ne semble pas nécessaire** au regard des mesures déjà mises en place, qui ne seront pas modifiées suite à la présente étude.

9. 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 eolicos sobre las poblaciones de murcielagos – 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 Biotope, 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. Biotope, 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-Westfalens Windenergie und vogel : Ausmass und bewaltung 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 winf farms: a pratical 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 Castelnau-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 costal 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

Bouguey 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. Beaugard-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 Windkraftopfern. 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 Landesamt 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 10.1007/978-3-319-51272-3_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.

Hötter 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.

Hötter 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 R.M. 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. & Dziocik 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-Weissahn 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., Ettersson 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, Zoogdiervereeniging & Bureau Waardenburg. 120p.

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

Matthews 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.

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 pa fuglelivet. Fugles reaktioner pa opfoerelse og ideftsattelsen af tjareborgmoellen ved Det Danske Vadehav. *Danske Vildundersoegelser* 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. Hötter, 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., Micevli 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.

Tranchard J. & Doyen L. 2021. Suivi de l'activité des chiroptères en altitude - Parc éolien des Champs d'Amour – Biotopie. 39 pages.

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

Date	Tâche	Intervenant
26/05/2021	Suivi mortalité éclair	Bastien CORNIAUX
28/05/2021	Suivi mortalité éclair	Bastien CORNIAUX
01/06/2021	Suivi mortalité éclair	Bastien CORNIAUX
03/06/2021	Suivi mortalité éclair	Bastien CORNIAUX
07/06/2021	Suivi mortalité éclair Test de performance	Bastien CORNIAUX, Guillaume MARCHAIS
10/06/2021	Suivi mortalité éclair Test de persistance (dépôt)	Bastien CORNIAUX
11/06/2021	Test de persistance (J+1)	Bastien CORNIAUX
14/06/2021	Suivi mortalité éclair Test de persistance (J+4)	Bastien CORNIAUX
18/06/2021	Suivi mortalité éclair Test de persistance (J+8)	Bastien CORNIAUX
21/06/2021	Suivi mortalité éclair Test de persistance (J+11)	Bastien CORNIAUX
25/06/2021	Suivi mortalité éclair Test de persistance (J+15)	Bastien CORNIAUX
30/07/2021	Suivi mortalité réglementaire	Bastien CORNIAUX
03/08/2021	Suivi mortalité réglementaire	Bastien CORNIAUX
06/08/2021	Suivi mortalité réglementaire	Bastien CORNIAUX
09/08/2021	Suivi mortalité réglementaire	Margot JODET (Echochiros)
12/08/2021	Suivi mortalité réglementaire	Ghislain DURASSIER (Echochiros)
17/08/2021	Suivi mortalité réglementaire	Margot JODET (Echochiros)
20/08/2021	Suivi mortalité réglementaire	Margot JODET (Echochiros)
23/08/2021	Test de persistance (dépôt)	Margot JODET (Echochiros)
24/08/2021	Suivi mortalité Test de persistance (J+1)	Margot JODET (Echochiros)
26/08/2021	Suivi mortalité Test de persistance (J+3)	Laurie BURETTE (Echochiros)
30/08/2021	Suivi mortalité Test de persistance (J+7)	Margot JODET (Echochiros)
02/09/2021	Suivi de mortalité Test de persistance (J+10)	Bastien CORNIAUX
06/09/2021	Suivi mortalité Test de persistance (J+14)	Bastien CORNIAUX
10/09/2021	Suivi mortalité réglementaire	Bastien CORNIAUX
13/09/2021	Suivi mortalité réglementaire	Bastien CORNIAUX
15/09/2021	Suivi mortalité Test de performance	Bastien CORNIAUX, Manon ACQUEBERGE
20/09/2021	Suivi mortalité réglementaire	Bastien CORNIAUX
23/09/2021	Suivi mortalité réglementaire	Bastien CORNIAUX
27/09/2021	Suivi mortalité réglementaire	Bastien CORNIAUX
01/10/2021	Suivi mortalité réglementaire	Bastien CORNIAUX

Date	Tâche	Intervenant
05/10/2021	Suivi mortalité réglementaire	Bastien CORNIAUX
08/10/2021	Suivi mortalité réglementaire	Bastien CORNIAUX
11/10/2021	Suivi mortalité réglementaire	Elodie BRUNET
14/10/2021	Suivi mortalité réglementaire	Bastien CORNIAUX
18/10/2021	Suivi mortalité réglementaire	Bastien CORNIAUX
22/10/2021	Suivi mortalité réglementaire	Bastien CORNIAUX
25/10/2021	Suivi mortalité réglementaire	Bastien CORNIAUX
27/10/2021	Suivi mortalité réglementaire	Bastien CORNIAUX

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**.

PERIODE	Nbr de passages	E1			E2			E3			E4			% 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	
1 (fin mai - fin juin)	10	5291	4190	56%	2105	7376	22%	1950	7531	21%	9123	358	96%	49%
2 (fin juillet - fin octobre)	27	6233	3248	66%	9481	0	100%	9481	0	100%	3896	5585	41%	77%
Total (fin mai - fin octobre)	37	5978	3503	63%	7487	1994	79%	7446	2035	79%	5309	4172	56%	69%

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

Groupe d'espèces	Nom français	Nom scientifique	Age	Sexe	Date découverte	Commune	Coord X L93	Coord Y L93	Distance mât	Eolienn e	Occupati on du sol	Visibilit é	Découvreur / Identificateur	Moyen identification	Context e
Chiroptères	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	+1A	Mâle	13/09/2021	Meunet-sur-Vatan	611735,276	6666250,13	12m	E4	Plateform e	Bonne	Bastien CORNIAUX	Biométrie – Dentition sous loupe binoculaire	Suivi ICPE
Chiroptères	Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	VOL	Individ u	27/09/2021	Meunet-sur-Vatan	611746,457	6666242,19	5m	E4	Plateform e	Bonne	Bastien CORNIAUX	Biométrie – Dentition sous loupe binoculaire	Suivi ICPE
Chiroptères	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	+1A	Femell e	27/09/2021	Reboursin	610964,445	6666681,17	4m	E1	Plateform e	Bonne	Bastien CORNIAUX	Biométrie – Dentition sous loupe binoculaire	Suivi ICPE
Chiroptères	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	+1A	Femell e	11/10/2021	Meunet-sur-Vatan	611189,811	6666530,23	35m	E2	Labour	Bonne	Elodie BRUNET	Biométrie – Dentition sous loupe binoculaire	Suivi ICPE
Oiseaux	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	VOL	Individ u	18/10/2021	Meunet-sur-Vatan	611761,199	6666200,26	49m	E4	Labour	Moyenn e	Bastien CORNIAUX	Plumage	Suivi ICPE
Chiroptères	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	VOL	Individ u	25/10/2021	Meunet-sur-Vatan	611243,503	6666550,16	22m	E2	Labour	Moyenn e	Bastien CORNIAUX	Biométrie – Dentition sous loupe binoculaire	Suivi ICPE

*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 les chiroptères. Résultats présentés dans le tableau en partie 5.3.1.

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :

Browse... Cadavres_chiros_Meunet_Sv_21.csv

Upload complete

Nb lignes lues = 37

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

Browse... Persistence_tot_Meunet_Sv_21.csv

Upload complete

Nombre de lignes lues = 36

Méthode de calcul des intervalles de confiance

Non-paramétrique

Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =

3,4

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =

105

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

90

Pourcentage de la surface prospectée =

0,69

CALCULER

Données en entrée

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

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

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

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

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	20.47	3.51	56.99	7.87	41.00
Huso	22.75	4.02	60.07	8.90	43.89
Winkelmann	99.73	14.89	466.23	34.03	283.36
Jones	29.40	4.77	114.15	11.10	67.55

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 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	0	0	0	0	0	0
2	bat	periode_2	5	10.69	17.11	25.18	34.04	42.8
3	bird	periode_1	0	0	0	0	0	0
4	bird	periode_2	1	1	1	6.41	10.25	15.43

Showing 1 to 4 of 4 entries Previous Next



➤ Résultats obtenus par groupe impacté sur l'ensemble du suivi. Résultats présentés dans le tableau en partie 5.3.2.

Model Inputs:

Carcass ID Column (CO)

Fraction of Facility Surveyed:

Density Weighted Proportion:

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	X	10%	25%	50%	75%	90%
1	bat	5	10.23	14.36	19.21	25.63	31.12
2	bird	1	1	1	4.5	8.1	10.43

Showing 1 to 2 of 2 entries Previous Next



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

	Test 1	Test 3	
DATAFILES INPUTS :	<i>DWP_total</i>	<i>DWP_période</i>	
<i>Model inputs</i>			
Number of iteration	1000	1000	
Confidence level	0,8	0,8	
Carcass Class Column		Season	
<i>Model inputs</i>			
		periode_1	periode_2
Observations	Efficacite1	Efficacite1	
Predictor variables	Size	Size	
Fixed k	0,75	0,75	
<i>Selection</i>			
Carcass Class	-	periode_1	periode_2
p model /p ~	Size	constant	Size
k model	0,75	0,75	0,75
<i>Model inputs</i>			
Last time present	LastPresent	LastPresent	
First time absent	FirstAbsent	FirstAbsent	
Predictor variables	Aucun	Aucun (Season déjà inclus dans general inputs)	
Distributions	exp ; weibull ; lognormal ; loglogistic	exp ; weibull ; lognormal ; loglogistic	
<i>Selection</i>			
Distribution	loglogistic	lognormal	lognormal
Location ~	constant	constant	constant
Scale ~	constant	constant	constant
<i>Model inputs</i>			
Carcass ID	carclD	carclD	
Fraction of Facility Surveyed	1	1	
DWP	periode_tot		
Date found	DateFound	DateFound	
<i>Split mortality</i>			
Search Schedule (SS) Variable	Aucun	Season	
Carcass Observation (CO) Variable	Group	Group	

ANNEXE 7 : DEMANDE DE DEROGATION POUR LA CAPTURE OU L'ENLEVEMENT DE CADAVRES DE CHIROPTERES ET D'OISEAUX PROTEGES



Direction départementale
des Territoires
Service Planification Risques Eau Nature

ARRÊTÉ N° 36-2021-06-28-00005 du 28 juin 2021

portant autorisation de récolte et de transport de cadavres de chiroptères et d'oiseaux au nom du bureau d'étude Ecosphère sur le parc éolien « Les Champs d'Amour »

LE PRÉFET DE L'INDRE,

Vu le code de l'environnement, notamment les articles L. 411-1, L. 411-2, L. 415-3, R.411-1 à R.411-14 et R. 412-11 ;

Vu le décret n° 97-34 du 15 janvier 1997 relatif à la déconcentration des décisions administratives individuelles ;

Vu le décret n° 2004-374 du 29 avril 2004 modifié relatif aux pouvoirs des préfets, à l'organisation et à l'action des services de l'Etat dans les régions et départements ;

Vu l'arrêté ministériel du 9 juillet 1999 modifié fixant la liste des espèces de vertébrés protégées, menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département ;

Vu l'arrêté ministériel du 19 février 2007 modifié fixant les conditions de demande et 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 23 avril 2007 fixant les listes 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 leur protection ;

Vu l'arrêté préfectoral n° 36-2021-06-08-0001 du 8 juin 2021 portant délégation de signature aux chefs de services de la direction départementale des territoires de l'Indre ;

Vu la demande dérogatoire reçue en date du 16 avril 2021 sollicitée par le bureau d'étude Ecosphère ;

Vu l'avis favorable de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Centre - Val de Loire (DREAL Centre - Val de Loire) reçue en date du 4 juin 2021 ;

Vu l'avis favorable du Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel (CSRPN) en date du 22 juin 2021 ;

Considérant que la dérogation ne nuit pas au maintien, dans un état de conservation favorable des populations objet de la présente dérogation et qu'elle est conforme à l'article L. 411-2 du code de l'environnement ;

Considérant que la qualification des demandeurs et que les objectifs scientifiques poursuivis sont conformes à l'article L. 411-2 précité ;

ARRÊTÉ :

ARTICLE 1 : Identité des bénéficiaires

Le Bureau d'étude Ecosphère représenté par Manon ACQUEBERGE, Hugo AUCLAIR, Guillaume MARCHAIS, Maxime COLLET, Laurent SPANNEUT, Matthieu ESLINE, Elodie BRUNET, Laurie BURETTE et Ghislain DURASSIER ; dont le siège est situé 112 Rue du Nécotin - 45000 Orléans est bénéficiaire de la présente autorisation dans les conditions fixées aux articles suivants.

ARTICLE 2 : Espèces objets de la dérogation

Les personnes mentionnées à l'article 1 sont autorisées à déroger à l'interdiction de récolte de cadavres des espèces suivantes :

- Toutes les espèces d'oiseaux visées dans l'arrêté ministériel du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire à l'exception de la Rousserolle turdoïde (*Acrocephalus arundinaceus*), du Hibou des marais (*Asio flammeus*), de la Guifette moustac (*Chlidonias hybrida*), de la Guifette noire (*Chlidonias niger*), de la Cigogne noire (*Ciconia nigra*), du Bruant des roseaux (*Emberiza schoeniclus*), de la Grue cendrée (*Grus grus*), du Pygargue à queue blanche (*Haliaeetus albicilla*), de la Pie-grièche grise (*Lanius excubitor*), de la pie-grièche à tête rousse (*Lanius senator*), de la Locustelle luscinoïde (*Locustella luscinioides*), du Balbuzard pêcheur (*Pandion haliaetus*), du Moineau friquet (*Passer montanus*), du Pic cendré (*Picus canus*), de la Marouette ponctuée (*Porzana porzana*), de la Marouette de Baillon (*Zapornia pusilla*), du Tarier des prés (*Saxicola rubetra*), de la Fauvette pitchou (*Sylvia undata*) et des oiseaux nécessitant une autorisation ministérielle.

- Toutes les espèces de chiroptères visées dans l'arrêté ministériel du 23 avril 2007 fixant les listes des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire à l'exception de la Noctule commune (*Nyctalus noctula*).

ARTICLE 3 : Finalité de la dérogation

La présente dérogation est accordée dans le cadre des suivis de mortalité sur les parcs éoliens.

ARTICLE 4 : Mode de capture

La récolte s'effectuera manuellement.

La capture définitive de spécimens vivants n'est pas autorisée.

ARTICLE 5 : Protocoles utilisés

Les recommandations formulées par Eurobats et le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens devront être respectés à minima.

ARTICLE 6 : Modalités de transport

La présente autorisation autorise le transport des cadavres vers le siège du bureau d'études Ecosphère pour identification.

Les cadavres de chiroptères pourront faire l'objet d'un envoi au Muséum d'Histoire Naturelle de Bourges pour alimenter les études isotopiques permettant d'identifier l'origine géographique des spécimens impactés ou être transportés vers une structure pouvant les stocker en attendant la collecte d'échantillonnage.

ARTICLE 7 : Durée de la dérogation et territoires concernés

L'autorisation est accordée à compter de la date du présent arrêté et jusqu'au 31 décembre 2021 sur le parc éolien « Les Champs d'amour » situé sur les communes de Meunet sur Vatan et de Rebourstin.

ARTICLE 8 : Compte -rendu des opérations

Un compte rendu des opérations sera adressé annuellement à :

- à la Direction départementale des territoires de l'Indre, Cité Administrative, CS 60616, 36020 CHATEAUROUX CEDEX
- à la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement Centre - Val de Loire (DREAL Centre-Val de Loire)
- au Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel - 27 avenue Maunoury - 41000 BLOIS.

Il comportera a minima pour chaque espèce : le nombre d'individus, les dates et lieux de prélèvement, le sexe (si identifiable).

ARTICLE 9 : Contrôle

En cas de contrôle, le bénéficiaire devra être en mesure de présenter l'autorisation. La mise en œuvre des dispositions définies dans le présent arrêté peut faire l'objet de contrôle par les agents chargés de constater les infractions mentionnées aux articles L.171-1, L.172-1 et L. 415-3 du Code de l'environnement.

ARTICLE 10 : Sanctions

Le non respect des dispositions du présent arrêté est passible des mesures prévues par les articles L.171-6 et suivants du Code de l'environnement ainsi que des sanctions prévues par l'article L.415-3 du Code de l'environnement.

ARTICLE 11 : Recours

Dans un délai de deux mois à compter de la date de publication du présent arrêté, les recours suivants peuvent être introduits :

- un recours gracieux, adressé à M. le Préfet de l'Indre ;
- un recours hiérarchique, adressé au ministre concerné ;

Dans ces deux cas, le silence de l'administration vaut rejet implicite au terme d'un délai de deux mois. 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 premiers recours.

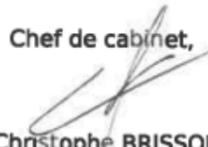
- un recours contentieux, en saisissant le Tribunal Administratif de Limoges.

Les recours doivent être adressés par lettre recommandée avec accusé de réception ou par l'application Télérecours citoyen accessible sur le site www.telerecours.fr. Ils n'ont pas d'effet suspensif.

ARTICLE 12 : Application

Le Secrétaire Général de la préfecture, le Directeur départemental des territoires, le Commandant du groupement de gendarmerie, les agents du service départemental de l'Office Français de la Biodiversité sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté qui sera publié au Recueil des Actes Administratifs et dont une copie sera notifiée au bureau d'étude Ecosphère, au CSRPN et à la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de la région Centre-Val de Loire.

Chef de cabinet,


Christophe BRISSON