



Parc éolien de la Mardelle (45)

Suivi environnemental 2021

V2

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

07/07/2022

INFORMATIONS & CONTACTS ●●●

Parc éolien de la Mardelle (45) Suivi environnemental 2021

Étude réalisée pour : EDP Renewables France

🏠 25 quai Panhard et Levassor 75013 Paris

👤 **Aurea QUENOUILLE**
ENVIRONMENTAL ASSOCIATE – FRANCE/BELGIUM
📞 +33 6 87 99 50 80
@ AUREA.QUENOUILLE@EDP.COM

Étude réalisée par : ÉCOSPHÈRE Agence Centre-Bourgogne

🏠 112 rue du Nécotin, 45000 ORLEANS
📞 02 38 42 12 90

Coordination

Manon ACQUEBERGE
Chargée d'étude faune

Suivi de mortalité

Hugo AUCLAIR, Manon ACQUEBERGE,
Maxime COLLET, Laurent SPANNEUT, Elodie
BRUNET, Hervé GAUCHE
Chargés d'études

Analyses faunistiques

Hugo AUCLAIR, Manon ACQUEBERGE
Chargés d'études faune

SIG et cartographie

Ulysse BOURGEOIS
Géomaticien

Contrôle qualité

Guillaume VUITTON
Directeur de l'agence Centre-Bourgogne

CONTEXTE ●●●

Le parc éolien de la Mardelle est constitué de 2 éoliennes, de type ECO100 d'Alstom et GE 103-3MW. Il a été mis en service le 11 juin 2010. Ce parc se situe sur la commune de Guigneville dans le département du Loiret (45), en contexte de culture intensive.

Il appartient à un alignement total de 10 éoliennes constitué des parcs de la Vallée du Moulin (LVL1 à LVL4), de la Mardelle (LMD5 et LMD6) et de Quinze Mines (QZM7 à QZM10). Ces trois parcs ont été suivis conjointement en 2021.

Afin de se conformer à la réglementation ICPE, EDP Renewables souhaite missionner un suivi de mortalité de la faune volante en 2021 en application du protocole national 2018.

Mission d'Écosphère :

Dans ce contexte et sur l'ensemble des 3 parcs, la mission d'Écosphère consistait à :

- Réaliser un suivi acoustique en continu à hauteur de nacelle sur 2 éoliennes (LVL2 et LMD5, LMD5 étant sur le parc directement concerné par la présente étude) sur l'ensemble de la période d'activité des chauves-souris (de début avril à mi-novembre, soit près de 7,5 mois) ;
- Effectuer des recherches de cadavres au sol de mi-mai à fin octobre (soit 5,5 mois) sur l'ensemble des éoliennes ;
- Évaluer les impacts par collision ou barotraumatisme ;
- Proposer le cas échéant des mesures de réduction proportionnées.

SOMMAIRE

INFORMATIONS & CONTACTS	2
CONTEXTE	2
SOMMAIRE	3
RESUME	4
1. CADRE TECHNIQUE ET REGLEMENTAIRE D'UN SUIVI ENVIRONNEMENTAL	6
1.1 CADRE REGLEMENTAIRE	6
1.2 DEFINITION DU PROTOCOLE NATIONAL	6
1.3 APPLICATION DU PROTOCOLE NATIONAL A L'ECHELLE DU PARC SUIVI	6
2. PRESENTATION DU PARC EOLIEN	7
2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ECOLOGIQUE.....	7
2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES.....	7
2.3 SITUATION ECOLOGIQUE ANTERIEURE – RAPPEL DE L'ETUDE D'IMPACT	8
2.4 SUIVI ENVIRONNEMENTAL EFFECTUE EN 2015	8
3. METHODES DE TRAVAIL	11
3.1 SUIVI DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE	11
3.2 SUIVI DE MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX	12
3.3 METHODE D'EVALUATION DES ESPECES FREQUENTANT LE PARC.....	20
3.4 METHODE DE DEFINITION DES IMPACTS ET DES MESURES DE REDUCTION ADAPTEES AU PARC	22
4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE	23
4.1 VALIDITE DU MATERIEL UTILISE	23
4.2 DESCRIPTION DES ACTIVITES ENREGISTREES	23
4.3 SYNTHESE ET EVALUATION DES ACTIVITES.....	24
4.4 REPARTITION DE L'ACTIVITE SELON L'HEURE DE LA NUIT	25
4.5 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LES VITESSES DE VENT.....	26
4.6 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LA TEMPERATURE	26
4.7 CONCLUSION SUR LE SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE.....	26
5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE MORTALITE	27
5.1 RESULTATS BRUTS	27
5.2 VARIABLES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE	28
5.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE	31
5.4 CONCLUSION SUR LE SUIVI DE MORTALITE	35
6. EVALUATION DES IMPACTS PAR COLLISION ET BAROTRAUMATISME	36
6.1 OISEAUX	36
6.2 CHAUVES-SOURIS	37
7. MESURES DE REDUCTION DES RISQUES DE COLLISION.....	39
7.1 PROTECTION DES CHAUVES-SOURIS FREQUENTANT LE PARC PAR UN BRIDAGE NOCTURNE DIFFERENCIE	39
8. MESURES DE SUIVI.....	40
9. BIBLIOGRAPHIE	41
ANNEXE 1 : DATES DE PROSPECTION DU SUIVI DE MORTALITE ET DES TESTS ASSOCIES.....	45
ANNEXE 2 : SURFACES PROSPECTEES PAR EOLIENNE AU COURS DU SUIVI	46

ANNEXE 3 : SYNTHESE DES CADAVRES DECOUVERTS LORS DU SUIVI DE MORTALITE	50
ANNEXE 4 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR D'EOLAPP.....	51
ANNEXE 5 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR DE GENEST	52
ANNEXE 6 : PARAMETRES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE AVEC 53	
ANNEXE 7 : DEMANDE DE DEROGATION POUR LA CAPTURE OU L'ENLEVEMENT DE CADAVRES ; OU D'OISEAUX PROTEGES.....	54

Ce résumé présente les éléments essentiels à retenir, exposés de manière synthétique. Il se veut pédagogique mais certains sujets restent très techniques. 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 de la Mardelle se situe au nord du Loiret (45) à environ 7 km à l'est de Pithiviers dans la région paysagère de la Beauce du Loiret.

Ce parc est composé de 2 éoliennes, mises en service le 1^{er} mai 2010 et exploitées par EDP Renewables. Il se situe sur un alignement total de 10 éoliennes constitué des parcs de la Vallée du Moulin (LVL1 à LVL4), de la Mardelle (LMD5 et LMD6) et de Quinze Mines (QZM7 à QZM10).

Ce suivi environnemental est le second ; le premier ayant eu lieu au cours de l'année 2015.

❖ Méthodes de travail

Suivi à hauteur de nacelle

Deux Batmodes S+ ont été installés sur les éoliennes LVL2 et LMD5 et ont fonctionné du 2 avril au 23 novembre 2021.

Pour le suivi acoustique sur l'éolienne LMD5, le micro a été opérationnel du début à la fin du suivi.

Pour le suivi acoustique sur l'éolienne LVL2, le micro a été globalement opérationnel du début à la fin, à l'exception de 30 jours répartis entre mai et novembre où la sensibilité était trop faible, puis trop élevée (inférieure à -27 dBFS, ou supérieure à -13 dBFS). Le Batmode a également été déconnecté (débranché) du 10 au 23 novembre.

Mortalité

Ce suivi ayant débuté en mai 2021, les préconisations du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) s'appliquent au parc de la Mardelle.

Les 10 éoliennes de l'alignement, dont les 2 éoliennes du parc de la Mardelle, ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un protocole standardisé. Un total de 45 passages a été réalisé entre le 18 mai et le 29 octobre 2021 (semaines 20 à 43), avec un intervalle moyen entre les passages de 3,7 jours.

Les pales mesurant entre 48,7 et 51,5 m selon les éoliennes de l'alignement des 10 éoliennes, les prospections se sont effectuées dans un rayon de 55 mètres autour des mâts des machines.

Deux tests de persistance ont été réalisés (les 14/06 et 06/09/21) avec un suivi de la persistance des 3 à 4 leurres répartis sur 5 à 6 éoliennes à J+1, J+3, J+7, J+10 et J+14. Les deux tests d'efficacité des observateurs (18/06 et 04/10/21) ont consisté en la dépose de 86 leurres sur les différentes zones prospectables autour des éoliennes.

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

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

❖ Résultats du suivi acoustique à hauteur de nacelle

Pour LMD5, durant ce suivi 2021, 1 594 contacts de chauves-souris ont été enregistrés par le Batmode S+, contre 1 166 contacts sur LMD5. L'activité annuelle est considérée comme modérée sur ces éoliennes. Les espèces les plus contactées sont la Noctule commune, la Pipistrelle commune et la Noctule de Leisler. Les mois de juillet, d'août et de septembre sont les plus fréquentés par l'ensemble des espèces de chiroptères. Au total, 746 contacts de Noctule commune ont été enregistrés durant le suivi, dont 264 au mois de septembre. Ces résultats démontrent une importante fréquentation de cette espèce sur l'alignement des 10 éoliennes. Les Pipistrelles de Nathusius sont quant à elles très peu représentées, avec seulement 14 contacts dans l'année sur LMD5 et 10 sur LVL2.

❖ Résultats du suivi de la mortalité

Résultats bruts

Sur l'alignement complet des 10 éoliennes (La Vallée du Moulin - La Mardelle - Quinze Mines), un total de 16 cadavres a été découvert, dont 8 oiseaux et 8 chauves-souris.

- 8 oiseaux appartenant à au moins 5 espèces : 2 Martinets noirs [migrateurs], 1 Gobemouche noir [migrateur], 1 Bruant proyer [sédentaire ou migrateur], 2 Corneilles noires [locales] et 2 Roitelets indéterminés [migrateurs] ;
- 8 chiroptères appartenant à au moins 3 espèces : 3 Pipistrelles communes [sédentaires], 2 Pipistrelles de Nathusius [migratrices], 2 Pipistrelles indéterminées [statut indéterminé] et 1 Noctule de Leisler [statut indéterminé].

La mortalité constatée en 2021 sur les deux seules éoliennes du parc de la Mardelle est nulle.

Persistance des cadavres

- Pour l'alignement des 10 éoliennes, le taux de persistance (p) est de 0 % à j+4 et 22 % à j+1 (première période) et 44 % à j+3 (seconde période). Sur l'alignement des 10 éoliennes, la probabilité de persistance (r) est de 0,31 [IC 80 % : 0,23 – 0,40] (première période) et 0,75 [IC 80 %¹ : 0,68 – 0,81] (seconde période).
- Sur le parc de la Mardelle, cette probabilité de persistance (r) est de 0,35 [IC 80 % : 0,21 – 0,52] (première période) et 0,68 [IC 80 % : 0,47 – 0,83] (seconde période).

La persistance est très faible en première partie de suivi et augmente légèrement en seconde partie de suivi. Ce facteur semble moins marqué sur le parc de la Vallée du Moulin que sur l'ensemble de l'alignement du parc, ce qui ne semble pas significatif au vu de la quantité de données disponible bien moins grande.

La durée réduite de l'intervalle entre deux passages sur la première partie du suivi (4,2 j) ne permet pas de couvrir complètement cette persistance extrêmement faible. La réduction de cet intervalle en

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.

seconde partie de suivi (3,4 j) ne suffit pas non plus à couvrir complètement l'augmentation de la persistance pourtant légèrement supérieure. Un biais est à prévoir lors des estimations de mortalité réelle.

Détectabilité (efficacité de l'observateur)

Le taux d'efficacité (ou de détection) est de 87 % [IC 80 % : 82 – 91 %], ce qui est très bon.

Surface prospectée

La surface de prospection est relativement importante (59 %), notamment au cours de la seconde période où elle est totale (100 %) et qui constitue plus de la moitié des passages effectués. Cette surface est nettement plus faible pour la première période (12 %). Elle est particulièrement homogène entre les 2 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 sur l'alignement des 10 éoliennes d'environ **13,3 chiroptères [IC 80 % : 9,4 – 18,1] et 17,1 oiseaux [IC 80 % : 10,6 – 24,8] sur l'ensemble du suivi** (mi-mai – octobre). La mortalité brute du parc de la Mardelle étant nulle, les estimations statistiques n'ont pu être effectuées. La mortalité réelle du parc est très certainement faible et non significative mais pas nulle.

❖ Evaluation des impacts par collision

Pour les oiseaux, le niveau d'impact avéré est négligeable sur l'ensemble de la période suivie.

Pour les chauves-souris, le niveau d'impact avéré est **faible pour la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius**, et négligeable pour la Pipistrelle commune. Ce risque de collision est faible pour les mois de juillet et d'août et moyen pour le mois de septembre. Il est négligeable pour le reste de l'année.

❖ Mesures de réduction des risques de collision et de suivi

Bridage nocturne

La mortalité est assez faible sur l'ensemble de l'alignement des 10 éoliennes, mais non négligeable. L'activité acoustique est quant à elle faible à modérée en moyenne sur l'année. Seuls les mois de juillet, d'août et de septembre font exception, ou cette dernière est considérée comme modérée ou élevée en fonction de l'éolienne suivie.

Le risque d'impact étant moyen en septembre et faible en juillet et août, il est nécessaire de protéger de 70 à 80 % de l'activité en septembre et 50 à 70 % de l'activité en juillet-août.

Nous proposons donc le bridage suivant sur l'ensemble de l'alignement de 10 éoliennes, considéré comme un ensemble relativement homogène :

	Alignement des parcs de La Vallée du Moulin, La Mardelle et Quinze Mines (10 éoliennes)
Janvier	Aucun bridage (hivernage)
Février	Aucun bridage (hivernage)
Mars	Aucun bridage (hivernage)
Avril	Aucun bridage (trop faible activité)
Mai	Aucun bridage (trop faible activité)
Juin	Aucun bridage (trop faible activité)
Juillet	≤ 3 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 3h > 17°C
Août	≤ 4,5 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 4h > 17°C
Septembre	≤ 6 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 8 h > 15°C
Octobre	Aucun bridage (trop faible activité)
Novembre	Aucun bridage (trop faible activité)
Décembre	Aucun bridage (hivernage)

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.**

Au vu des risques de collision pour les chauves-souris existant sur les trois parcs de l'alignement de 10 éoliennes (La Vallée du Moulin, La Mardelle et Quinze Mines), **nous estimons qu'il n'est pas nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives préconisées en fin de suivi par un autre suivi de mortalité et/ou un suivi chiroptérologique à hauteur de nacelle.**

1. CADRE TECHNIQUE ET REGLEMENTAIRE D'UN SUIVI ENVIRONNEMENTAL

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 environnementaux et les modalités de téléversement légales des données brutes collectées. **Il stipule également que ce suivi est renouvelé dans les 12 mois si un impact significatif est mis en évidence et qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives.** Au minimum, le suivi est renouvelé tous les 10 ans d'exploitation de l'installation.

1.2 DEFINITION DU PROTOCOLE NATIONAL

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

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

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, des risques d'impact identifiés et de la présence ou non d'un suivi en hauteur dans l'étude d'impact.

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

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

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

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

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

Dans le cas du parc éolien de la Vallée du Moulin, le suivi ayant été contractualisé en février 2021 et débuté en avril 2021, les préconisations du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) s'y appliquent.

Le parc ayant été mis en service en 2010, il s'agit du second suivi mis en place, le premier ayant eu lieu au cours de l'année 2015.

² Décision du 5 avril 2018, NOR : TREP1807992S

2. PRESENTATION DU PARC EOLIEN

2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ECOLOGIQUE

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

Le parc éolien de la Mardelle se situe au nord du Loiret (45) à environ 7 km à l'est de Pithiviers dans la région paysagère de la Beauce du Loiret.

Ce parc est inscrit dans un contexte d'agriculture intensive où subsistent quelques petits bosquets au nord. Aucun point d'eau et aucune haie ne se trouve à proximité des éoliennes.



Alignement des 10 éoliennes des 3 parcs ; les deux éoliennes de la Mardelle se situent au centre de l'alignement. On peut y voir le contexte agricole et les bosquets au nord (M. Acqueberge, Ecosphère)

2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES

Le parc éolien de la Mardelle est composé de 2 éoliennes, sur un alignement de 10. Ces 10 éoliennes ont les caractéristiques suivantes :

Caractéristiques du parc

La Vallée du Moulin	La Mardelle	Quinze mines
01/05/2010	11/06/2010	22/05/2010
Alstom ECO 100	GE 103-3MW ; Alstom ECO 100	Alstom ECO 100
4 éoliennes (LVL1 à 4)	2 éoliennes (LMD5 et 6) *	4 éoliennes (QZM7 à 10)
SOCPE DE LA VALLEE DU MOULIN, SARL	SCOPE DE LA MARDELLE, SARL	SOCPE DES QUINZE MINES, SARL
12 MW	6 MW	12 MW
Lieu-dit "Les Pierrailles" 45300 Guigneville	Lieu-dit "La Mardelle" 45300 Guigneville	Lieu-dit "Les Quinze Mines" 45480 Charmont en Beauce (QZM7 sur Guigneville)

* L'éolienne 5 de la Mardelle a dû être remplacée suite à un accident d'exploitation début novembre 2018.

Caractéristiques des éoliennes en service en 2021

Modèle	ALSTOM ECOTÈCNIA 100 (toutes les éoliennes sauf LMD5)	GE 103-3MW (LMD5)
Hauteur du moyeu	90 m	85 m
Diamètre du rotor	100 m (48,7 m de longueur de pale)	103 m (51,5 m de longueur de pale)
Garde au sol	40 m	33,5 m
Zone de balayage du rotor	7 854 m ²	8 328 m ²
Puissance nominale	3,0 MW	3,2 MW
Vitesse de connexion (cut-in wind speed)	3 m/s	3 m/s
Vitesse d'arrêt (10 min en moyenne)	25 m/s	25 m/s
Vitesse d'arrêt instantanée (3 s)	40 m/s	-



LMD 5



LMD 6

Contexte écologique aux abords des éoliennes ; photos prises en juin 2022 (H. Auclair, Ecosphère)

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

L'étude d'impact du parc complet (les 10 éoliennes) a été réalisée par les Naturalistes Orléanais en janvier 2007. Les principaux groupes étudiés sont la flore, l'avifaune et les chiroptères.

2.3.1 AVIFAUNE

Ces inventaires révèlent notamment qu'une trentaine d'espèces d'oiseaux se reproduit dans ce secteur de Beauce, principalement à la faveur des éléments d'hétérogénéité du paysage, tels que les bosquets, les fossés, les linéaires non cultivés... Les espèces citées sont notamment le Busard Saint-Martin, le Faucon crécerelle, le Hibou Moyen-duc, un cortège de passereaux associés aux bosquets et villages proches, le Martinet noir chassant en faible effectifs dans les parcelles cultivées tout comme les Hirondelles rustiques et de fenêtre et enfin les passereaux propres aux grandes cultures tels que le Bruant proyer, la Bergeronnette printanière et l'Alouette des champs.

En migration pré et postnuptiale, cette étude établit que les espèces se déplacent selon un axe migratoire et établissent leur halte en fonction des vallées, des zones humides ou des boisements et que par conséquent, seule une faible proportion d'entre elles est susceptible de survoler la zone d'implantation à cette période. L'association cite notamment la présence ponctuelle en Beauce de la Cigogne blanche et de rapaces tels que les Milans noir et royal, les Busards cendré, Saint-Martin et des roseaux, la Buse variable, la Bondrée apivore, l'Épervier d'Europe, les Faucons émerillon et pèlerin... Cependant, elle ne semble avoir réellement observé que le Busard Saint-Martin parmi ces rapaces. La Grue cendrée est également observée plus au sud et passe ponctuellement au niveau de la zone d'étude, toutefois à haute altitude.

En hivernage, des groupements de Grives litornes (jusqu'à 500), Vanneaux huppés (jusqu'à 2000, accompagnés de quelques Pluviers dorés) et Pigeons colombins utilisent le secteur.

2.3.2 CHIROPTERES

Plusieurs techniques d'inventaire ont été réalisées : des transects sur l'ensemble de la zone, des points d'écoute de 15 min sur les secteurs favorables et des relevés ponctuels en altitude (80-100 m) à l'aide de ballons.

Sur la zone d'implantation et les bosquets des abords, aucune espèce de chauve-souris n'a été contactée.

Dans un rayon de 10 km, le Bois de Bel ébat, les bassins et la ville de Pithiviers le Vieil ou le Bois de Autruy sur Juine, 3 espèces ont été contactées : la Pipistrelle commune, la Noctule commune et la Noctule de Leisler, ces deux dernières, uniquement en automne et principalement au sud de la zone d'étude.

2.3.3 SYNTHÈSE DES ENJEUX, IMPACTS ET MESURES

Dans l'étude d'impact, les enjeux de la zone sont apparus comme relativement faibles et principalement liés, en période de reproduction, à la présence du **Busard Saint-Martin** et, en période de migration et d'hivernage, **aux passages et stationnements de Vanneaux huppés**.

Plusieurs impacts théoriques sont définis, tels que des pertes d'habitats (destruction de milieux, effet effarouchant des éoliennes), la perturbation des axes de vols en migration, notamment vers des structures impactantes (routes, lignes électriques) et la mortalité par collision directe (notamment avec le Busard Saint-Martin lors des parades, rapaces et passereaux migrants surtout lors de conditions

météorologiques difficiles). En période de travaux, des risques de dérangement et de mortalité sont présentés.

Aucune mesure spécifique n'est définie pour la période d'exploitation, à l'exception du suivi environnemental.

2.4 SUIVI ENVIRONNEMENTAL EFFECTUE EN 2015

Afin de quantifier l'impact du parc sur les oiseaux et les chauves-souris, **Ecosphère a réalisé en 2015 un suivi de la mortalité du site. Celui-ci est couplé à un suivi de fréquentation du site par les oiseaux et les chauves-souris et à une analyse de ces informations au regard des données météorologiques** (vitesse du vent et température).

2.4.1 ELEMENTS METHODOLOGIQUES

Le suivi de mortalité était constitué de prospections dans un rayon de 5 mètres autour des mâts de 5 des 10 machines (LVL1, LVL3, LMD5, QZM7 et QZM10) entre avril et novembre 2015 et à raison de 30 passages. Ces passages ont été découpés en 3 périodes :

- une première période liée à la migration pré-nuptiale (du 1er avril au 15 mai 2015, à raison d'un 1 passage hebdomadaire, soit 7 passages) ;
- une deuxième période liée à la nidification des oiseaux et à la parturition des chauves-souris (du 15 mai au 30 juin 2015, à raison d'un passage toutes les deux semaines, soit 3 passages) ;
- une troisième période liée à la dispersion des juvéniles puis à la migration post-nuptiale (du 1er juillet au 30 novembre 2014, à raison d'un passage hebdomadaire entre le 1er juillet et le 31 octobre, puis d'un passage toutes les 2 semaines en novembre, soit 20 passages).

Les résultats obtenus sont des résultats bruts sans traitement statistique correctif.

Le suivi de fréquentation a pour objectif premier de pouvoir comparer les taux de mortalité au regard des flux d'oiseaux et de chauves-souris fréquentant le site et ses abords. **Chaque passage du suivi de mortalité a été couplé à un suivi de fréquentation des oiseaux et à une dépose d'enregistreurs sur une nuit complète pour les chauves-souris** (et complété par des nuits d'écoutes manuelles). En complément de ces 30 passages, **3 autres passages spécifiques aux oiseaux** ont été réalisés **en période d'hivernage, entre décembre 2014 et mars 2015**.

Enfin, **une corrélation avec les données météorologiques** a été réalisée à partir des données fournies par EDPR. L'impact réel du parc a ainsi pu être analysé.

2.4.2 RESULTATS

Un total de 17 cadavres (11 oiseaux et 6 chauves-souris) a été trouvé au pied des 5 éoliennes suivies, soit une moyenne de 3,4 cadavres par éolienne sans corrections statistiques. Ce parc présentait un impact de niveau faible et non ciblé sur une espèce en particulier.

Par ailleurs, l'impact en 2015 était distribué de manière globalement homogène sur le parc.

Les oiseaux impactés étaient **des rapaces locaux en période de reproduction (2 Buses variables)**, connus pour leur sensibilité à l'éolien, **le Martinet noir** en migration (4 individus) et **de manière ponctuelle quelques espèces communes** (Bruant proyer, Pigeon ramier, Roitelet triple-bandeau). **Ces espèces sont bien touchées au niveau européen** mais les tailles importantes de populations permettent

de relativiser cet impact. Un impact régulier sur les Buses variables locales peut néanmoins constituer un effet puit sur la population locale.

Les conditions météorologiques influencent le risque de collision de manière différente selon les groupes d'espèces. Par vent fort, les planeurs, tels que les rapaces, migrent moins que par temps calme et sont donc moins soumis au risque de collision. Par vent opposé au sens de la migration, les passereaux migrants réduisent leur altitude de vol et peuvent se retrouver à hauteur de pales.

Certaines espèces ont eu un comportement à risque face aux éoliennes. Cela s'est observé ponctuellement chez les rapaces locaux (Buse variable et Faucon crécerelle) et migrants (Circaète Jean-le-Blanc, Milan noir). En migration, certains rapaces sensibles observés ne montraient pas toujours un comportement à risque mais présentaient un phénomène d'effarouchement, comme cela a pu être observé chez le Milan noir. Le Pigeon ramier et certains passereaux présentaient également un comportement à risque (Martinet noir, Bruant proyer, etc.). **Sur ce parc, on a toutefois constaté que ces quelques comportements à risque ne se soldent que rarement par des collisions.**

Pour les oiseaux, les impacts direct (collisions) et indirect (effarouchement) du parc sur les oiseaux ont été évalués comme faibles.

Pour les chauves-souris, un impact sur les espèces réputés les plus sensibles à la collision, à savoir les noctules et les pipistrelles, a été constaté avec 6 cadavres découverts. Le niveau d'impact évalué à l'époque reste toutefois faible.

Une période sensible est apparue pour les espèces locales en fin de printemps et en été, avec 2 cas de mortalité fin mai et fin juillet. En juillet, les jeunes individus commencent à voler. Leur inexpérience peut être un facteur de risque supplémentaire. L'activité enregistrée ne semblait toutefois pas corrélée avec ce pic de mortalité. **Un second pic de mortalité apparaît en septembre** et correspondait à des individus théoriquement migrants (Noctule commune).

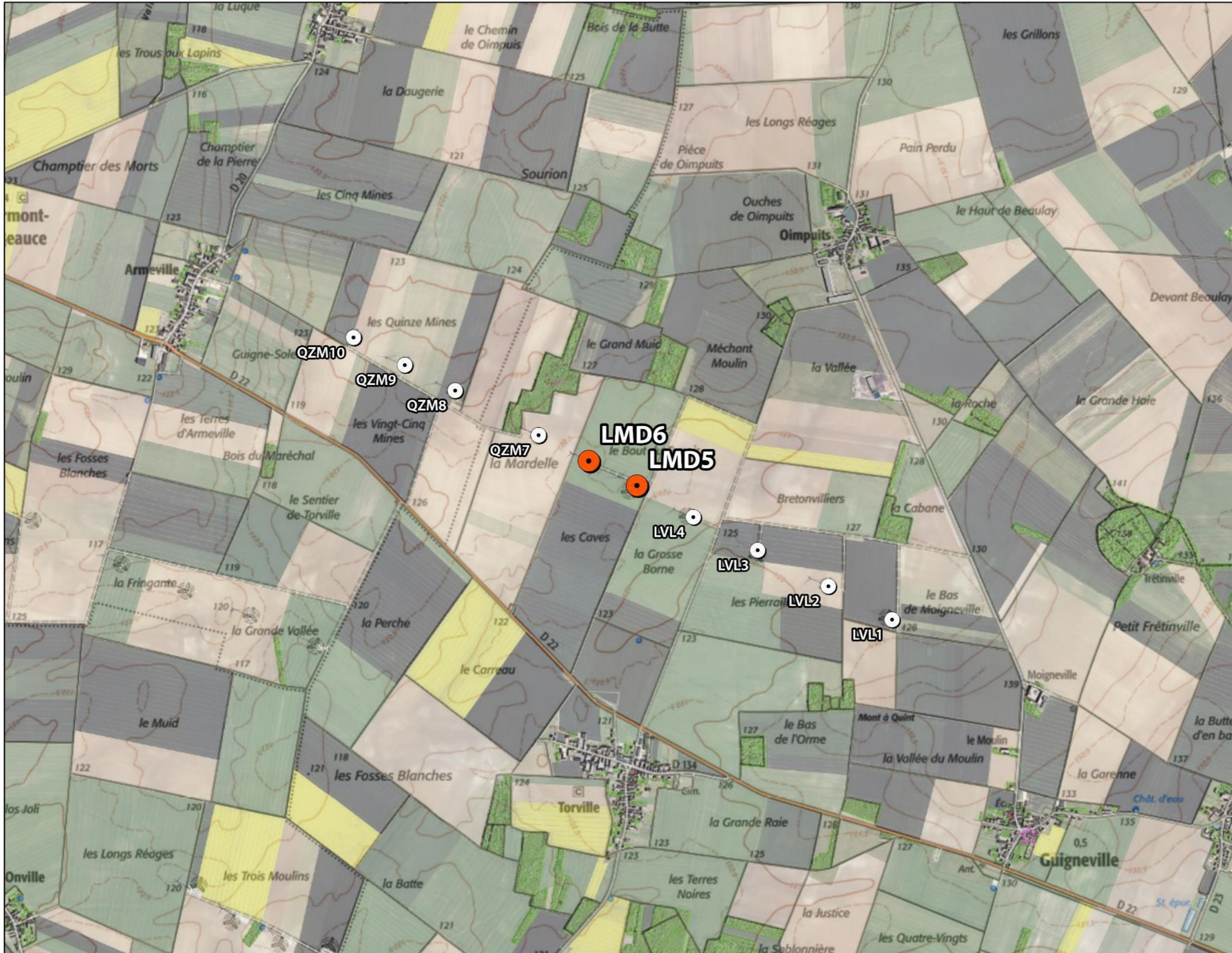
L'heure de la nuit a une influence sur l'activité des chauves-souris et indirectement sur le risque de collision. Sur ce parc, l'activité existait tout au long de la nuit avec 72 % des contacts entre 30 minutes et 4h30 après le coucher du soleil.

Les conditions météorologiques, et notamment la vitesse de vent et la température ont également une influence sur l'activité chiroptérologique. L'activité majeure des chiroptères était comprise entre 17°C et 26,5°C (95 % des contacts). De plus, 67 % des contacts correspondaient à un vent moyen inférieur à 5 m/s et 85 % des contacts correspondaient à un vent moyen inférieur à 7 m/s, malgré des contacts lors de rafales allant jusqu'à 17,5 m/s (ces rafales pouvant se produire en périodes globalement calmes).

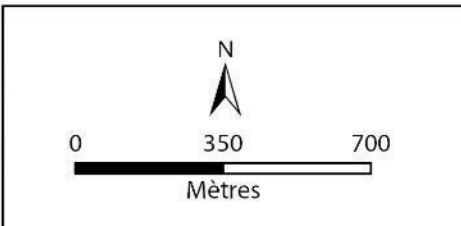
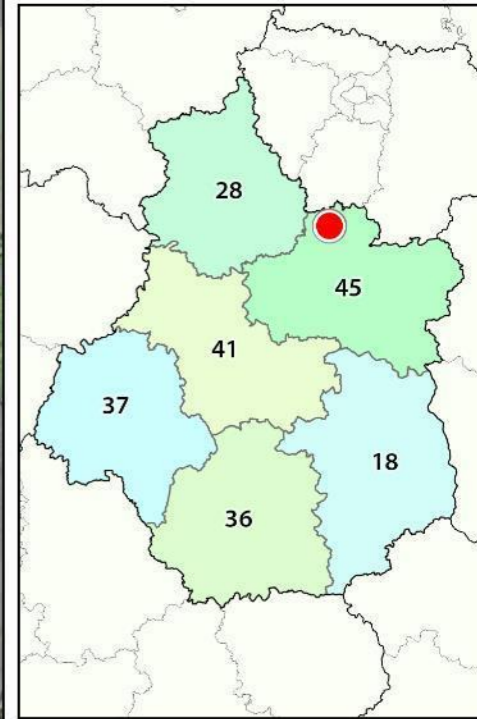
2.4.3 PRECONISATIONS

Pour les oiseaux, au vu des résultats du suivi de mortalité, la mise en place de préconisations pour réduire l'impact des éoliennes ne paraissait pas justifiée.

Pour les chauves-souris, l'impact sur les populations locales était globalement négligeable et les individus migrants étaient impactés de manière faible. La mise en place de mesures n'était, l'époque, pas apparue comme nécessaire au vu des résultats.



- Eoliennes du parc de la Mardelle
- Eoliennes des parcs à proximité



3. METHODES DE TRAVAIL

3.1 SUIVI DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE

Un suivi d'activité chiroptérologique en altitude a été mené en continu depuis la nacelle des éoliennes LVL2 et LMD5. Cette méthode permet d'enregistrer l'activité à hauteur de pales, soit dans la zone la plus à risque pour les chauves-souris.



Batmodes S+ installés en nacelles des éoliennes LMD5 à gauche et LVL2 à droite (Écosphère)

Les éoliennes LVL2 et LMD5 ont été équipées de systèmes de détection/enregistrement des ultrasons du 2 avril au 23 novembre 2021. Les appareils utilisés sont des Batmodes S+ de Bioacoustics technology GmbH™. Ces appareils enregistrent les ultrasons au format WAV non compressé les micros de haute qualité « Ultrasound gate » d'Avisoft Bioacoustics™ et permettent la connexion et le contrôle à distance du suivi (accès via internet, réseau mobile, Wifi). Les données recueillies ont ainsi permis d'apprécier le peuplement chiroptérologique présent sur le site sur plus de 8 mois consécutifs.

Ces détecteurs-enregistreurs automatiques permettent de capter dans toute la bande d'émission des chauves-souris. Dès qu'un ultrason est détecté, il est automatiquement enregistré. Les sonagrammes sont ensuite analysés par des experts à l'aide de logiciels de tri et de mesures de paramètres (Kaléidoscope pro et Batsound 4). Précisons que Kaléidoscope a été utilisé uniquement comme outil de tri de données et non comme système d'identification automatique car ce système peut facilement induire en erreur, malgré des avancées récentes pour certaines espèces³. En effet, ils ont souvent des problèmes de discrimination des signaux de chauves-souris par rapport aux bruits et les banques sons de référence sont incomplètes. Ils manquent donc de précision dans la détermination des espèces et les risques d'erreurs sont importants sans contrôle.

Simultanément aux enregistrements ultrasonores, les équipements intégrés des éoliennes 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.

L'éolienne LMD5 a notamment été choisie par sa différence de hauteur de nacelle (85 m contre 90 m pour les autres éoliennes), dû au fait qu'il s'agit de l'unique modèle GE 103-3MW de l'alignement.

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, les micros étaient placés à environ 85 m de hauteur et orientés dans une direction pointant vers le sol. Cela signifie que les cris venant d'autres directions n'ont pas forcément été perçus. De plus, les micros ont un volume de détection qui dépend de plusieurs variables, mais dont les plus importantes sont les suivantes :

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

³ www.plume-de-naturalistes.fr/wp-content/uploads/2018/11/08_JAY_10-2018_Identification-chiropteres-SonoChiro_Plume2_99-118.pdf



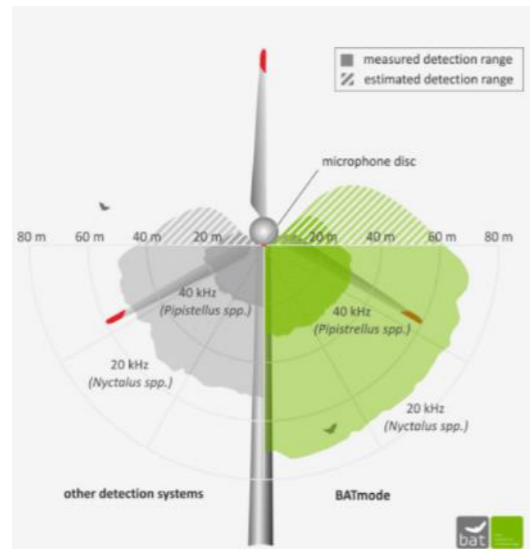


Figure 1. Variation du volume de captation du micro en fonction de la fréquence d'émission des signaux ultrasonores, de l'hygrométrie et de la température. Source : <http://www.bioacoustictechnology.de/nacelle-monitoring-of-bats-at-wind-turbines/?lang=en>

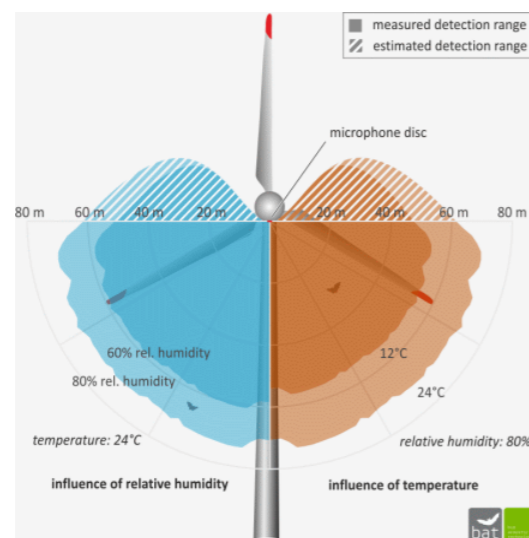


Figure 2. Schéma présentant les volumes de détection du micro « Ultrasoundgate » d'Avisoft Bioacoustics™ selon les conditions de température et d'humidité. Les couleurs foncées correspondent à la détection d'espèces émettant dans les 40 kHz (Pipistrelles), les claires aux espèces émettant dans les 20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

3.1.2 LIMITES LIEES A L'IDENTIFICATION DES ESPECES

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

- « Sérotule » pour la Sérotine commune et les Noctules commune et de Leisler : ces trois espèces émettent des émissions sonores régulièrement similaires entre 20 et 30 kHz et sont, par conséquent, difficiles à discriminer. Pour certains cas, le terme « Noctule indéterminée » a été employé lorsque la Sérotine commune peut être écartée avec certitude ;

- « Pipistrelle de Kuhl/Nathusius » (PipKN) et « Pipistrelle commune/de Nathusius » (PipPN), associées aux Pipistrelles commune, de Kuhl et de Nathusius, correspondent aux individus émettant des cris en fréquence modulée compris entre 35 et 44 kHz. Seules les séquences caractéristiques 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. Les méthodes d'identification automatique en sont quant à elles à leurs balbutiements et leur fiabilité est faible (risques d'erreurs non négligeables). Elles n'ont pas été utilisées dans le cadre de cette étude.

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

3.2 SUIVI DE MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX

3.2.1 PRESSION D'ECHANTILLONNAGE

3.2.1.1 Éoliennes suivies

Les 10 éoliennes de l'alignement, dont les 2 éoliennes du parc, ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un standard conforme au protocole ministériel de suivi environnemental des parcs 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, dans une volonté d'aller au-delà de ces préconisations, un total de 45 passages a été réalisé pour chaque éolienne. Ces passages sont répartis des semaines 20 à 43 (de mi-mai à fin octobre).

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

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

Les passages ont été réalisés à raison d'environ un passage tous les 5 jours de mi-mai à fin juin, puis de 2 passages par semaine jusqu'à fin octobre. L'intervalle moyen sur l'ensemble de la période suivie est de 3,7j.

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

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

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

- **la période 1** : ici, de la mi-mai à début août⁴. 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 début août 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 tout début août. Ainsi, durant cette période, la quasi-totalité des surfaces sont prospectables. Très ponctuellement, quelques cultures tardives étaient présentes. La surface moyenne prospectée sur l’ensemble du parc est donc très bonne.

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.

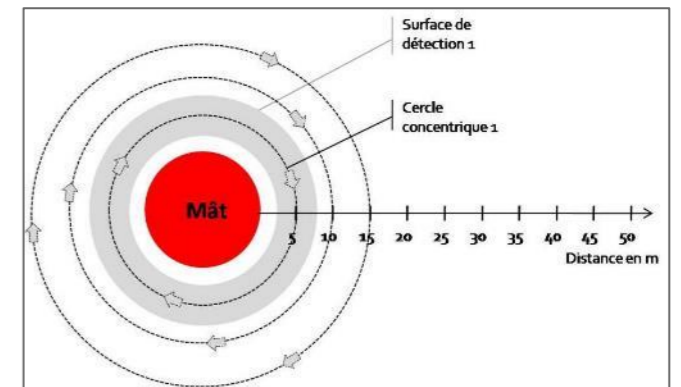
3.2.2.1 Méthode pour la recherche des cadavres et surfaces prospectées

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 pales autour des mâts des machines.

Pour le parc éolien de la Mardelle, dont les pales mesurent 48,7 m et 51,5 m, les prospections doivent être effectuées dans un rayon de 55 m minimum autour des mâts des machines.

⁴ Plus exactement au 7 août : cette date correspondant à la date intermédiaire entre les passages du 5 août (grandes surfaces en culture non prospectables) et du 9 août (parcelles moissonnées et généralement labourées, totalement prospectables).

Cette surface a été prospectée en réalisant des transects autour des mâts des éoliennes suivies. Chaque transect est espacé de 5 mètres ce qui permet à l’observateur de rechercher la présence de cadavre sur une largeur de 2,5 mètres de part et d’autre de sa ligne de déplacement. En effet, Arnett et al. (2005) ont démontré que l’efficacité chute fortement au-delà d’une distance de 3 mètres. De la sorte, l’observateur a réalisé **11 transects pour s’éloigner au maximum de 55 m des mâts**. Précisons que ces itinéraires ont été réalisés d’un pas lent et régulier pour une détectabilité optimale 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 => cultures très basses, friches, herbe des plateforme, labour grossier	Visibilité moyenne = prospectée
Classe 3	Végétation de faible hauteur, peu couvrante à absence de végétation => plateformes, chemins, labour fin	Visibilité bonne = prospectée

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



Aperçu des différentes classes de visibilité : plateforme (3 - bonne), herbe autour de la plateforme (2 - moyenne) et culture haute (1 - nulle)

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 3^e et/ou du 5^e doigt, etc. pour les chiroptères).

3.2.2.2 Identification des espèces

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

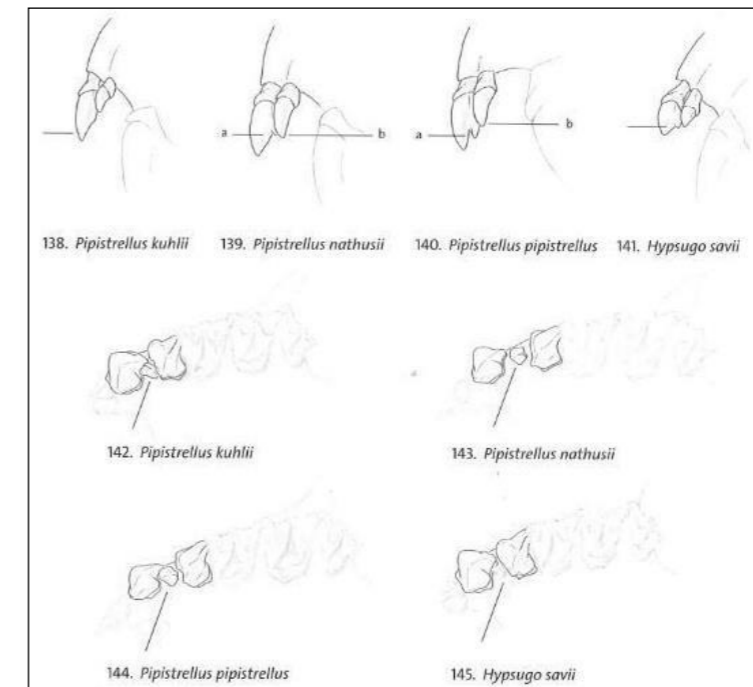
Dans ce cadre, la prise des différentes mesures biométriques nécessaires à l'identification n'est généralement possible qu'avec une manipulation du cadavre de chauve-souris, voire son prélèvement pour l'observation et les mesures de la dentition sous loupe binoculaire. S'agissant d'espèces protégées, **une demande de dérogation pour la capture ou l'enlèvement de cadavres de chiroptères protégés au niveau national a été faite et obtenue auprès de la Direction Départementale des Territoires du Loiret (Arrêté préfectoral du 29 juillet 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, 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^e molaire) et la distance entre la 1^{re} et la 3^e molaire, puis en vérifiant les autres critères, discriminants (présence/absence de protoconule, de métalophe/paralophe) et distinctifs (matrice présente dans la clé des crânes, [Marchesi et al. \(2011\)](#)).



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

Pour les oiseaux, les ouvrages suivants ont été consultés :

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

Dans certains cas, le cadavre a été dévoré et seules les plumes restent. 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.

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 de 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, la mortalité est mal estimée 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 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 55 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 EolApp⁵ et GenEst⁶ (détaillées ci-après) se basent sur la moyenne des surfaces prospectées durant une période considérée.

❖ [Taux de persistance journalière des cadavres \(p\)](#)

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

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

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

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

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

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

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

Dans le cadre de cette étude, et en accord avec les recommandations du protocole de suivi environnemental, un test de persistance a été effectué à deux reprises. Le premier test a eu lieu en fin de printemps (date de dépose des cadavres : 14/06/2021), le second en fin d'été (date de dépose des cadavres : 06/09/2021).

Le test a consisté à déposer **3 à 4 cadavres de souris ou rats** fraîchement décongelés **autour de la totalité de 5 à 6 éoliennes de l'alignement total du parc** (soit 34 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*).

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



Renard sous une éolienne lors d'un contrôle à J+1 du test de persistance (hors site, L. Burette, ECHOCHIROS)



Rat et souris disposés sur les différentes surfaces prospectées (H. Auclair, ECOSPHERE)

❖ 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.



L'efficacité des observateurs à détecter des cadavres a été testée les 18/06 et 04/10/2021. Pour ce

faire, des leurres en caoutchouc (mimant des chauves-souris, sombres) et des pommes ou des pommes de terre (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 praticable (visibilité bonne et moyenne). Les secteurs ayant une visibilité moyenne concernent de petites surfaces par rapport aux secteurs ayant une bonne visibilité, aussi, de manière proportionnelle, un nombre moins important de leurres y a été déposé.



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

Chaque personne testée l'a été sur plusieurs éoliennes. Un total de 86 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 les parcs étudiés, 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.

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) considèrent également une mortalité globalement constante mais, dans leur 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 de Huso sont basés sur des données américaines où les taux de persistance moyens seraient plus élevés qu'en Europe (Korner *et al.* 2011). Les biais sont donc plus importants pour cette approche lorsque les durées de persistance sont courtes (Bernardino *et al.* 2013).

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

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

D'où la formule :

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

Avec :

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

3.2.3.3 EolApp (Besnard & Bernard, 2018)

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

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

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

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

Les limites de cette méthode sont les suivantes :

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

Estimation des mortalités induites par les éoliennes

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

Nb lignes lues = 27

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

Nombre de lignes lues = 40

Méthode de calcul des intervalles de confiance
 Non-paramétrique
 Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =

Nombre de cadavres déposés pour étude de la détection =

Nombre de cadavres trouvés pour étude de la détection =

Pourcentage de la surface prospectée =

Données en entrée

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

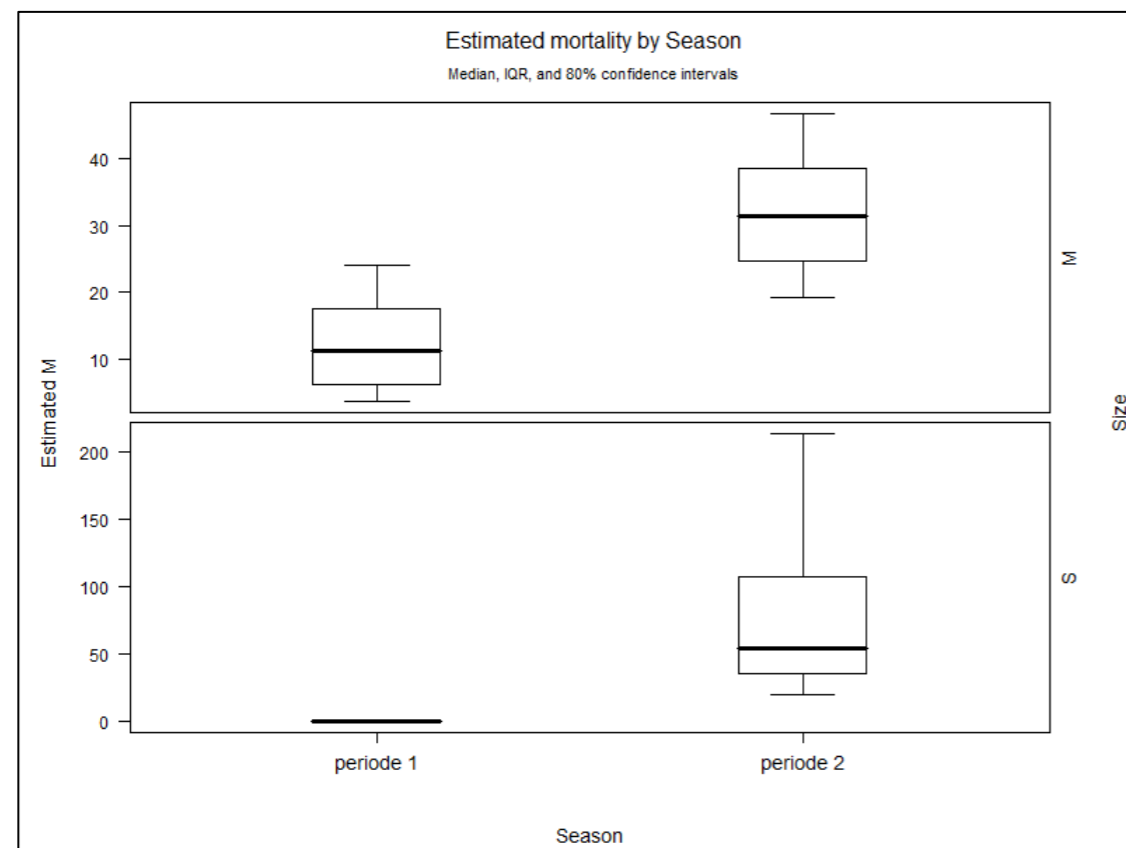
⁸ <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>

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 ») nommée « **GenEst** »⁹ et fonctionnant sous le logiciel¹⁰ open source R. 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 des intervalles de confiance à 80 % ou 95 % pour les estimations de mortalité ainsi obtenues.

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



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

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

10 <https://www.r-project.org/>

3.3 METHODE D'ÉVALUATION DES ESPECES FREQUENTANT LE PARC

3.3.1 ÉVALUATION DE L'ENJEU DE CONSERVATION DES ESPECES

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

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

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

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

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

3.3.2 ÉVALUATION DE LA SENSIBILITE DES ESPECES A L'EOLIEN

Pour les oiseaux, les populations nicheuses et hivernantes en Europe sont relativement bien connues et les totaux ont été mis à jour par BirdLife International en 2021 (www.birdlife.org/datazone/species). Les sources de données sont celles de l'allemand Tobias Dürr du Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg qui compile et publie régulièrement tous les rapports de mortalité par collision éolienne lui parvenant à l'échelle européenne. La dernière mise à jour est de juin 2022. On a ainsi un total maximal de **16 557 cadavres d'oiseaux recensés dans toute l'Europe**.

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

¹¹ Protocole national, 2015, p 5 : « Le protocole national en vigueur à ce jour stipule que l'enjeu de conservation s'appuie sur les Listes Rouges préparées sur la base des principes édictés par l'UICN. La liste rouge est utilisée et complétée, au besoin, par une liste rouge régionale, si celle-ci existe. ». Par 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.

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

Hiérarchisation 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, Balbuzard pêcheur
2	Moyenne	Comprise entre 0,01 et 0,1 % : les cas de mortalité représentent une faible proportion de leur population. Ce sont : - soit des espèces communes avec de nombreux cas de collisions, - soit des espèces plus rares ou à répartition restreinte, mais dont les cas de collision restent peu nombreux. Dans ces deux cas, le maintien des populations n'est pas remis en question à l'échelle européenne.	Mouette rieuse, Canard colvert Cigogne blanche, Milan noir, Busard cendré, Busard des roseaux, Œdicnème criard, Grue cendrée
0 et 1	Faible à négligeable	Inférieure à 0,01 % : les cas de mortalité représentent une proportion non significative de leur population. Ce sont : - soit des espèces abondantes dont les cas de collision peuvent être nombreux, mais restant anecdotiques à l'échelle des populations, - soit des espèces peu abondantes pour lesquelles les cas de collision sont occasionnels, - soit des espèces pour lesquelles aucun cas de collision n'est connu.	Martinet noir, Alouette des champs, Bruant proyer, Pigeon ramier, Roitelet triple-bandeau Grand Cormoran, Chouette chevêche, Huppe fasciée, Torcol fourmilier Pic épeichette, Grimpereau des jardins, Mésange huppée

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

Les sources de données sont celles d'Eurobats et celles de l'allemand Tobias Dürr (voir ci-avant). La dernière mise à jour est de juin 2018 pour Eurobats et juin 2022 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 **11 065 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

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

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

complétée par une analyse bibliographique reposant en particulier sur les avis de la [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 : 11065	Sensibilité
	nb cadavres Europe/France juin 2022			
Pipistrelle commune	2571	1124	23,2%	Forte
Pipistrelle de Nathusius	1666	303	15,1%	
Pipistrelle pygmée	457	176	4,1%	
(P. commune / pygmée)	414	40	3,7%	
Pipistrelle de Kuhl	471	221	4,3%	
(Pipistrelle sp.)	759	316	6,9%	
Vespère de Savi	370	57	3,3%	
Grande Noctule	41	10	0,4%	
Noctule commune	1616	147	14,6%	
Noctule de Leisler	755	186	6,8%	
Sérotine commune	130	38	1,2%	Moyenne
Sérotine bicolore	217	11	2,0%	
Molosse de Cestoni	84	2	0,8%	
Minioptère de Schreibers	13	7	0,12%	Faible à négligeable
Murin de Daubenton	11	1	0,10%	
Grand Murin	7	3	<0,1%	
Murin de Bechstein	2	2	<0,1%	
Murin de Brandt	2	0	<0,1%	
Murin à oreilles échanquées	5	3	<0,1%	
Murin à moustaches	6	2	<0,1%	
Murin de Natterer	4	1	<0,1%	
Barbastelle d'Europe	6	4	<0,1%	
Oreillard gris	9	0	<0,1%	
Oreillard roux	8	0	<0,1%	
Grand Rhinolophe	1	0	<0,1%	

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

3.3.3 ÉVALUATION DE LA PORTEE DE L'IMPACT

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

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 fort	Moyen	Faible
Fort	Fort	Assez Fort	Moyen
Moyen	Assez Fort	Moyen	Faible
Faible	Moyen à Faible	Faible	Faible

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

Définition des niveaux d'impacts

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

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

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

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



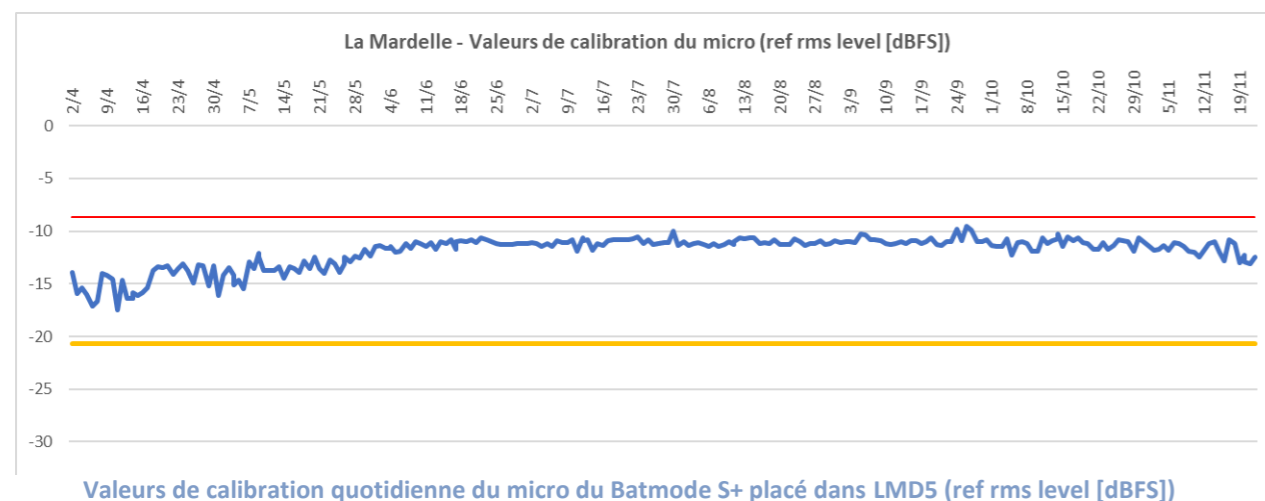


4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE

4.1 VALIDITE DU MATERIEL UTILISE

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

Pour le suivi acoustique sur l'éolienne LMD5, le micro a été opérationnel du début à la fin du suivi.



4.2 DESCRIPTION DES ACTIVITES ENREGISTREES

4.2.1 BILAN PAR MOIS ET PAR ESPECE

Le tableau suivant compile les totaux de contacts par mois pour chaque espèce ou groupe d'espèces.

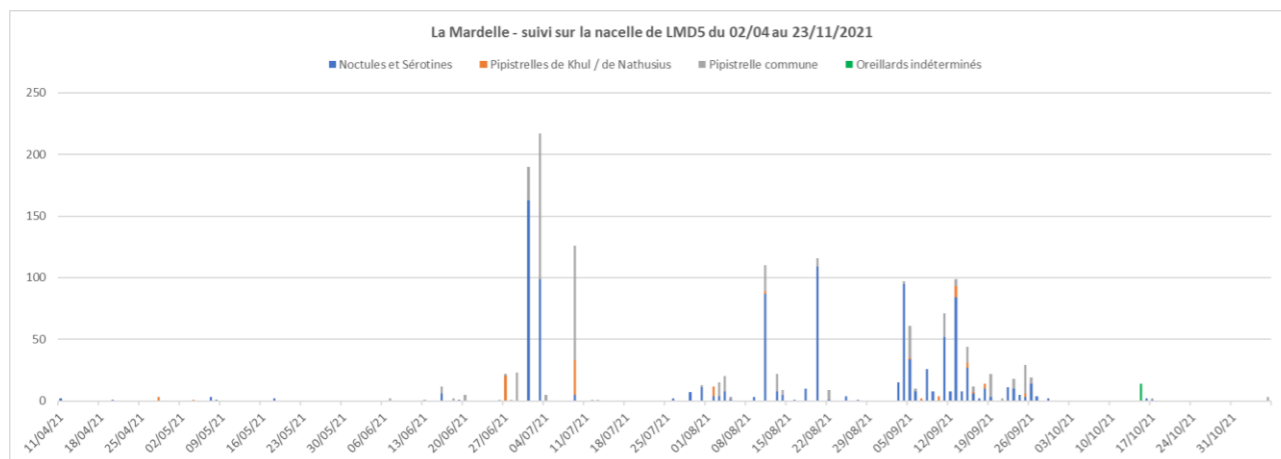
Activités mensuelles enregistrées du 2 avril au 23 novembre 2021 depuis la nacelle de LMD5

Mois	Noctule de Leisler	Noctule commune	Sérotules	Pipistrelle commune	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle de Nathusius	Oreillard indéterminé	Total
Avril (29 nuits)	3	-	-	-	3	-	-	6
Mai (31 nuits)	4	2	-	-	-	1	-	7
Juin (30 nuits)	3	4	-	43	20	-	-	70
Juillet (31 nuits)	16	271	-	247	28	-	-	562
Août (31 nuits)	37	205	4	79	10	-	-	335
Septembre (30 nuits)	137	264	34	130	15	13	-	593
Octobre (31 nuits)	3	-	-	1	-	-	14	18
Novembre (23 nuits)	-	-	-	3	-	-	-	3
Total général	203	746	38	503	76	14	14	1 594

Au total, durant ce suivi 2021, 1 594 contacts de chauves-souris ont été enregistrés par le Batmode S+ placé au niveau de l'éolienne LMD5. Une plus forte fréquentation est visible aux mois de juillet, d'août et de septembre (respectivement 562, 335 et 593 contacts). Sur cette année de suivi, on constate que les espèces les plus contactées sont la Noctule commune, la Pipistrelle commune et la Noctule de Leisler. Le groupe des sérotules (composé des noctules et des sérotines) est le groupe le plus représenté sur l'année 2021. La Pipistrelle de Nathusius n'est contactée qu'au mois de septembre (à l'exception d'un contact au mois de mai), correspondant à la période de migration de cette espèce. **Le mois de septembre est aussi marqué par une augmentation de la fréquentation générale du parc par les chauves-souris : c'est le mois avec l'activité la plus élevée 2021.**

4.2.2 CHRONOLOGIE DE L'ACTIVITE

Le graphique suivant présente la chronologie quotidienne du suivi de LMD5. La plupart des nuits restent sous la barre des 50 contacts par nuit. **On constate trois pics de fréquentation majeurs : du 1^{er} au 9 juillet ; du 11 au 20 août ; et du 4 au 15 septembre.** Aucun contact n'a été enregistré entre le 6 et le 23 novembre.

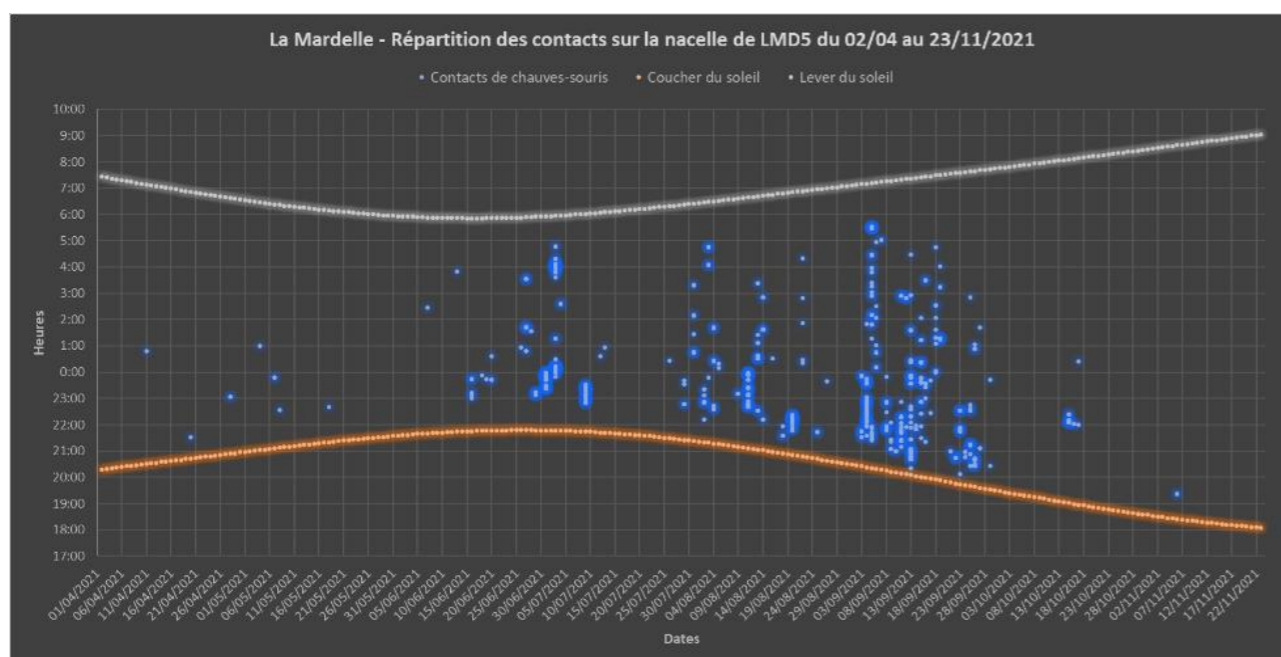


LMD5 : Chronologie de l'activité quotidienne du suivi acoustique depuis la nacelle

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

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

On constate sur ce graphique les pics d'activité évoqués précédemment. Aucun contact n'a été enregistré avant le coucher du soleil ou après lever.



LMD5 : Distribution des contacts en fonction de la date et de l'heure après le coucher du soleil

4.3 SYNTHÈSE ET ÉVALUATION DES ACTIVITÉS

4.3.1 INDICATEURS DE LA FRÉQUENTATION

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

- le nombre de nuits où le suivi a été opérationnel ;
- le nombre de nuits avec au moins 1 contact enregistré (nuit positive) ;
- la moyenne par nuit des contacts (toutes espèces confondues) sur toutes les nuits suivies ;

- la moyenne par nuit des contacts des espèces dites migratrices* (noctules et Pipistrelle de Nathusius) sur toutes les nuits suivies ;
- le nombre de nuits avec plus de 20 ou 100 contacts (pics d'activité) ;
- le maximum de contact par nuit obtenu sur le mois.

Bilan du suivi de LMD5 entre le 2 avril et le 23 novembre 2021

Mois	Nuits suivies	Nuits "positives" avec au moins un contact	Moyenne de contacts par nuit suivie	Moyenne de contacts d'espèces migratrices de haut vol par nuit suivie	Maximum de contacts en une nuit
Avril	29	3	0,2	0,1	2
Mai	31	4	0,2	0,2	2
Juin	30	10	2,3	0,2	7
Juillet	31	9	18,1	9,3	13
Août	31	14	10,8	7,9	13
Septembre	30	25	19,8	14,9	9
Octobre	31	3	0,6	0,1	2
Novembre	23	1	0,1	0,0	2

On constate que le mois de septembre est le mois avec la densité de contacts la plus forte, avec une moyenne de 19,8 contacts par nuit suivie (pour un maximum de 9 contacts en une nuit) et 25 nuits positives, suivi de près par le mois de juillet avec une moyenne de 18,1 contacts par nuit suivie. Le mois d'août est également marqué par une forte activité, avec une moyenne de 10,8 contacts par nuit suivie. Les autres mois sont assez similaires entre eux en termes de fréquentation des chauves-souris. Seul le mois de juin se démarque avec une moyenne de 2,3 contacts par nuit suivie. Les moyennes de contacts d'espèces migratrices de haut vol par nuit suivie les plus hautes restent celles des mois de juillet, août et de septembre, avec respectivement 9,3 ; 7,9 et 14,9 contacts moyens par nuit.

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

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

Dans notre secteur géographique (nord-est de la France) et pour les milieux ouverts (plaine agricole) :

- les moyennes mensuelles inférieures à 2 contacts par nuit correspondent à une activité de fond considérée comme relativement commune ;
- les moyennes mensuelles comprises approximativement entre 2 et 5 contacts par nuit sont considérées comme des activités significatives (au-dessus de l'activité de fond) mais restant modérées ;
- les moyennes mensuelles comprises approximativement entre 5 et 10 contacts par nuit sont considérées comme des activités supérieures à la moyenne, et donc assez importantes ;
- les moyennes mensuelles supérieures à 10 contacts par nuit sont donc considérées comme des activités importantes, pouvant atteindre des niveaux exceptionnels (supérieures 20 contacts par nuit).

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

Le graphique ci-après présente les données du référentiel d'Écosphère (1 054 nuits d'écoute recueillies de 2014 à 2019 sur 13 suivis différents) classés en ordre croissant, et les valeurs correspondant aux quantiles 25 %, 50 % (= médiane), 75 % et 90 %. Différentes valeurs ont par conséquent été obtenues pour les seuils des quantiles 25 %, 50 %, 75 % et 90 %. Ces 4 seuils permettent ainsi d'établir 5 classes d'activités pour chaque espèce allant de faible (nombre de contacts inférieur au nombre défini pour le quantile 25 %) à très forte (nombre de contacts supérieur au quantile 90 %).

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

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

<i>Valeurs issues d'une compilation de 1054 nuits d'écoute au cours desquelles au moins 1 contact a été enregistré. Données pour 18 éoliennes réparties sur 13 sites différents implantés à plus de 50m d'altitude en milieu ouvert (2014-19)</i>				
Espèce	Q25 %	Q50 %	Q75 %	Q90 %
Pipistrelle commune	1	3	6	12
Pipistrelle de Nathusius	1	1	2	2
Pipistrelle de Kuhl	1	1	2	3
Noctule commune	1	3	6	14
Noctule de Leisler	1	3	8	21
Sérotules	2	4	10	27
Oreillard indéterminé	1	3	4	4
TOUTES ESPECES	2	4	10	25

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

LMD5 : Évaluation des résultats du suivi (toutes espèces) en fonction du référentiel d'activité des suivis nacelles en milieu ouvert dans la moitié nord de la France (Ecosphère, 2014-2019)

La Mardelle LMD5	Q1-25	Q25-50	Q50-75	Q75-90	Q90-100
Avril	2	1	-	-	-
Mai	3	1	-	-	-
Juin	6	-	1	3	-
Juillet	3	-	2	1	3
Août	2	3	3	4	2
Septembre	4	2	5	7	7
Octobre	2	-	-	1	-
Novembre	-	1	-	-	-

Le tableau suivant résume le nombre de nuits « positives » par classe d'activité et par espèce. **Les cas d'activité forte sont dominés par la Pipistrelle commune et la Noctule commune avec un cumul de 29 nuits supérieures au quantile 75 %.**

LMD5 : Évaluation des résultats du suivi pour chaque espèce en fonction du référentiel d'activité des suivis nacelles en milieu ouvert dans la moitié nord de la France (Ecosphère, 2014-2019)

La Mardelle LMD5	Q1-25	Q25-50	Q50-75	Q75-90	Q90-100
Noctule commune	4	4	6	3	10
Noctule de Leisler	11	14	10	7	-
Sérotule	5	7	2	-	-
Pipistrelle commune	6	9	7	5	11
Pipistrelle de Kuhl	-	1	3	3	4
Pipistrelle de Nathusius	-	-	2	1	2
Oreillard indéterminé	-	-	-	-	1
Toutes espèces confondues	22	8	11	16	12

Ces tableaux retranscrivent la plus forte fréquentation du parc par les chiroptères durant les mois de juillet, d'août et de septembre, et confirment également la liste des espèces les plus contactées durant ce suivi, à savoir la Noctule commune, la Pipistrelle commune et la Noctule de Leisler. On remarquera également que le peu de contacts de Pipistrelle de Nathusius suffit à l'espèce pour obtenir 3 nuits supérieures au quantile 75 %. C'est également valable pour la Pipistrelle de Kuhl, qui cumule ainsi 7 nuits supérieures au quantile 75 %.

Il est important de rappeler :

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

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

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

Le tableau ci-dessous montre que 80 % de l'activité globale sur l'ensemble du suivi a été enregistrée durant les quatre premières heures de la nuit, et 20 % le reste de la nuit. Aucun contact n'a été enregistré avant l'heure du coucher du soleil.

LMD5 : Nombre de contacts en fonction de l'heure après le coucher du soleil pour toute la période du suivi

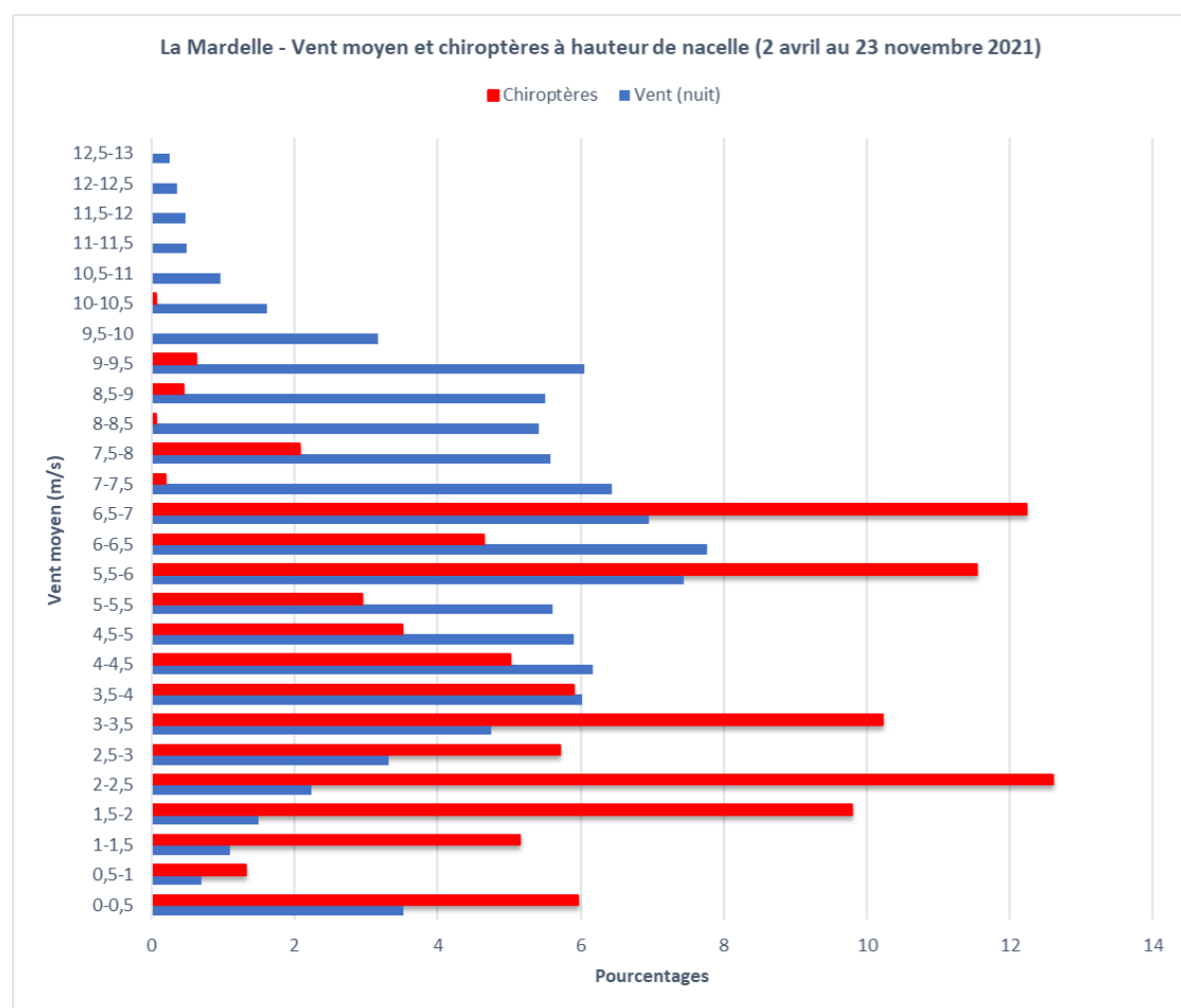
Heure après le coucher du soleil	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Total général
-1h à l'heure du coucher du soleil	-	-	-	-	-	-	-	-	0
heure du coucher du soleil à +1h	1	-	-	-	13	88	-	3	105
+1h à +2h	-	3	39	204	173	190	-	-	609
+2h à +3h	3	3	4	222	90	96	-	-	418
+3h à +4h	-	1	19	9	24	75	17	-	145
+4h à +5h	2	-	2	10	11	28	-	-	53

Heure après le coucher du soleil	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Total général
+5h à +6h	-	-	5	4	6	48	1	-	64
+6h à +7h	-	-	1	113	7	27	-	-	148
+7h à +8h	-	-	-	-	11	11	-	-	22
+8h à +9h	-	-	-	-	-	12	-	-	12
+9h à +10h	-	-	-	-	-	18	-	-	18
Total général	6	7	70	562	335	593	18	3	1594

4.5 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LES VITESSES DE VENT

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

Environ 97 % de l'activité a été enregistrée pour des vents moyens inférieurs à 7 m/s, alors que les mesures de vent enregistrées la nuit ont atteint des maxima supérieurs à 7 m/s (37 % des données). En effet, la répartition des contacts montre bien une préférence pour les vitesses comprises entre 0 et 7 m/s, avec deux pics entre 1,5 et 4,5 m/s (49 % des contacts) et 5,5 et 7 m/s (28 % des contacts).

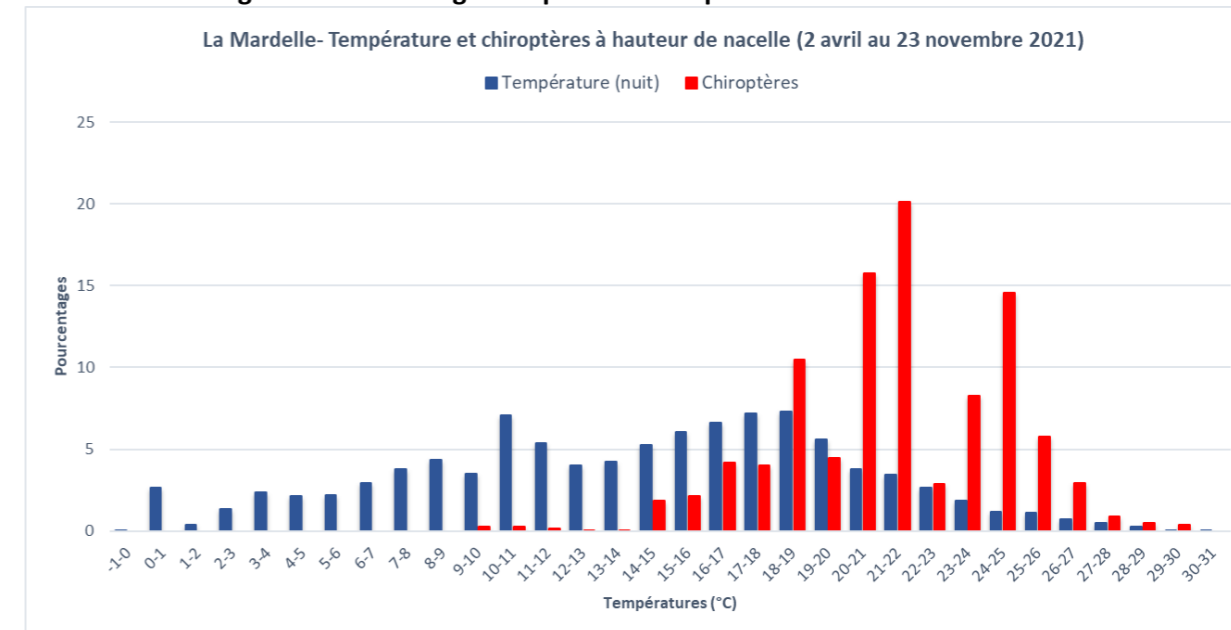


LMD5 : Distribution de l'activité selon les vitesses moyennes de vent (de nuit seulement)

4.6 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LA TEMPERATURE

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

82 % de l'activité globale était enregistrée pour des températures allant de 18°C à 26°C.



LMD5 : Distribution de l'activité selon les températures (de nuit seulement)

4.7 CONCLUSION SUR LE SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE

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

- Les mois de juillet, août et septembre sont les plus fréquentés de l'année ;
- Tous mois confondus, les chauves-souris ont été en majorité contactées durant les quatre premières heures après le coucher du soleil (80 %) ;
- 97 % de l'activité a été enregistrée pour des vents moyens inférieurs à 7 m/s ;
- 82 % de l'activité globale était enregistrée pour des températures à 18°C et jusqu'à 26°C.

Pour comparaison, voici les informations importantes pour le parc de la Vallée du Moulin :

- Les mois d'août et septembre sont les plus fréquentés de l'année ;
- Tous mois confondus, les chauves-souris ont été en majorité contactées entre l'heure avant le coucher du soleil et les quatre premières heures après le coucher du soleil ;
- 88 % de l'activité a été enregistrée pour des vents moyens inférieurs à 7 m/s ;
- 95 % de l'activité globale était enregistrée pour des températures allant de 16°C à 28°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 2 éoliennes du parc de la Mardelle et dans un rayon de 55 m autour des mâts, **aucun cadavre n'a été découvert.**

Sur l'alignement complet des 10 éoliennes (La Vallée du Moulin – La Mardelle - Quinze Mines), 16 cadavres ont été découverts, 8 oiseaux et 8 chauves-souris. Parmi ces cadavres, une Corneille noire a été découverte par un technicien lors de l'entretien de l'éolienne QZM 10. Ce cadavre a pu être observé de nouveau lors du passage protocolé suivant, il est donc intégré aux estimations de la mortalité réelle.

5.1.1 REPARTITION SPATIALE

Voir la carte « Localisation des cadavres ».

Les cadavres découverts sont distribués de manière relativement homogène entre les 10 éoliennes de l'alignement sans extrême flagrant mais aucun n'a été découvert sur les deux éoliennes de la Mardelle.

Répartition des cadavres découverts en 2021 (n = 16)

Éolienne n°	Nombre de cadavres découverts	chiroptères	oiseaux
LVL1	1	0	1
LVL2	2	2	0
LVL3	4	2	2
LVL4	1	1	0
LMD5	0	0	0
LMD6	0	0	0
QZM7	2	1	1
QZM8	2	1	1
QZM9	2	1	1
QZM10	2	0	2
TOTAL	16	8	8

5.1.2 REPARTITION TEMPORELLE ET ESPECES CONCERNEES

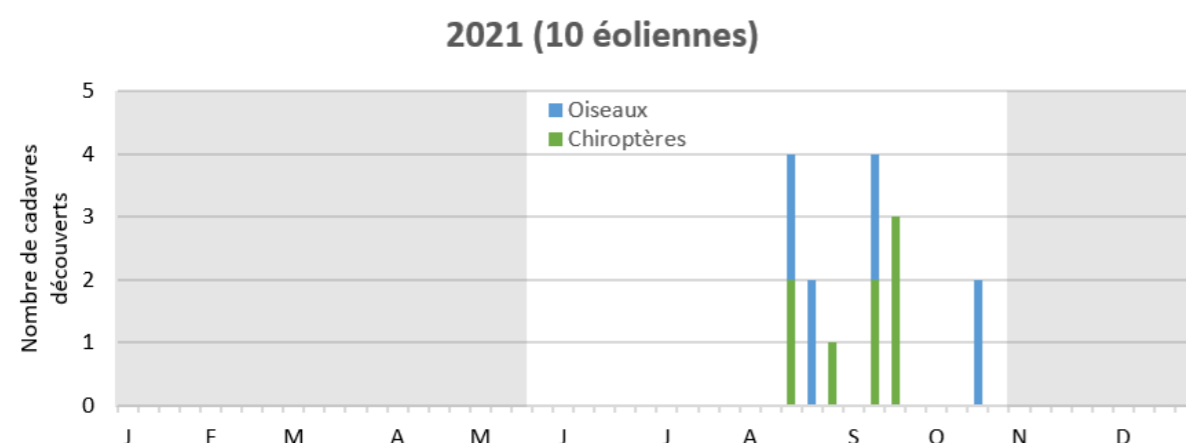
La mortalité n'est pas répartie de manière régulière au cours de la période de suivi comme le montrent le tableau et la figure suivante.

Répartition temporelle de la mortalité (n = 16 sur les 10 éoliennes, n=0 sur les 2 éoliennes de la Mardelle)

Période	Semaine	Date	Chiroptères	Oiseaux	Total		
1	20	18/05/2021	0	0	0		
	21	24/05/2021	0	0	0		
	22	31/05/2021	0	0	0		
	22	04/06/2021	0	0	0		
	23	09/06/2021	0	0	0		
	24	14/06/2021	0	0	0		
	24	18/06/2021	0	0	0		
	25	21/06/2021	0	0	0		
	26	28/06/2021	0	0	0		
	26	02/07/2021	0	0	0		
	27	07/07/2021	0	0	0		
	27	09/07/2021	0	0	0		
	28	12/07/2021	0	0	0		
	28	16/07/2021	0	0	0		
	29	19/07/2021	0	0	0		
	29	22/07/2021	0	0	0		
	30	26/07/2021	0	0	0		
	30	29/07/2021	0	0	0		
	31	02/08/2021	0	0	0		
	31	05/08/2021	0	0	0		
2	32	09/08/2021	0	0	0		
	32	12/08/2021	0	0	0		
	33	16/08/2021	0	0	0		
	33	19/08/2021	2	Pipistrelle commune (LVL4 et QZM7)	2	Martinet noir (LVL1, QZM9)	4
	34	23/08/2021	0	0	2	Corneille noire (QZM8, QZM10)	2
	34	26/08/2021	0	0	0	0	0
	35	30/08/2021	0	0	0	0	0
	35	01/09/2021	1	Pipistrelle commune (QZM8)	0	0	1
	35	03/09/2021	0	0	0	0	0
	36	06/09/2021	0	0	0	0	0
	36	09/09/2021	0	0	0	0	0
	37	13/09/2021	2	Pipistrelle de Nathusius (LVL3 et QZM9)	2	Gobemouche noir (LVL3), Roitelet sp. (QZM7)	4
	37	16/09/2021	0	0	0	0	0
	38	20/09/2021	1	Noctule de Leisler (LVL3)	0	0	1
	38	24/09/2021	2	Pipistrelle sp. (2*LVL2)	0	0	1
	39	28/09/2021	0	0	0	0	0
	39	01/10/2021	0	0	0	0	0
	40	04/10/2021	0	0	0	0	0
	40	06/10/2021	0	0	0	0	0

Période	Semaine	Date	Chiroptères	Oiseaux	Total
	41	12/10/2021	0	0	0
	41	15/10/2021	0	0	0
	42	18/10/2021	0	2	2
	42	21/10/2021	0	0	0
	43	25/10/2021	0	0	0
	43	29/10/2021	0	0	0

Répartition de la mortalité au cours de l'année 2021 (n=16) sur l'alignement des 10 éoliennes. La période non suivie apparaît grisée.



Sur l'alignement des 10 éoliennes, **aucun cadavre n'a été découvert sur toute la première partie du suivi** et jusqu'au 19 août. La mortalité constatée des **chiroptères est répartie entre le 19 août et le 24 septembre, avec un maximum sur la seconde quinzaine de septembre**, tandis que celle des **oiseaux couvre la période du 19 août au 18 octobre**, correspondant principalement à des migrateurs.

Sur l'alignement complet des 10 éoliennes (La Vallée du Moulin – La Mardelle - Quinze Mines), **16 cadavres** ont été découverts, **8 oiseaux et 8 chauves-souris**.

- **8 oiseaux appartenant à au moins 5 espèces** : 2 Martinets noirs [migrateurs], 1 Gobemouche noir [migrateur], 1 Bruant proyer [sédentaire ou migrateur], 2 Corneilles noires [locales] et 2 Roitelets indéterminés [migrateurs] ;
- **8 chiroptères appartenant à au moins 3 espèces** : 3 Pipistrelles communes [sédentaires], 2 Pipistrelles de Nathusius [migratrices], 2 Pipistrelles indéterminées [statut indéterminé] et 1 Noctule de Leisler [statut indéterminé].

La mortalité constatée en 2021 sur les deux éoliennes du parc de la Mardelle est nulle.

¹⁴ 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>.

5.2 VARIABLES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE

5.2.1 PERSISTANCE DES CADAVRES

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

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

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

Taux de persistance des leures déposés au pied des éoliennes.

		J+1		J+3		J+4		J+7		J+10		J+14	
		p	Tm	p	Tm	p	Tm	p	Tm	p	Tm	p	Tm
		Moyenne (34 leures)	P1	0,22	0,6 j	NA	NA	0,00	0,9 j	0,00	0,9 j	0,00	0,9 j
	P2	0,69	0,8 j	0,44	2,0 j	NA	NA	0,38	3,6 j	0,25	4,5 j	0,00	5,0 j
	Moy	0,44	0,7 j	0,44	2,0 j	0,00	0,9 j	0,18	2,2 j	0,12	2,6 j	0,00	2,9 j

Tm j+7 = temps moyen de persistance (en jours) durant un intervalle de 7 jours

p j+7 = taux de persistance durant l'intervalle (proportion de cadavres présents après 7 jours)

Les résultats bruts des tests de persistance ont également été implémentés dans l'application GenEst, en indiquant pour chaque faux-cadavre utilisé le dernier jour d'observation et le premier jour où il a été noté disparu/prédaté. Une probabilité de persistance « r » a ensuite été modélisée à partir de modèles statistiques dits d'analyse de survie et basés sur la méthode du maximum de vraisemblance¹⁴. 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 0.

Probabilité de persistance r (j+3) calculée avec GenEst

Probabilité de persistance à j+3 (GenEst)	Période 1			Période 2		
	Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
Alignement total des 10 éoliennes	0,31	0,23	0,40	0,75	0,68	0,81
La Mardelle (LMD5 et 6)	0,35	0,21	0,52	0,68	0,47	0,83

Dans le cadre de ce suivi et au regard de l'intervalle réalisé entre les passages, les valeurs moyennes de persistance des cadavres « non naturels » sont :

- **Temps moyen de persistance (Tm)** = 0,9 j à j+4 (première période) et 2,0 j à j+3 (seconde période) (*alignement des 10 éoliennes*) ;
- **Taux de persistance (p)** = 0 % à j+4 et 22 % à j+1 (première période) et 44 % à j+3 (seconde période) (*alignement des 10 éoliennes*) ;
- **Probabilité de persistance (r)**
 - *Alignement des 10 éoliennes* : r = **0,31** [IC 80 % : 0,23 – 0,40] (première période) et r = **0,75** [IC 80 % : 0,68 – 0,81] (seconde période) ;
 - *LMD 5 et 6* : r = **0,35** [IC 80 % : 0,21 – 0,52] (première période) et r = **0,68** [IC 80 % : 0,47 – 0,83] (seconde période).

La persistance est très faible en première partie de suivi et augmente en seconde partie de suivi.

La durée réduite de l'intervalle entre deux passages sur la première partie du suivi (4,2 j) ne permet pas de couvrir complètement cette persistance extrêmement faible. La réduction de cet intervalle en seconde partie de suivi (3,4 j) ne suffit pas non plus à couvrir complètement l'augmentation de la persistance pourtant légèrement supérieure. Un biais est à prévoir lors des estimations de mortalité réelle.

5.2.2 EFFICACITE DE L'OBSERVATEUR OU DETECTABILITE

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, 75 leurres ont été retrouvés par les observateurs sur les 86 disposés en deux sessions au sein des différents types de végétation.

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

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

L'efficacité de l'observateur a été modélisée pour chaque période et pour les deux niveaux de visibilité prospectés. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après :

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

GenEst		Période 1			Période 2			Ensemble du suivi
		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		
Taux d'efficacité	Bonne	0,97	0,89	0,99	0,92	0,85	0,96	0,94 [IC 80 % : 0,88 - 0,97]
	Moyenne	0,71	0,55	0,83	0,67	0,40	0,86	0,70 [IC 80 % : 0,56 - 0,80]
	Toutes visibilités	0,85	0,75	0,91	0,89	0,82	0,93	0,87 [IC 80 % : 0,82 - 0,91]

Le taux d'efficacité (ou de détection) est de **87 % [IC 80 % : 82 – 91 %]**, ce qui est très bon.

Il est similaire entre les périodes de l'année mais diffère selon le niveau de visibilité :

- Taux d'efficacité de **94 %** [IC 80 % : 88 – 97 %] pour une **visibilité bonne**, soit un excellent taux ;
- Taux d'efficacité de **70 %** [IC 80 % : 56 – 80 %] pour une **visibilité moyenne**, soit un taux assez bon.

5.2.3 AJUSTEMENT DE LA SURFACE REELLEMENT CONTROLEE

Les surfaces de prospection sont globalement variables au cours de l'année, avec une nette 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 principale.

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

Éolienne	Surface moyenne prospectée (%)		
	Période 1 (18/05 -> 06/08)	Période 2 (06/08 -> 28/10)	Moyenne sur l'ensemble du suivi :
LVL1	29 %	29 %	29 %
LVL2	9 %	100 %	58 %
LVL3	9 %	100 %	58 %
LVL4	8 %	100 %	58 %
Moyenne sur la Vallée du Moulin	14 %	82 %	51 %
LMD5	14 %	100 %	60 %
LMD6	9 %	100 %	58 %
Moyenne sur la Mardelle	12 %	100 %	59 %
QZM7	12 %	63 %	39 %
QZM8	16 %	88 %	55 %
QZM9	11 %	76 %	46 %
QZM10	12 %	97 %	52 %
Moyenne sur Quinze Mines	13 %	81 %	48 %
Moyenne sur l'ensemble des 3 parcs :	13 %	85 %	52 %

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

59 %. C'est cette surface moyennée à l'ensemble du parc pour l'ensemble de la période suivie, ainsi que celles correspondant aux deux grandes périodes (12 % et 100 %) qui sont renseignées dans l'application EolApp. L'application GenEst, quant à elle, différencie la surface moyenne prospectée pour chaque éolienne et par période.

Les résultats de l'ensemble de l'alignement (3 parcs) seront également utilisés pour réduire les biais (augmentation du nombre de données brutes) et afin de fournir des éventuels éléments de comparaison.

La surface de prospection est relativement importante (59 %), notamment au cours de la seconde période où elle est totale (100 %) et qui constitue plus de la moitié des passages effectués. Cette surface est nettement plus faible pour la première période (12 %). Elle est particulièrement homogène entre les 2 éoliennes.

Le biais induit par la diminution de la probabilité de découverte des cadavres autour des machines est globalement important en première partie du suivi et quasi nul en seconde partie. Les deux éoliennes ont une surface moyenne prospectée nettement 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 de la période suivies. **Il est néanmoins nécessaire d'analyser si ces paramètres sont suffisamment robustes et représentatifs pour éviter d'aboutir à des estimations trop aléatoires et ininterprétables.** Écosphère analyse la robustesse de ces paramètres au regard des nombreuses données internes disponibles (suivis de parcs dans des conditions équivalentes et avec des méthodologies proches) et vis-à-vis des conséquences des potentiels biais des variables calculées.

Le nombre brut de cadavres est tout d'abord analysé, indépendamment de la représentativité des surfaces échantillonnées et de la persistance locale. Si estimation statistique il y avait, il serait nécessaire de traiter les données des 2 périodes indépendamment pour des raisons strictement mathématiques (différences d'intervalle entre les passages, de surface prospectée, de persistance, voire d'efficacité) mais également d'analyse des résultats (paramètres de bridages variables entre les périodes, écologie des espèces différente). **Sur l'ensemble des 10 éoliennes, des cadavres n'ont été que détectés sur la seconde période, et au sein des deux groupes. Aucune estimation ne pourra donc être réalisée en période 1. Aucun cadavre n'a été trouvé sur les deux éoliennes du parc de la Mardelle, aussi aucune estimation ne pourra être réalisée pour ce seul parc.** Par ailleurs, étant donné l'insertion des 3 parcs dans un même contexte et la distribution globalement homogène de la mortalité brute entre les 10 éoliennes, il nous apparaît plus important **d'établir une mortalité corrigée par groupe sans distinction entre les 3 parcs.**

Concernant **l'efficacité de la recherche**, les différents observateurs ayant réalisé les passages du suivi de la mortalité ont été testés. Une méthodologie standardisée a été suivie. L'efficacité moyenne de recherche est très 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 suffisamment représentatifs. Différents types de leurres ont été posés (souris et rats) 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 les différentes estimations par groupe impacté. Il est tout de même à noter que la persistance est extrêmement faible sur les 3 parcs

(probablement due au grand nombre de Corneilles noires prospectant les parcelles du secteur quotidiennement) et tout particulièrement en première partie du suivi. Néanmoins, l'absence de cadavre sur cette période empêche la réalisation de correction de la mortalité, ce paramètre très faible n'est donc ici pas directement pénalisant (bien que très certainement lié à l'absence de découverte et participant de fait à une sous-estimation de la mortalité). En seconde partie du suivi, la persistance est toujours très faible, ce qui entraîne une incertitude importante dans les modélisations. L'effort d'échantillonnage conséquent au cours du suivi (3,4 j en moyenne entre deux passages sur cette période) n'a pas permis de compenser suffisamment ce biais.

Enfin, s'agissant des **surfaces prospectées**, une nette différence apparaît entre les périodes. Des biais majeurs doivent être considérés sur la première période avec une surface moyenne de prospection de 12 % sur le parc de la Mardelle (13 % pour les 10 éoliennes confondues). Comme expliqué précédemment, l'absence de données brutes de mortalité empêche de toute façon la réalisation des estimations. La seconde phase présente néanmoins une meilleure représentativité sur ce paramètre, la totalité des cultures autour des machines ayant été moissonnées en août. Ainsi, la surface de prospection moyenne est de 100 % pour ces deux éoliennes (85 % pour les 10 éoliennes confondues), ce qui est très bon et permet des estimations suffisamment robustes.

En conséquence de tous ces éléments, **des estimations statistiques ont été poursuivies sur la seconde période, en scindant les estimations oiseaux de celles des chiroptères et en distinguant le parc de la Mardelle des autres éoliennes de l'alignement.** Au vu de l'absence de données brutes sur le parc de la Mardelle et de manière générale en première partie du suivi (probable conséquence d'une surface de prospection et d'une persistance très faibles), **aucune estimation n'a pu être réalisée sur cette première période et à l'échelle du parc.**

5.2.5 CORRECTIF LIE A LA PERIODE D'ETUDE

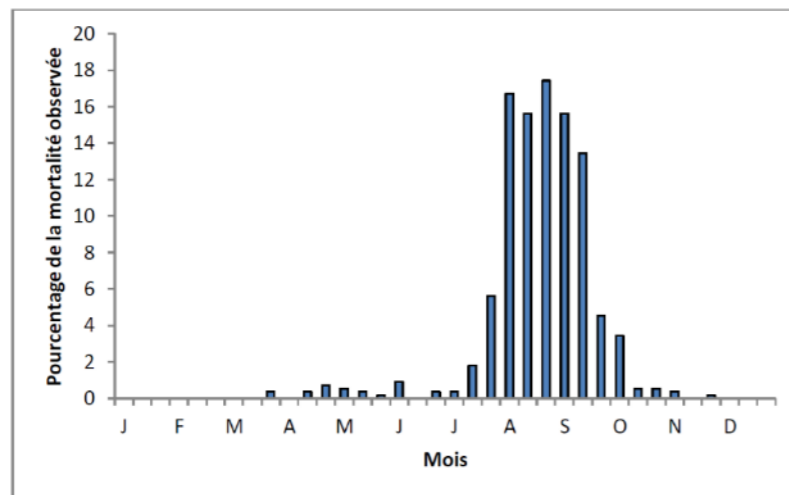
Les estimations de la mortalité ont été réalisées sur la base des 45 passages compris entre le 18/05 et le 29/10/2021 pour l'ensemble des éoliennes. Cette période correspond à la période principale d'activité pour les chauves-souris et, pour les oiseaux, couvre une partie des migrations pré et postnuptiale, et toute la période de reproduction. Toutefois, des cas de mortalité se produisent également en dehors de cette période, notamment pour les oiseaux, actifs toute l'année.

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

Répartition annuelle de la mortalité chiroptérologique selon différentes sources bibliographiques

Référence	Proportion de cadavres découverts
Lepercq (2018)	86 % entre fin juillet et début octobre
Beucher <i>et al.</i> 2013	73 % entre le 15 juillet et le 31 octobre
Cornut & Vincent, 2010	80 à 83 % entre le 15 juillet et le 31 octobre
Biotope, 2011	83 % entre le 1er août et le 31 octobre
Dulac, 2008	91 % entre le 1er juillet et le 31 octobre
Rydell <i>et al.</i> 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 *et al.* 2009). Ces données ont été reprises dans le graphique par Ecosphère (Heitz & Jung, 2017) pour disposer de pourcentages par décades.

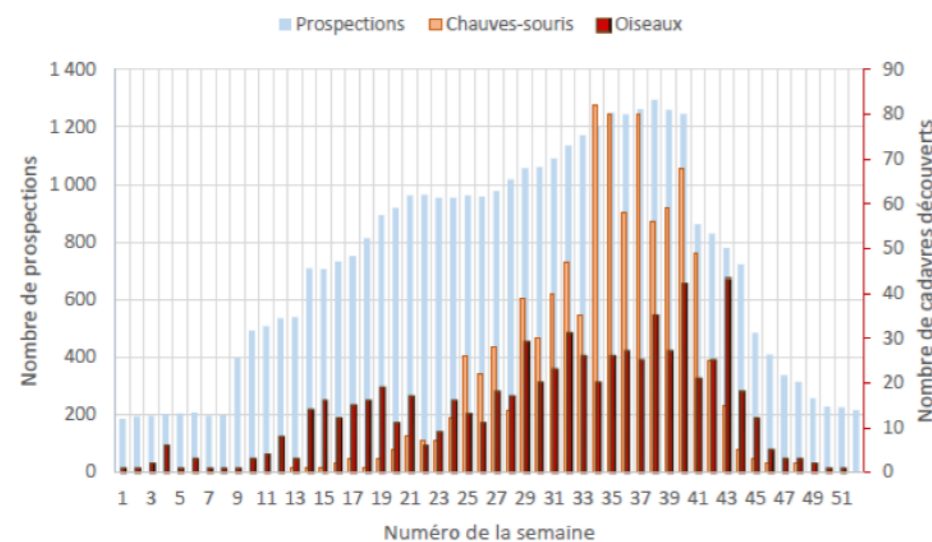


Répartition temporelle des cadavres de chauves-souris récoltés (données Dürr 2007, in Jones *et al.*, 2009 ; graphique Heitz & Jung, 2017)

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

Semaine de découverte des cadavres

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



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

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

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

Pourcentage de mortalité (toutes espèces)	Chiroptères		Oiseaux	
Mi-mai à juillet (semaines 20 à 30) => période de reproduction	20 %	0 cadavre, soit 0 %	25 %	0 cadavre, soit 0 %
Août à octobre (semaines 31 à 43) => migration postnuptiale, mouvements locaux	75 %	8 cadavres, soit 100 %	50 %	8 cadavres, soit 100 %
Reste de l'année (novembre à mi-mai)	5 %	pas de données entre novembre et mi-mai	25 %	pas de données entre novembre et mi-mai

Ainsi, sur la base des données bibliographiques et les résultats recueillis en 2021, **il apparaît que les résultats de suivi obtenus sur les 10 éoliennes de l'alignement dans lequel s'intègre le parc de la Mardelle ne sont pas représentatifs de la répartition temporelle classique des cadavres, avec une absence totale de mortalité observée avant la mi-août.**

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, 2.4 et 3.2.1.2). Aucune extrapolation de la mortalité estimée ne peut néanmoins être réalisée sur la période non suivie.**

5.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE

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

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

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

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

Récapitulatif des différents paramètres généraux pris en compte pour les estimations

Paramètres		La Vallée du Moulin, la Mardelle, Quinze Mines		
Période du suivi		mi mai - fin octobre 2021	P1 mi mai - début août 2021	P2 début août - fin octobre 2021
Nombre d'éoliennes suivies	10 éoliennes	10		
	La Vallée du Moulin	4		
	La Mardelle	2		
	Quinze Mines	4		
C (nombre de cadavres brut découverts sous les éoliennes dans un rayon de 55 m)	10 éoliennes	16 (8 oiseaux et 8 chiroptères)	0	16 (8 oiseaux et 8 chiroptères)
	La Vallée du Moulin	8 (3 oiseaux et 5 chiroptères)	0	8 (3 oiseaux et 5 chiroptères)
	La Mardelle	0	0	0
	Quinze Mines	8 (5 oiseaux et 3 chiroptères)	0	8 (5 oiseaux et 3 chiroptères)
d (taux de détection moyen)		0,87	0,85	0,89
p (taux de persistance durant l'intervalle)	10 éoliennes (pas de différence significative entre les parcs)	-	0,00 (j+4)	0,44 (j+3)
Tm (durée moyenne de persistance durant l'intervalle)	10 éoliennes (pas de différence significative entre les parcs)	-	0,9 jour (j+4)	2,0 jours
r (probabilité de persistance)	10 éoliennes (légère différence entre les parcs mais non significative au vu du faible jeu de données)	-	0,31 [IC 80 % : 0,23-0,40]	0,75 [IC 80 % : 0,68-0,81]
l (intervalle moyen entre 2 visites)		3,7 jours	4,2 jours	3,4 jours
n (nombre de passage)		45	20	25
Sk (surface prospectée moyenne)	10 éoliennes	52%	13%	85%
	La Vallée du Moulin	51%	14%	82%
	La Mardelle	59%	12%	100%
	Quinze Mines	48%	13%	81%

5.3.1 ESTIMATIONS DE LA MORTALITE AVEC EOLAPP

Les tableaux suivants présentent les résultats des estimations de la mortalité réelle uniquement pour l'alignement complet (10 éoliennes) sur la période du 18 mai au 29 octobre 2021. La distinction des résultats en deux sous-périodes (avant et après le 7 août dans le cas présent) et par groupe impacté a également pu être réalisée.

Aucune estimation pour le parc de la Mardelle ne peut être réalisée au vu de l'absence de données brutes de mortalité.

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 pour l'alignement des 10 éoliennes

	Estimation	Période	Mortalité brute	Huso		Jones		Erickson				
				Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]			
EolApp	Oiseaux	Ensemble de la période du suivi	8	39,9	17,0	75,8	46,8	19,2	100,8	33,3	13,5	68,4
	Chiroptères		8	34,6	15,6	64,0	40,7	17,9	85,3	29,2	12,6	57,8
	Oiseaux	Période 2	8	16,1	7,5	27,8	16,7	7,7	29,3	9,3	3,9	18,2
	Chiroptères		8	14,2	6,7	23,8	14,7	7,0	25,1	8,3	3,7	15,7

Les estimations sur l'ensemble de la période du suivi (avec la distinction par groupe ou non) donnent des résultats aberrants à intervalles de confiance très larges et ne sont pas exploitables. Cela peut être dû à l'absence de donnée sur une grande partie du suivi (de mi-mai à mi-août), à la persistance très faible sur les deux périodes ou encore à la surface de prospection très limitée sur la première partie du suivi. Ces valeurs sont grisées dans le tableau précédent et ne seront pas exploitées.

Les seuls résultats cohérents correspondent à l'analyse sur la seconde période du suivi (par groupe impacté ou pour l'ensemble) pour l'alignement des 10 éoliennes.

Le modèle d'Huso donne une valeur médiane de la mortalité d'environ **14 chiroptères [IC80% : 7 - 24] et 16 oiseaux [IC80% : 7,5 - 28] impactés sur l'ensemble de l'alignement sur l'ensemble du suivi** (mi-mai à fin octobre, sur 45 passages), **avec une médiane totale de 30 cadavres [IC80% : 16 - 49]**.

Le modèle de Jones donne une valeur médiane de la mortalité d'environ **15 chiroptères [IC80% : 7 - 25] et 17 oiseaux [IC80% : 8 - 29] impactés sur l'ensemble de l'alignement sur l'ensemble du suivi** (mi-mai à fin octobre, sur 45 passages), **avec une médiane totale de 32 cadavres [IC80% : 17 - 52]**.

Les intervalles de confiance obtenus pour Jones et Huso attestent d'une précision correcte de l'estimation statistique. Ces valeurs estimées sont toutefois à prendre avec précaution. Les biais induit dans les estimations (l'absence d'intégration des différences de surfaces prospectées entre les éoliennes étant le principal) conduisent à des estimations pouvant être peu précises. Une intégration détaillée des variables dans les modélisations peut permettre d'affiner ces estimations et ainsi les rendre plus justes, c'est la méthode de GenEst présentée au chapitre suivant.



5.3.2 ESTIMATIONS DE LA MORTALITE AVEC GENEST

Les tableaux suivants présentent les résultats des estimations de la mortalité réelle pour l'alignement complet (10 éoliennes) sur la période du 18 mai au 29 octobre 2021 obtenus à partir des modélisations faites avec GenEst (Huso & Dalthorp). Comme expliqué précédemment, aucune estimation pour le parc de la Mardelle ne peut être réalisée au vu de l'absence de données brutes de mortalité.

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.

Résultats des estimations de la mortalité réelle obtenus avec GenEst pour l'alignement des 10 éoliennes

	Estimation	Visibilité ou Période	Mortalité brute	Période 1			Période 2			Ensemble du suivi
				Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		
GenEst	Chiroptères	Période 1	0	0,0	0,0	0,0				13,3 [IC 80 % : 9,4 - 18,1]
		Période 2	8				13,3	9,4	18,1	
	Oiseaux	Période 1	0	0,0	0,0	0,0				17,1 [IC 80 % : 10,6 - 24,8]
		Période 2	8				17,1	10,6	24,8	

Résultats des estimations de la mortalité réelle obtenus avec GenEst pour le parc de la Vallée du Moulin (LVL1 à 4)

	Estimation	Visibilité ou Période	Mortalité brute	Période 1			Période 2			Ensemble du suivi
				Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		
GenEst	Chiroptères	Période 1	0	0,0	0,0	0,0				7,6 [IC 80 % : 5,0 - 10,5]
		Période 2	5				7,6	5,0	10,5	
	Oiseaux	Période 1	0	0,0	0,0	0,0				7,6 [IC 80 % : 3,0 - 13,7]
		Période 2	3				7,6	3,0	13,7	

Résultats des estimations de la mortalité réelle obtenus avec GenEst pour le parc de Quinze Mines (QZM7 à 10)

	Estimation	Visibilité ou Période	Mortalité brute	Période 1			Période 2			Ensemble du suivi
				Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		
GenEst	Chiroptères	Période 1	0	0,0	0,0	0,0				5,2 [IC 80 % : 3,0 - 7,8]
		Période 2	3				5,2	3,0	7,8	
	Oiseaux	Période 1	0	0,0	0,0	0,0				8,1 [IC 80 % : 5,2 - 11,6]
		Période 2	5				8,1	5,2	11,6	

Les résultats obtenus pour les 10 éoliennes (oiseaux, chiroptères et tous groupes confondus) présentent des intervalles de confiance resserrés validant leur fiabilité.

L'estimation est nulle en période 1 (mi-mai à début août) en l'absence de données brutes, ce qui ne signifie pas pour autant une absence totale de mortalité sur le parc à cette période. En effet, la persistance à cette période était faible (taux de disparition rapide, probablement lié à la présence quotidienne de Corneilles noires) et les surfaces de prospection plus limitées (moyenne 13 % de la surface théorique à prospecter sur les 10 éoliennes), impliquant de fait de plus faibles chances de découvertes de cadavres. La mortalité est néanmoins jugée **faible**.

En seconde période (début août à fin octobre), l'estimation semble cohérente et correspond ainsi à l'estimation sur l'ensemble de la période suivie.

La mortalité estimée se partage équitablement entre les deux parcs de la Vallée du Moulin (15,2 [IC 80 % : 9,2 – 22,5]) et de Quinze Mines (13,3 [IC 80 % : 9,3 – 18,0]) correspond donc à un peu moins de la totalité des cadavres de l'alignement des 10 éoliennes (30,8 [IC 80 % : 22,8 – 39,5]). **Il est toutefois statistiquement incorrect de vouloir associer la mortalité restante (un peu plus de 2 cadavres) au parc de la Mardelle.**

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

La mortalité estimée sur l'ensemble du suivi (et concentrée sur la seconde partie du suivi) est donc de :

- 30,8 cadavres [IC 80 % : 22,8 - 39,5] pour l'ensemble des 10 éoliennes, répartis comme suit :
 - 13,3 chauves-souris [IC 80 % : 9,4 - 18,1] ;
 - 17,1 oiseaux [IC 80 % : 10,6 - 24,8] ;
 - Entre 0 et 6 cadavres par éolienne et sur la période de suivi ;
- La mortalité brute du parc de la Mardelle étant nulle, les estimations statistiques n'ont pu être effectuées. **La mortalité réelle du parc est très certainement faible et non significative mais pas nulle.**

5.4 CONCLUSION SUR LE SUIVI DE MORTALITE

Ce second suivi réalisé sur le parc de la Mardelle a fait l'objet de **45 passages répartis entre le 18 mai et le 29 octobre 2021**, avec un **intervalle moyen entre les passages de 3,7 j**. Les **10 éoliennes** de l'alignement, comprenant les 2 éoliennes du parc de la Mardelle ont été suivies sur l'ensemble de la période. Les recherches ont été réalisées dans un **rayon de 55 m** autour du mât.

La **surface moyenne de prospection est de 52 % sur l'intégralité du suivi pour l'alignement et de 59 % pour les éoliennes de la Mardelle**, avec une variabilité au cours de l'année mais une homogénéité entre les éoliennes.

Les tests de détection réalisés montrent une **délectabilité moyenne de 87 %**.

Pour l'alignement des 10 éoliennes, le **taux de persistance (p) est de 0 % à j+4 et 22 % à j+1** (première période) et 44 % à j+3 (seconde période). Sur l'alignement des 10 éoliennes, la **probabilité de persistance (r) est de 0,31 [IC 80 % : 0,23 – 0,40] (première période) et 0,75 [IC 80 % : 0,68 – 0,81]**

(seconde période). Sur le parc de la Mardelle, cette probabilité de persistance (r) est de **0,35 [IC 80 % : 0,21 – 0,52] (première période) et 0,68 [IC 80 % : 0,47 – 0,83] (seconde période)**.

Sur l'alignement complet des 10 éoliennes (La Vallée du Moulin – La Mardelle - Quinze Mines), un total de **16 cadavres** a été découvert, dont **8 oiseaux et 8 chauves-souris**.

- **8 oiseaux appartenant à au moins 5 espèces** : 2 Martinets noirs [migrateurs], 1 Gobemouche noir [migrateur], 1 Bruant proyer [sédentaire ou migrateur], 2 Corneilles noires [locales] et 2 Roitelets indéterminés [migrateurs] ;
- **8 chiroptères appartenant à au moins 3 espèces** : 3 Pipistrelles communes [sédentaires], 2 Pipistrelles de Nathusius [migratrices], 2 Pipistrelles indéterminées [statut indéterminé] et 1 Noctule de Leisler [statut indéterminé].

La mortalité constatée en 2021 sur les deux éoliennes du parc de la Mardelle est nulle.

Pour les 10 éoliennes de l'alignement, la mortalité constatée est nulle entre mi-mai et mi-août pour les oiseaux comme pour les chauves-souris (biais importants liés à une surface de prospection et une persistance faibles), et se concentre entre mi-août et fin septembre pour les chauves-souris et entre mi-août et mi-octobre pour les oiseaux.

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 **sur l'alignement des 10 éoliennes d'environ 13,3 chiroptères [IC 80 % : 9,4 – 18,1] et 17,1 oiseaux [IC 80 % : 10,6 – 24,8] sur l'ensemble du suivi (mi-mai – octobre). La mortalité brute du parc de la Mardelle étant nulle, les estimations statistiques n'ont pu être effectuées. La mortalité réelle du parc est très certainement faible et non significative mais pas nulle.**

Pour rappel, **le premier suivi environnemental réalisé en 2015 sur 5 des 10 éoliennes a fait état d'une mortalité moyenne non corrigée et sur l'ensemble de l'alignement de 17 cadavres, soit 3,4 cadavres par éolienne**, dont environ 1/3 de chauves-souris pour 2/3 d'oiseaux. Ainsi, la mortalité constatée en 2021 est inférieure (16 cadavres, 10 éoliennes suivies), ce qui peut être la conséquence de plusieurs facteurs :

- **Une baisse des populations locales des espèces concernées** (les populations de chauves-souris, même communes, sont connues pour être en constante baisse) ;
- **Une habitude de la présence des éoliennes et un apprentissage de l'évitement** (pour les populations locales d'oiseaux principalement) ; à modérer car le premier suivi a tout de même été réalisé 5 ans après la mise en service ;
- **Une variabilité interannuelle de la fréquentation du parc et de la mortalité brute découverte.**

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 impactées par celui-ci, comme le Bruant proyer. L'impact a également concerné des passereaux migrateurs, principalement nocturnes.

Les tableaux ci-dessous présentent le niveau d'impact avéré de l'alignement des 10 éoliennes (aucun cadavre n'ayant été découvert sous le seul parc de la Mardelle) sur les oiseaux dont des cas de collision ont été relevés en 2021, par espèce puis par mois.

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

	LRE	LRN nich	LRN migr	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
					Sensibilité à l'impact (Dürr, 2022)	Portée de l'impact	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce
Martinet noir <i>Apus apus</i>	NT	NT	DD	LC	Faible (446 en Europe, dont 153 en France ¹⁵)	Faible 2 cadavres (LVL1 et QZM9, 19/08/21) [Migrateurs certains]	Faible	Faible	Négligeable
Bruant proyer <i>Emberiza calandra</i>	LC	LC	NA	NT	Faible (331 en Europe, dont 20 en France)	Faible 1 cadavre (LVL3, 18/10/21) [Migrateur probable]	Faible	Faible	Négligeable
Corneille noire <i>Corvus corone</i>	LC	LC	-	LC	Faible (116 en Europe, dont 16 en France)	Faible 2 cadavres (QZM8 et QZM10, 23/08/21) [Locales]	Faible	Faible	Négligeable
Gobemouche noir <i>Ficedula hypoleuca</i>	LC	VU	DD	EN	Faible (891 en Europe, dont 31 en France)	Faible 1 cadavre (LVL3, 13/09/21) [Migrateur certain]	Faible	Faible	Négligeable
Roitelet à triple bandeau/huppé <i>Regulus ignicapilla/regulus</i>	LC	LC/NT	-	LC	Faible (302/181 en Europe, dont 196/27 en France)	Faible 2 cadavres (QZM7, 13/09/21 et QZM10, 18/10/21) [Migrateurs certains]	Faible	Faible	Négligeable

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

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

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

	Mortalité brute – 2021, parc de la Mardelle <i>Mortalité sur le reste de l'alignement des 10 éoliennes</i>	Mortalité estimée avec GenEst – 2021, alignement des 10 éoliennes	Niveau d'impact par mois
Avril	RAS	Période 1 : nulle	Négligeable
Mai	RAS		
Juin	RAS		
Juillet	RAS	Période 2 : Non estimée sur le parc de la Mardelle 10 éoliennes : 17,1 oiseaux [IC 80 % : 10,6 – 24,8]	Négligeable
Août	RAS 2 Martinets noirs, 2 Corneilles noires		
Septembre	RAS 1 Gobemouche noir, 1 Roitelet sp.		
Octobre	RAS 1 Bruant proyer, 1 Roitelet sp.		

¹⁵ Chiffres probablement très largement inférieurs à la réalité mais, comparativement à la taille de ses populations européennes, cela ne représente qu'une faible proportion des individus.



6.2 CHAUVES-SOURIS

Sur l'alignement des 10 éoliennes, 8 cadavres de chauves-souris ont été retrouvés au cours des 45 passages réalisés de mi-mai à octobre 2021. Aucune chauve-souris n'a été découverte sous les 2 éoliennes de la Mardelle. L'évaluation ci-dessous se base sur les résultats du suivi de la mortalité et du suivi acoustique à hauteur de nacelle. Les tableaux ci-dessous présentent le niveau de risque de collision pour chaque espèce puis par mois.

Statuts et enjeux des espèces de chauves-souris impactées en 2021 sur l'alignement des 10 éoliennes (méthode détaillée au chapitre 6)

	LRE	LRN	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
				Sensibilité à l'impact (maximum entre Dürr, 2022 et Eurobats, juin 18)	Portée de l'impact	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC	NT	LC	Forte (2 571 en Europe, dont 1 124 en France)	Faible ----- 3 cadavres (LVL4 et QZM7, 19/08/21 et QZM8, 01/09/21) + 2 Pipistrelles indéterminées (LVL2, 24/09/21) ----- Activité nacelle Irrégulière et globalement modérée <u>Juillet</u> : 1 nuit d'intense activité et 2 nuits d'activité exceptionnelle <u>Août</u> : 2 nuits d'intense activité <u>Septembre</u> : 4 nuits d'intense activité ----- [Locales]	Faible	Faible	Négligeable
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	LC	NT	NT	Forte (1 666 en Europe, dont 303 en France)	Faible ----- 2 cadavres (LVL3 et QZM9, 13/09/21) ----- Activité nacelle <u>Occasionnelle mais ponctuellement importante</u> <u>Septembre</u> : 2 nuits d'activité exceptionnelle ----- [Migratrices]	Moyen	Moyen	Faible
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	LC	NT	NT	Forte (755 en Europe, dont 186 en France)	Faible ----- 1 cadavre (LVL3, 20/09/21) ----- Activité nacelle <u>Régulière mais à des niveaux globalement modérés</u> <u>Septembre</u> : 6 nuits de forte activité ----- [Indéterminé]	Moyen	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 pales d'éoliennes pour chaque mois du suivi.

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

	Activité à hauteur de nacelle La Mardelle - 2021	Activité à hauteur de nacelle La Vallée du Moulin - 2021	Mortalité brute - 2021, parc de la Mardelle Mortalité sur le reste de l'alignement des 10 éoliennes	Mortalité estimée avec GenEst par périodes - 2021	Niveau d'impact par mois pour l'ensemble de l'alignement
Avril	Activité très faible (< 10 contacts dans le mois)	Activité très faible (< 5 contacts dans le mois)	Pas de suivi	Période 1 : nulle	Négligeable
Mai	Activité très faible (< 10 contacts dans le mois)	Activité très faible (< 5 contacts dans le mois)	RAS		Négligeable
Juin	Activité faible (< 100 contacts dans le mois)	Activité faible (< 60 contacts dans le mois)	RAS		Négligeable
Juillet	Activité élevée avec une moyenne de 18,1 contacts/nuit. 4 nuits avec Q>75%. 271 contacts de Noctules communes.	Activité modérée dont 3 nuits avec Q>75%.	RAS	Période 2 : Non estimée sur le parc de la Mardelle	Faible
Août	Activité modérée avec une moyenne de 10,8 contacts/nuit. 4 nuits avec Q>75%. 205 contacts de Noctules communes. Activité des Pipistrelles communes faible (< 100 contacts dans le mois)	Activité modérée avec une moyenne de 9,5 contacts/nuit. 6 nuits avec Q>75%. 161 contacts de Noctules communes. Activité des Pipistrelles communes faible.	RAS 2 Pipistrelles communes		Faible
Septembre	Activité élevée avec une moyenne de 19,8 contacts/nuit. 14 nuits avec Q>75%. 264 contacts de Noctules communes. Activité des Pipistrelles communes assez faible (< 150 contacts dans le	Activité élevée avec une moyenne de 21,8 contacts/nuit. 13 nuits avec Q>75%. 298 contacts de Noctules communes. Activité des Pipistrelles communes assez faible (70 contacts dans le mois).	RAS 1 Pipistrelle commune, 2 Pipistrelles de Nathusius, 2 Pipistrelles indéterminées et 1 Noctule de Leisler		10 éoliennes : 13,3 chauves-souris [IC 80 % : 9,4 - 18,1]

	Activité à hauteur de nacelle La Mardelle - 2021	Activité à hauteur de nacelle La Vallée du Moulin - 2021	Mortalité brute - 2021, parc de la Mardelle Mortalité sur le reste de l'alignement des 10 éoliennes	Mortalité estimée avec GenEst par périodes - 2021	Niveau d'impact par mois pour l'ensemble de l'alignement
	mois). Activité des Pipistrelles de Nathusius très faible (< 15 contacts dans le mois). Activité des Noctules de Leisler assez faible (< 150 contacts dans le mois).	Activité des Pipistrelles de Nathusius très faible (6 contacts dans le mois). Activité des Noctules de Leisler modérée (209 contacts dans le mois).			
Octobre	Activité très faible (< 20 contacts dans le mois)	Activité très faible (< 15 contacts dans le mois)	RAS		Négligeable
Novembre	Activité très faible (< 5 contacts dans le mois)	Activité très faible (< 35 contacts dans le mois)	Pas de suivi		Négligeable

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

En conclusion, un niveau d'impact pour chacune des espèces impactées constaté par la mortalité en 2021 (et, en complément, par l'activité à hauteur de nacelle pour les chauves-souris) sur le parc de la Mardelle a été défini à partir du croisement entre l'intensité de l'impact et l'enjeu de conservation des espèces.

Le niveau d'impact et le risque de collision associé sont de niveau négligeable pour les oiseaux et de niveau moyen (en septembre), faible (sur les mois de juillet et d'août) à négligeable (le reste de l'année) pour les chauves-souris.

Ainsi, le suivi environnemental réalisé au cours de l'année 2021 met en avant l'absence d'impact significatif sur les populations d'oiseaux et un impact de niveau faible sur les populations de chauves-souris entre juillet et septembre. Une mesure de réduction des impacts est par conséquent proposée et évaluée de manière proportionnée pour répondre à ce faible niveau d'impact estimé.

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 de risque 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 PROPORTION DE L'ACTIVITE PROTEGEE PAR MOIS SELON LA VITESSE MOYENNE DE VENT ENDESSOUS DE LAQUELLE L'EOLIENNE EST BRIDEE

La mortalité est assez faible sur l'ensemble de l'alignement des 10 éoliennes, mais non négligeable. L'activité acoustique est quant à elle faible à modérée en moyenne sur l'année. Seuls les mois de juillet, d'août et de septembre font exception, ou cette dernière est considérée comme modérée ou élevée en fonction de l'éolienne suivie.

Le risque d'impact étant moyen en septembre et faible en juillet et août, il est nécessaire de protéger de 70 à 80 % de l'activité en septembre et 50 à 70 % de l'activité en juillet-août.

Nous proposons donc le bridage suivant sur l'ensemble de l'alignement de 10 éoliennes, considéré comme un ensemble relativement homogène :

	Alignement des parcs de La Vallée du Moulin, La Mardelle et Quinze Mines (10 éoliennes)
Janvier	Aucun bridage (hivernage)
Février	Aucun bridage (hivernage)
Mars	Aucun bridage (hivernage)
Avril	Aucun bridage (trop faible activité)
Mai	Aucun bridage (trop faible activité)
Juin	Aucun bridage (trop faible activité)
Juillet	≤ 3 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 3h > 17°C
Août	≤ 4,5 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 4h > 17°C
Septembre	≤ 6 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 8 h > 15°C
Octobre	Aucun bridage (trop faible activité)
Novembre	Aucun bridage (trop faible activité)
Décembre	Aucun bridage (hivernage)

Ce bridage reste un bridage léger, mais néanmoins assez efficace, au vu des résultats des différents suivis, pour protéger de 50 à 70 % de l'activité recensée au cours de cette partie de l'année 2021.

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.**

Au vu des risques de collision pour les chauves-souris existant sur les trois parcs de l'alignement de 10 éoliennes (La Vallée du Moulin, La Mardelle et Quinze Mines), **nous estimons qu'il n'est pas nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives préconisées en fin de suivi par un autre suivi de mortalité et/ou un suivi chiroptérologique à hauteur de nacelle.**





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 bewältigung eines konfliktes, TUB, 2001.
- Bernardino J. & al. 2011.** Attesting bird displacement in Portuguese wind farms. Poster in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.
- Bernardino J. & al. 2011.** Enhancing Carcass Removal Trials at Three Wind Energy Facilities in Portugal. Portuguese Wildlife Society. In: *Wildlife Biologie Practice*, 2011 Décembre 7(2): 1-14.
- Bernardino J., Bispo R., Costa H. & Mascarenhas M. 2013.** Estimating bird and bat fatality at wind farms: a practical overview of estimators, their assumptions and limitations. *New Zealand Journal of Zoology* 41(1) : 63-74.
- Besnard A. 2017.** L'estimation des mortalités : éléments clés pour leur réalisation... et leur bon usage. Présentation Séminaire Éolien et biodiversité 21 et 22 novembre 2017. Bordeaux. 40p.
- Beucher Y., Kelm V., Albespy F., Geyelin M., Nazon L. & Pick D. 2013.** Parc éolien de Castelnaud-Pégayrols (12). Suivi pluriannuel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campagnes des 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} années d'exploitation (2009-2011). EXEN & KJM Conseil Environnement, 111 p.
- Bevanger K. & al. 2010.** Pre- and post-construction studies of conflicts between birds and wind turbines in coastal Norway (Bird-Wind). Report on findings 2007-2010. NINA Report 620.
- BirdLife International. 2015.** Detailed regional assessment and species account from the European Red List of Birds. [on line : <http://www.birdlife.org/datazone/species/>]
- BirdLife International. 2015.** European Red List of Birds. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities.
- BirdLife International. 2021.** European Red List of Birds. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Bispo R. & al. 2011.** A web based application to estimate wildlife fatality: from the bias correction factors to the corrected fatality estimates. In: NINA Report 693 Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2-5 May 2011, Trondheim, Norway, 2011. p. 13
- Borner L., Duriez O., Besnard A., Robert A., Carrere V. & Jiguet F. 2017.** Bird collision with power lines: estimating carcass persistence and detection associated with ground search surveys. *Ecosphere* 8(11):e01966. 10.1002/ecs2.1966
- Bouchard C. 2003.** Le développement de l'énergie éolienne représente-t-il une réelle menace pour l'avifaune ? ENSAT. WWF-France
- Boughey 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.

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. & Dzioczek 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., Etterson M., Huso M., Dalthorp D., Korner-Nievergelt P., Roth T. & Niermann I. 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 Occurring 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 muséums 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, Zoogdierveniging & Bureau Waardenburg. 120p.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Whitfield D.P. & Madders M. 2005. A review of the impacts of wind farms on hen harriers *Circus cyaneus* and an estimation of collision avoidance rates. Natural Research Information Note 1 (revised). Natural Research Ltd, Banchory, UK. 32 p.

Whitfield D.P. & Madders M. 2005. Flight height in the Hen harrier (*Circus cyaneus*) and its incorporation in wind turbine collision risk modelling. Natural Research Information Note 2. Natural Research Ltd, Banchory, UK. 13 p.

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

Période	passage	Semaine	Date	Tâche
1	1	20	18/05/2021	Suivi mortalité éclair
	2	21	24/05/2021	Suivi mortalité éclair
	3	22	31/05/2021	Suivi mortalité éclair
	4	22	04/06/2021	Suivi mortalité éclair
	5	23	09/06/2021	Suivi mortalité éclair
	6	24	14/06/2021	Suivi mortalité éclair Test de persistance (dépôt)
		24	15/06/2021	Test de persistance (J+1)
	7	24	18/06/2021	Suivi mortalité éclair Test de persistance (J+4) Test de performance
	8	25	21/06/2021	Suivi mortalité éclair Test de persistance (J+7)
		25	23/06/2021	Test de persistance (J+9)
	9	26	28/06/2021	Suivi mortalité éclair Test de persistance (J+14)
	10	26	02/07/2021	Suivi mortalité éclair
	11	27	07/07/2021	Suivi mortalité éclair
	12	27	09/07/2021	Suivi mortalité éclair
	13	28	12/07/2021	Suivi mortalité éclair
	14	28	16/07/2021	Suivi mortalité éclair
	15	29	19/07/2021	Suivi mortalité éclair
	16	29	22/07/2021	Suivi mortalité éclair
	17	30	26/07/2021	Suivi mortalité éclair
	18	30	29/07/2021	Suivi mortalité éclair
19	31	02/08/2021	Suivi mortalité	
20	31	05/08/2021	Suivi mortalité	

Période	passage	Semaine	Date	Tâche
2	1	32	09/08/2021	Suivi mortalité
	2	32	12/08/2021	Suivi mortalité
	3	33	16/08/2021	Suivi mortalité
	4	33	19/08/2021	Suivi mortalité
	5	34	23/08/2021	Suivi mortalité
	6	34	26/08/2021	Suivi mortalité
	7	35	30/08/2021	Suivi mortalité
	8	35	01/09/2021	Suivi mortalité
	9	35	03/09/2021	Suivi mortalité
	10	36	06/09/2021	Suivi mortalité Test de persistance (dépôt)
		36	07/09/2021	Test de persistance (J+1)
	11	36	09/09/2021	Suivi mortalité Test de persistance (J+3)
	12	37	13/09/2021	Suivi mortalité Test de persistance (J+7)
	13	37	16/09/2021	Suivi de mortalité Test de persistance (J+10)
	14	38	20/09/2021	Suivi mortalité
	15	38	24/09/2021	Suivi mortalité
	16	39	28/09/2021	Suivi mortalité
	17	39	01/10/2021	Suivi mortalité
	18	40	04/10/2021	Suivi mortalité Test de performance
	19	40	06/10/2021	Suivi mortalité
	20	41	12/10/2021	Suivi mortalité
	21	41	15/10/2021	Suivi mortalité
	22	42	18/10/2021	Suivi mortalité
	23	42	21/10/2021	Suivi mortalité
	24	43	25/10/2021	Suivi mortalité
25	43	29/10/2021	Suivi mortalité	

ANNEXE 2 : SURFACES PROSPECTEES PAR EOLIENNE AU COURS DU SUIVI

Parc de la Vallée du Moulin :

Période	Sous-période	Nbr de passages	LVL1			LVL2			LVL3			LVL4			% moyen de surface prospectée sur LVL :
			Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté	
1 (mi-mai à début août)	1 (du 18/5 au 7/8)	22	2780	6717	29%	873	8624	9%	883	8613	9%	734	8763	8%	14%
2 (début août à fin octobre)	2 (du 7/8 au 27/8)	6	2780	6717	29%	9497	0	100%	9497	0	100%	9497	0	100%	82%
	3 (du 27/8 au 21/9)	9	2780	6717	29%	9497	0	100%	9497	0	100%	9497	0	100%	82%
	4 (du 21/9 au 15/10)	7	2780	6717	29%	9497	0	100%	9497	0	100%	9497	0	100%	82%
	5 (du 15/10 au 28/10)	4	2780	6717	29%	9497	0	100%	9497	0	100%	9497	0	100%	82%
		Moyenne :			29%			58%			58%			58%	51%

Période	Sous-période	Nbr de passages	LVL1			LVL2			LVL3			LVL4			% moyen de surface prospectée sur LVL :
			Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté	
1 (mi-mai à début août)	1 (du 18/5 au 7/8)	22	2780	6717	29%	873	8624	9%	883	8613	9%	734	8763	8%	14%
2 (début août à fin octobre)	2 (du 7/8 au 27/8)	6	2780	6717	29%	9497	0	100%	9497	0	100%	9497	0	100%	82%
	3 (du 27/8 au 21/9)	9													
	4 (du 21/9 au 15/10)	7													
	5 (du 15/10 au 28/10)	4													
		Moyenne :			29%			58%			58%			58%	51%

Parc de la Mardelle :

Période	Sous-période	Nbr de passages	LMD5			LMD6			% moyen de surface prospectée sur LMD :
			Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté	
1 (mi-mai à début août)	1 (du 18/5 au 7/8)	22	1302	8194	14%	892	8604	9%	12%
2 (début août à fin octobre)	2 (du 7/8 au 27/8)	6	9497	0	100%	9497	0	100%	100%
	3 (du 27/8 au 21/9)	9	9497	0	100%	9497	0	100%	100%
	4 (du 21/9 au 15/10)	7	9497	0	100%	9497	0	100%	100%
	5 (du 15/10 au 28/10)	4	9497	0	100%	9497	0	100%	100%
		Moyenne :			60%			58%	59%

Période	Sous-période	Nbr de passages	LMD5			LMD6			% moyen de surface prospectée sur LMD :
			Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté	
1 (mi-mai à début août)	1 (du 18/5 au 7/8)	22	1302	8194	14%	892	8604	9%	12%
2 (début août à fin octobre)	2 (du 7/8 au 27/8)	6	9497	0	100%	9497	0	100%	100%
	3 (du 27/8 au 21/9)	9							
	4 (du 21/9 au 15/10)	7							
	5 (du 15/10 au 28/10)	4							
		Moyenne :			60%			58%	59%



Parc de Quinze Mines :

Période	Sous-période	Nbr de passages	QZM7			QZM8			QZM9			QZM10			% moyen de surface prospectée sur QZM :	
			Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté		
1 (mi-mai à début août)	1 (du 18/5 au 7/8)	22	1115	8382	12%	1559	7937	16%	1086	8410	11%	1146	8351	12%	13%	13%
2 (début août à fin octobre)	2 (du 7/8 au 27/8)	6	9497	0	100%	4478	5019	47%	9497	0	100%	9171	325	97%	86%	81%
	3 (du 27/8 au 21/9)	9	9497	0	100%	9497	0	100%	9497	0	100%	9171	325	97%	99%	
	4 (du 21/9 au 15/10)	7	1115	8382	12%	9497	0	100%	1086	8410	11%	9171	325	97%	55%	
	5 (du 15/10 au 28/10)	4	1115	8382	12%	9497	0	100%	9497	0	100%	9171	325	97%	77%	
		Moyenne :			39%			55%			46%			52%	48%	48%

Période	Sous-période	Nbr de passages	QZM7			QZM8			QZM9			QZM10			% moyen de surface prospectée sur QZM :	
			Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté		
1 (mi-mai à début août)	1 (du 18/5 au 7/8)	22	1115	8382	12%	1559	7937	16%	1086	8410	11%	1146	8351	12%	13%	13%
2 (début août à fin octobre)	2 (du 7/8 au 27/8)	6	9497	0	100%	4478	5019	47%	9497	0	100%	9171	325	97%	86%	81%
	3 (du 27/8 au 21/9)	9				9497	0	100%							9497	
	4 (du 21/9 au 15/10)	7	1115	8382	12%				1086	8410	11%				55%	
	5 (du 15/10 au 28/10)	4				9497	0	100%	9497	0	100%				77%	
		Moyenne :			39%			55%			46%			52%	48%	48%

Alignement des 10 éoliennes :

Période	Sous-période	Nbr de passages	% moyen de surface prospectée sur l'ensemble des 3 parcs :
1 (mi-mai à début août)	1 (du 18/5 au 7/8)	22	13%
2 (début août à fin octobre)	2 (du 7/8 au 27/8)	6	85%
	3 (du 27/8 au 21/9)	9	
	4 (du 21/9 au 15/10)	7	
	5 (du 15/10 au 28/10)	4	
		Moyenne :	52%

Période	Sous-période	Nbr de passages	% moyen de surface prospectée sur l'ensemble des 3 parcs :	
1 (mi-mai à début août)	1 (du 18/5 au 7/8)	22	13%	76%
2 (début août à fin octobre)	2 (du 7/8 au 27/8)	6	87%	
	3 (du 27/8 au 21/9)	9	93%	
	4 (du 21/9 au 15/10)	7	75%	
	5 (du 15/10 au 28/10)	4	84%	
		Moyenne :	52%	



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

Ordre	Nom français	Nom scientifique	Age	Sexe	Date ramassage	Coord_X_L93	Coord_Y_L93	Distance_mat	Num_eolienne	Découvreur	Structure	Nom parc	Etat	Occupation du sol	Visibilité
Oiseau	Martinet noir	<i>Apus apus</i>	VOL	?	19/08/2021	638280,978	6790841,33	29	LVL1	Manon ACQUEBERGE	ECOSPHERE	La Vallée du Moulin	plumée	labour	bonne
Chiroptère	Pipistrelle indéterminée	<i>Pipistrellus sp.</i>	VOL	?	24/09/2021	637919,951	6791030,463	33	LVL2	Hervé GAUCHE	Hervé GAUCHE	La Vallée du Moulin	avancée	labour	bonne
Chiroptère	Pipistrelle indéterminée	<i>Pipistrellus sp.</i>	VOL	?	24/09/2021	637920,0585	6791028,183	33	LVL2	Hervé GAUCHE	Hervé GAUCHE	La Vallée du Moulin	avancée	labour	bonne
Chiroptère	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	VOL	F	13/09/2021	637590,961	6791190,26	22	LVL3	Laurent SPANNEUT	ECOSPHERE	La Vallée du Moulin	avancée	chaume	bonne
Oiseau	Gobemouche noir	<i>Ficedula hypoleuca</i>	VOL	?	13/09/2021	637611,467	6791151,14	53	LVL3	Laurent SPANNEUT	ECOSPHERE	La Vallée du Moulin	décomposé	labour	bonne
Chiroptère	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	VOL	?	20/09/2021	637613,049	6791174,69	30	LVL3	Manon ACQUEBERGE	ECOSPHERE	La Vallée du Moulin	décomposé	labour	bonne
Oiseau	Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	VOL	?	18/10/2021	637609,954	6791204,36	2	LVL3	Elodie BRUNET	ECOSPHERE	La Vallée du Moulin	plumée	plateforme	bonne
Chiroptère	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	VOL	?	19/08/2021	637285,308	6791332,82	35	LVL4	Manon ACQUEBERGE	ECOSPHERE	La Vallée du Moulin	décomposé	chaume	bonne
Oiseau	Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	VOL	?	20/08/2021	635605,881	6792203	49	QZM10	Technicien	EDPR	Quinze Mines	frais	Herbe	bonne
Oiseau	Roitelet sp	<i>Regulus sp.</i>	VOL	?	18/10/2021	635619,323	6792293,05	53	QZM10	Elodie BRUNET	ECOSPHERE	Quinze Mines	plumée	labour	bonne
Chiroptère	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	VOL	?	19/08/2021	636494,588	6791737,45	52	QZM7	Manon ACQUEBERGE	ECOSPHERE	Quinze Mines	décomposé	labour	bonne
Oiseau	Roitelet sp	<i>Regulus sp.</i>	VOL	?	13/09/2021	636528,899	6791737,73	29	QZM7	Hugo AUCLAIR	ECOSPHERE	Quinze Mines	décomposé	Labour	bonne
Oiseau	Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	VOL	?	23/08/2021	636121,593	6791988,88	11	QZM8	Hugo AUCLAIR	ECOSPHERE	Quinze Mines	frais	Sol nu	bonne
Chiroptère	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	VOL	M	01/09/2021	636127,6586	6791927,452	57	QZM8	Maxime COLLET	ECOSPHERE	Quinze Mines	frais	sol nu	bonne
Oiseau	Martinet noir	<i>Apus apus</i>	1A	?	19/08/2021	635856,155	6792126,81	34	QZM9	Manon ACQUEBERGE	ECOSPHERE	Quinze Mines	décomposé	chaume	bonne
Chiroptère	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	VOL	F	13/09/2021	635876,45	6792065,45	43	QZM9	Hugo AUCLAIR	ECOSPHERE	Quinze Mines	frais	Sol nu	bonne

*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 la période 2 et pour l'ensemble des cadavres. Résultats présentés dans le tableau en partie 5.3.1.



Estimation des mortalités induites par les éoliennes

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :

Browse... cadavres_periode2.csv
Upload complete

Nb lignes lues = 25

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

Browse... persistence_periode2.csv
Upload complete

Nombre de lignes lues = 16

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 =

86

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

75

Pourcentage de la surface prospectée =

0,85

CALCULER

Données en entrée

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

0, 0, 0, 4, 2, ..., 0, 2, 0, 0, 0

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

0, 0, 0, 7, 1, ..., 1, 10, 10, 10, 10

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	17.79	5.57	45.48	8.88	32.43
Huso	30.38	10.14	62.57	16.06	49.25
Winkelmann	53.25	16.19	162.62	26.03	105.00
Jones	31.59	10.54	67.81	16.65	52.00

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

Présentation de quelques captures d'écran.

- Résultats obtenus par groupe impacté et par sous-période. Résultats présentés dans le tableau en partie 0.

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 25 entries
Search:

	Group	Season	X	10%	25%	50%	75%	90%
1	bat	periode_1	0	0	0	0	0	0
2	bat	periode_2	8	9.4	11.04	13.32	15.59	18.05
3	bird	periode_1	0	0	0	0	0	0
4	bird	periode_2	8	10.57	13.59	17.13	21.02	24.73

Showing 1 to 4 of 4 entries Previous 1 Next



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

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4
DATAFILES INPUTS :	DWP_unique pour chaque éolienne	DWP_par période	DWP_par période pour LVL	DWP_par période pour QZM
<i>Model inputs</i>				
Number of iteration	1000	1000	1000	1000
Confidence level	0,8	0,8	0,8	0,8
Carcass Class Column	-	Season	Season	Season
<i>Model inputs</i>				
Observations	Efficacite1	Efficacite1	Efficacite1	Efficacite1
Predictor variables	Visibility	Visibility	Visibility	Visibility
Fixed k	0,75	0,75 ; 0,75	0,75 ; 0,75	0,75 ; 0,75
<i>Selection</i>				
p model / p ~ k model	Visibility fixed at 0,75	Visibility ; visibility fixed at 0,75	Visibility ; visibility fixed at 0,75	Visibility ; visibility fixed at 0,75
<i>Model inputs</i>				
Last time present	LastPresent	LastPresent	LastPresent	LastPresent
First time absent	LastAbsent	LastAbsent	LastAbsent	LastAbsent
Predictor variables	-	-	-	-
Distributions	exp, weib, lognorm, loglog		exp, weib, lognorm, loglog	exp, weib, lognorm, loglog
<i>Selection</i>				
Distribution	lognormal	exp ; exp	exp ; exp	exp ; exp
Location ~	constant	constant	constant	constant
Scale ~	constant	constant	constant	constant
<i>Model inputs</i>				
Carcass ID	carcID	carcID	carcID	carcID
Fraction of Facility Surveyed	1	1	1	1
DWP	Total	Season	Season	Season
Date found	DateFound	DateFound	DateFound	DateFound
<i>Split mortality</i>				
Search Schedule (SS) Variable		Saison	Saison	Saison
Carcass Observation (CO) Variable		IdEolienne/groupe	Groupe	Groupe

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



Direction départementale
des territoires

ARRÊTÉ PRÉFECTORAL portant dérogation à l'interdiction de capture définitive, transport et détention de spécimens d'espèces animales protégées (chiroptères et avifaunes) accordée au bureau d'études ECOSPHERE

La préfète du Loiret,
Chevalier de la Légion d'Honneur,

VU le Code de l'environnement, notamment ses articles L411-1, L411-2, L415-3 et R411-1 et suivants,

VU le décret n° 97-34 du 15 janvier 1997 modifié relatif à la déconcentration des décisions administratives individuelles,

VU l'arrêté interministériel du 19 février 2007 modifié fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L411-2 du Code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées,

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

VU l'arrêté ministériel du 28 novembre 2019 nommant M. Christophe HUSS directeur départemental des territoires du Loiret,

VU le décret du 10 février 2021 portant nomination de Mme Régine ENGSTRÖM, en qualité de Préfète de la région Centre-Val de Loire, préfète du Loiret,

VU l'arrêté préfectoral du 1^{er} mars 2021 portant délégation de signature à M. Christophe HUSS, directeur départemental des territoires du Loiret,

VU l'arrêté préfectoral du 2 mars 2021 portant subdélégation de signature aux agents de la Direction Départementale des Territoires du Loiret,

VU la demande de dérogation au régime de protection des espèces présentée le 29 avril 2021, par le bureau d'études ECOSPHERE, Agence Centre-Ouest, situé 112 Rue du Nécotin, ZAC des Châtelliers 45000 ORLEANS, à l'effet que ses salariés soient autorisés à prélever, transporter et détenir des cadavres de chauves-souris et d'avifaune dans le cadre de suivis post-installation de parcs éoliens situés sur le département du Loiret (45).

VU l'avis favorable de M. le Directeur Régional de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement du Centre-Val de Loire,

VU l'avis favorable tacite du Conseil National de la Protection de la Nature,

.../...

1/6

CONSIDÉRANT que la demande de dérogation porte sur le prélèvement, le transport et la détention de cadavres de spécimens d'espèces animales protégées (chauves-souris et d'avifaune),

CONSIDÉRANT que la demande est sollicitée dans le cadre d'un suivi chiroptérologique et ornithologique post-installation de parcs éoliens,

CONSIDÉRANT que les cadavres collectés seront conservés au bureau de BIOTOPE, le temps de leur identification,

CONSIDÉRANT la qualification des demandeurs et les objectifs scientifiques poursuivis,

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

SUR la proposition du directeur départemental des Territoires du Loiret ;

ARRÊTE

ARTICLE 1^{er} - Identité des bénéficiaires

Les bénéficiaires de la dérogation sont Manon ACQUEBERGE, Hugo AUCLAIR, Guillaume MARCHAIS, Maxime COLLET, chargés d'études faunistes, Laurent SPANNEUT, chargé de projets, salariés d'ECOSPHERE, Agence Centre-Ouest, situé 112 Rue du Nécotin, ZAC des Châtelliers, 45000 ORLEANS.

Ce personnel pourra être complété par des personnes lors des périodes de congés qui seront formés et suivis par ECOSPHERE. Par exemple, Matthieu ESLINE et Elodie BRUNET, chargés d'études spécialistes de la flore, salariés d'ECOSPHERE ou Laurie BURETTE et Ghislain DURASSIER de la société Echochiro (en sous-traitance), chargés d'études faune spécialistes des chiroptères.

ARTICLE 2 - Nature de la dérogation

Les bénéficiaires sont autorisés à déroger, dans le cadre de suivis chiroptérologique et d'avifaune post installation de parcs éoliens situés dans le Loiret, à l'interdiction de capture, transport et détention de cadavre de spécimens des espèces suivantes :

Chiroptères :

Grand rhinolophe (<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>)	Murin à moustaches (<i>Myotis mystacinus</i>)
Petit rhinolophe (<i>Rhinolophus hipposideros</i>)	Murin de Natterer (<i>Myotis nattereri</i>)
Barbastelle d'Europe (<i>Barbastella barbastellus</i>)	Grande Noctule (<i>Nyctalus lasiopterus</i>)
Sérotine de Nelson (<i>Eptesicus nilssonii</i>)	Noctule de Leisler (<i>Nyctalus leisleri</i>)
Sérotine commune (<i>Eptesicus serotinus</i>)	Noctule commune (<i>Nyctalus noctula</i>)
Sérotine bicolore (<i>Vespertilio murinus</i>)	Pipistrelle de Kuhl (<i>Pipistrellus kuhlii</i>)
Murin d'Alcathoe (<i>Myotis alcathoe</i>)	Pipistrelle de Nathusius (<i>Pipistrellus nathusii</i>)
Murin de Bechstein (<i>Myotis bechsteinii</i>)	Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)
Murin de Brandt (<i>Myotis brandtii</i>)	Pipistrelle pygmée (<i>Pipistrellus pygmaeus</i>)
Murin de Daubenton (<i>Myotis daubentonii</i>)	Oreillard roux (<i>Plecotus auritus</i>)
Murin à oreilles échanquées (<i>Myotis emarginatus</i>)	Oreillard gris (<i>Plecotus austriacus</i>)
Grand Murin (<i>Myotis myotis</i>)	

Avifaune :

Autour des palombes (<i>Accipiter gentilis</i>)	Pie-grièche grise (<i>Lanius excubitor</i>)
Épervier d'Europe (<i>Accipiter nisus</i>)	Pie-grièche à tête rousse (<i>Lanius senator</i>)

2/6

Rousserolle turdoïde (<i>Acrocephalus arundinaceus</i>)	Goéland argenté (<i>Larus argentatus</i>)
Rousserolle verderolle (<i>Acrocephalus palustris</i>)	Goéland cendré (<i>Larus canus</i>)
Phragmite des joncs (<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>)	Goéland brun (<i>Larus fuscus</i>)
Rousserolle effarvatte (<i>Acrocephalus scirpaceus</i>)	Goéland marin (<i>Larus marinus</i>)
Chevalier guignette (<i>Actitis hypoleucos</i>)	Goéland leucophée (<i>Larus michahellis</i>)
Mésange (orite) à longue queue (<i>Aegithalos caudatus</i>)	Linotte mélodieuse (<i>Linaria cannabina</i>)
Martin-pêcheur d'Europe (<i>Alcedo atthis</i>)	Locustelle lusciniôïde (<i>Locustella luscinioides</i>)
Pipit farlouse (<i>Anthus pratensis</i>)	Locustelle tachetée (<i>Locustella naevia</i>)
Pipit spinoletta (<i>Anthus spioncelle</i>)	Mésange huppée (<i>Lophophanes cristatus</i>)
Pipit des arbres (<i>Anthus trivialis</i>)	Bec-croisé des sapins (<i>Loxia curvirostra</i>)
Martinet noir (<i>Apus apus</i>)	Alouette lulu (<i>Lullula arborea</i>)
Grande aigrette (<i>Ardea alba</i>)	Rosignol philomèle (<i>Luscinia megarhynchos</i>)
Héron cendré (<i>Ardea cinerea</i>)	Harle piette (<i>Mergellus albellus</i>)
Héron pourpré (<i>Ardea purpurea</i>)	Harle bièvre (<i>Mergellus merganser</i>)
Tourneperre à collier, Pluvier des Salines (<i>Arenaria interpres</i>)	Harle huppée (<i>Mergellus serrator</i>)
Hibou des marais (<i>Asio flammeus</i>)	Guêpier d'Europe (<i>Merops apisater</i>)
Hibou moyen-duc (<i>Asio otus</i>)	Milan noir (<i>Milvus migrans</i>)
Chouette chevêche (d'Athéna) (<i>Athene noctua</i>)	Milan royal (<i>Milvus milvus</i>)
Fuligule nyroca (<i>Aythya nyroca</i>)	Bergeronnette grise (<i>Motacilla alba alba</i>)
Bernache cravant (<i>Branta bernicla</i>)	Bergeronnette grise (<i>Motacilla alba</i>)
Bernache nonnette (<i>Branta leucopsis</i>)	Bergeronnette des ruisseaux (<i>Motacilla cinerea</i>)
Héron garde-boeufs, Pique boeufs (<i>Bubulcus ibis</i>)	Bergeronnette printanière (<i>Motacilla flava</i>)
Oedicnème criard (<i>Burhinus oedicnemus</i>)	Bergeronnette de Yarrell (<i>Motacilla yarrellii</i>)
Buse variable (<i>Buteo buteo</i>)	Gobemouche gris (<i>Muscicapa striata</i>)
Alouette calandrelle (<i>Calandrella brachydactyla</i>)	Héron bihoreau, Bihoreau gris (<i>Nycticorax nycticorax</i>)
Bécasseau variable (<i>Calidris alpina</i>)	Traquet motteux (<i>Oenanthe oenanthe</i>)
Bécasseau cocorli (<i>Calidris ferruginea</i>)	Loriot d'Europe (jaune) (<i>Oriolus oriolus</i>)
Bécasseau minute (<i>Calidris minuta</i>)	Hibou petit-duc, Petit-duc scops (<i>Otus scops</i>)
Engoulevent d'Europe (<i>Caprimulgus europaeus</i>)	Balbuzard pêcheur (<i>Pandion haliaetus</i>)
Chardonneret élégant (<i>Carduelis carduelis</i>)	Mésange charbonnière (<i>Parus major</i>)
Grimpereau des jardins (<i>Certhia brachydactyla</i>)	Moineau domestique (<i>Passer domesticus</i>)
Grimpereau des bois (<i>Certhia familiaris</i>)	Moineau friquet (<i>Passer montanus</i>)
Bouscarle de Cetti (<i>Cettia cetti</i>)	Mésange noire (<i>Periparus ater</i>)
Petit Gravelot (<i>Charadrius dubius</i>)	Bondrée apivore (<i>Pernis apivorus</i>)
Grand Gravelot (<i>Charadrius hiaticula</i>)	Grand cormoran (<i>Phalacrocorax carbo</i>)
Guifette moustac (<i>Chlidonias hybrida</i>)	Rougequeue noir (<i>Phoenicurus ochruros</i>)
Guifette noire (<i>Chlidonias niger</i>)	Rougequeue à front blanc (<i>Phoenicurus</i>

3/6

	<i>phoenicurus</i>)
Verdier d'Europe (<i>Chloris chloris</i>)	Pouillot de Bonelli (<i>Phylloscopus bonelli</i>)
Mouette rieuse (<i>Chroicocephalus ridibundus</i>)	Pouillot véloce (<i>Phylloscopus collybita</i>)
Cigogne blanche (<i>Ciconia ciconias</i>)	Pouillot siffleur (<i>Phylloscopus sibilatrix</i>)
Cigogne noire (<i>Ciconia nigra</i>)	Pouillot fitis (<i>Phylloscopus trochilus</i>)
Circaète Jean-le-Blanc (<i>Circaetus gallicus</i>)	Pic cendré (<i>Picus canus</i>)
Busard des roseaux (<i>Circus aeruginosus</i>)	Pic vert, pivert (<i>Picus viridis</i>)
Busard Saint-Martin (<i>Circus cyaneus</i>)	Spatule blanche (<i>Platalea leucorodia</i>)
Busard cendré (<i>Circus pygargus</i>)	Bruant des neiges (<i>Plectrophenax nivalis</i>)
Cisticole des joncs (<i>Cisticola juncidis</i>)	Ibis falcinelle (<i>Plagadis falcinellus</i>)
Grobec casse-noyaux (<i>Coccothraustes coccothraustes</i>)	Grèbe esclavon (<i>Podiceps auritus</i>)
Grand corbeau (<i>Corvus corax</i>)	Grèbe huppé (<i>Podiceps cristatus</i>)
Choucas des tours (<i>Corvus monedula</i>)	Grèbe jougris (<i>Podiceps grisegena</i>)
Coucou gris (<i>Cuculus canorus</i>)	Grèbe à cou noir (<i>Podiceps nigricollis</i>)
Mésange bleue (<i>Cyaniste caeruleus</i>)	Mésange boréale (<i>Poecile montanus</i>)
Cygne tuberculé (<i>Cygnus olor</i>)	Mésange nonnette (<i>Poecile palustris</i>)
Hirondelle de fenêtre (<i>Delichon urbicum</i>)	Poule sultane, Talève sultane, Porphyrio bleu (<i>Porphyrio porphyrio</i>)
Pic épeiche (<i>Dendrocopos major</i>)	Marouette ponctuée (<i>Porzana porzana</i>)
Pic mar (<i>Dendrocopos medius</i>)	Accenteur mouchet (<i>Prunella modularis</i>)
Pic épeichette (<i>Dendrocopos minor</i>)	Bouvreuil pivoine (<i>Pyrrhula pyrrhula</i>)
Pic noir (<i>Dryocopus martius</i>)	Avocette élégante (<i>Recurvirostra avocetta</i>)
Aigrette garzette (<i>Egretta garzetta</i>)	Roitelet à triple bandeau (<i>Regulus ignicapilla</i>)
Élanion blanc (<i>Elanus caeruleus</i>)	Roitelet huppé (<i>Regulus regulus</i>)
Bruant proyer (<i>Emberiza calandra</i>)	Hirondelle de rivage (<i>Riparia riparia</i>)
Bruant zizi (<i>Emberiza cirius</i>)	Mouette tridactyle (<i>Rissa tridactyla</i>)
Bruant jaune (<i>Emberiza citrinella</i>)	Traquet tarier, Tarier des prés (<i>Saxicola rubetra</i>)
Bruant des roseaux (<i>Emberiza schoeniclus</i>)	Tarier pâtre (<i>Saxicola rubicola</i>)
Rouge-gorge familier (<i>Erithacus rubecula</i>)	Serin cini (<i>Serinus serinus</i>)
Pluvier guignard (<i>Eudromias morinellus</i>)	Sittelle torchepot (<i>Sitta europea</i>)
Faucon émerillon (<i>Falco columbarius</i>)	Sterne pierregarin (<i>Sterna hirundo</i>)
Faucon pèlerin (<i>Falco peregrinus</i>)	Sterne naine (<i>Sternula albifrons</i>)
Faucon hobereau (<i>Falco subbuteo</i>)	Chouette hulotte (<i>Strix aluco</i>)
Faucon crécerelle (<i>Falco tinnunculus</i>)	Fauvette à tête noire (<i>Sylvia atricapilla</i>)
Gobemouche noir (<i>Ficedula hypoleuca</i>)	Fauvette des jardins (<i>Sylvia borin</i>)
Pinson des arbres (<i>Fringilla coelebs</i>)	Fauvette passerinette (<i>Sylvia cantillans</i>)
Pinson du nord (des Ardennes) (<i>Fringilla montifringilla</i>)	Fauvette grisette (<i>Sylvia communis</i>)
Cochevis huppé (<i>Galerida cristata</i>)	Fauvette babillarde (<i>Sylvia curruca</i>)
Plongeon arctique (<i>Gavia arctica</i>)	Fauvette pitchou (<i>Sylvia undata</i>)

4/6



Plongeon imbrin (<i>Gavia immer</i>)	Grèbe castagneux (<i>Tachybaptus ruficollis</i>)
Plongeon catmarin (<i>Gavia stellata</i>)	Tadorne de Belon (<i>Tadorna tadorna</i>)
Grue cendrée (<i>Grus grus</i>)	Tichodrome échelette (<i>Tichodroma muraria</i>)
Aigle botté (<i>Hieraaetus pennatus</i>)	Chevalier sylvain (<i>Tringa glareola</i>)
Echasse blanche (<i>Himantopus himantopus</i>)	Chevalier culblanc (<i>Tringa ochropus</i>)
Hypolaïs polyglotte, Petit contrefaisant (<i>Hippolaïs polyglotta</i>)	Troglodyte mignon (<i>Troglodytes troglodytes</i>)
Hirondelle rustique (de cheminée) (<i>Hirundo rustica</i>)	Merle à plastron (<i>Turdus torquatus</i>)
Mouette mélanocéphale (<i>Ichthyophaga melanocephalus</i>)	Chouette effraie, Effraie des clochers (<i>Tyto alba</i>)
Torcol fourmilier (<i>Jynx torquilla</i>)	Huppe fasciée (<i>Upupa epops</i>)
Pie-grièche écorcheur (<i>Lanius collurio</i>)	

L'Outarde canepetière (*Tetrax tetrax*) n'est pas concernée car il s'agit d'une espèce absente du Loiret.

ARTICLE 3 – Conditions de la dérogation

La présente dérogation est délivrée, pour le département du Loiret.

La liste des parcs éoliens qui feront l'objet d'un suivi annuel, ainsi que la liste des personnels en sous traitance d'ECOSPHERE feront l'objet d'une déclaration annuelle auprès des services de la DDT du Loiret ainsi que de la DREAL Centre-Val de Loire dès qu'ils seront connus et avant le début de chaque campagne.

Les cadavres de spécimens des espèces susvisées seront collectés manuellement, transportés et conservés à l'Agence Centre-Ouest d'ECOSPHERE, le temps de leur identification.

Ils pourront être déposés au Muséum de Bourges, pour analyse isotopique, afin de compléter l'étude portant sur l'origine géographique des spécimens impactés.

ECOSPHERE s'engage à appliquer le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres élaboré sous la responsabilité du MTES (contrôle de toutes les éoliennes pour les parcs de moins de 8 éoliennes, avec un minimum de 20 passages entre mi-mai et fin octobre).

ARTICLE 4 – Mesures de suivi

Un rapport des actions menées sera transmis, annuellement, dès la fin des opérations :

- à la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement du Centre-Val de Loire, service de l'eau et de la biodiversité, 5 avenue Buffon, CS 96407, 45064 ORLEANS Cedex 2,

- à la Préfecture du Loiret, Direction Départementale des Territoires, service eau, environnement et forêt, 181 rue de Bourgogne, 45042 Orléans Cedex.

Ce bilan comprendra a minima : un rappel du contexte de la dérogation, les espèces concernées, les dates ou les périodes des suivis réalisés et les effectifs observés lors des relevés ainsi que les distances par rapport aux éoliennes et l'état des cadavres.

ARTICLE 5 – Durée de réalisation des activités bénéficiant de la dérogation

La présente dérogation est accordée, pour la réalisation des activités visées aux articles 2 et 3 à compter de la date de notification du présent arrêté et jusqu'au 31 décembre 2021.

.../...

ARTICLE 6 – Autres procédures

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

ARTICLE 7 – Mesures de contrôle

La mise en œuvre des dispositions visées aux articles 3 et 4 du présent arrêté peut faire l'objet de contrôle par les agents chargés de constater les infractions mentionnées à l'article L 415-3 du Code de l'environnement.

ARTICLE 8 – Sanctions

Le non respect des dispositions du présent arrêté est puni des sanctions prévues à l'article L 415-3 du Code de l'environnement.

ARTICLE 9 – Le Secrétaire Général de la Préfecture du Loiret et le Directeur Départemental des Territoires sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté qui sera publié au Recueil des Actes Administratifs du Loiret et dont une copie sera notifiée au Directeur d'ECOSPHERE, au Directeur Régional de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement du Centre-Val de Loire, au Chef du service départemental de l'Office Français de la Biodiversité, au commandant du Groupement de Gendarmerie du Loiret et à Mme la Ministre de la Transition Écologique.

à Orléans, le 29 juillet 2021

La Préfète,
Pour la Préfète et par délégation,
Pour le Directeur Départemental des Territoires,
La Cheffe du Pôle Forêt, Chasse, Pêche et Biodiversité,



Véronique LE HER

Dans un délai de deux mois à compter de la date de notification ou de publication du présent acte, les recours suivants peuvent être introduits, conformément aux dispositions de l'article R. 421-1 et suivants du code de justice administrative et du livre IV du code des relations entre le public et l'administration :

- un recours gracieux, adressé à : Mme la Préfète du Loiret, Service de la Coordination Interministérielle, Mission Affaires Générales - 181 rue de Bourgogne, 45042 ORLEANS CEDEX,
- un recours hiérarchique, adressé au(x) ministre(s) concerné(s) ;

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 recours.

- un recours contentieux, en saisissant le Tribunal Administratif - 28, rue de la Bretonnerie 45057 Orléans Cedex 1

Le tribunal administratif peut également être saisi par l'application informatique Télérecours accessible par le site internet www.telerecours.fr