



Parc éolien du Bois de l'Arche (28)

Suivi post-implantation 2022

V2

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

12/06/2023



INFORMATIONS & CONTACTS ●●●

Parc éolien du Bois de l'Arche (28) Suivi post-implantation 2022

Étude réalisée pour : ERG France SARL

🏠 5 rue Blaise Pascal
28000 CHARTRES
☎ 04 27 04 50 49

👤 **Adnane ABDELMOULA**
📞 +33 (0)7 72 16 21 31
@ aabdelmoula@erg.eu

Étude réalisée par : ÉCOSPHÈRE Agence Centre-Bourgogne

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

Coordination, contrôle qualité

Manon ACQUEBERGE
*Chargée d'étude faune, coordinatrice suivis
post-implantation agence*

Suivi de mortalité

Elise ANDRE, Iserette ANDRE, Hugo AUCLAIR,
Bastien CORNIAUX, Fabien FERNANDEZ,
Nidal ISSA, Virgile SCHON
Chargés d'études faune

Analyses faunistiques

Bastien CORNIAUX, Hugo AUCLAIR
Chargés d'études faune

SIG et cartographie

Ulysse BOURGEOIS
Géomaticien

CONTEXTE ●●●

Le parc éolien du Bois de l'Arche est constitué de 5 éoliennes de type Nordex N90/2300. Il a été mis en service en avril 2006. Ce parc se situe sur la commune de Beauvilliers, dans le département de l'Eure-et-Loir (28), en contexte agricole.

Un suivi post-implantation a été réalisé sur le parc du Bois de l'Arche, en 2015, aboutissant à la détermination d'algorithmes de bridage nocturne.

Afin de se conformer à la réglementation ICPE, la société ERG France souhaite faire réaliser un second suivi de mortalité, afin de vérifier l'efficacité des paramètres retenus pour ces premiers algorithmes de bridage.

Mission d'Écosphère :

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

- Réaliser un suivi acoustique en continu à hauteur de nacelle sur une éolienne, pendant la période d'activité des chauves-souris (de mi-avril à mi-novembre, soit 7 mois) ;
- Effectuer des recherches de cadavres au sol de mi-mai à fin octobre (soit 5 mois et demi) ;
- Évaluer les impacts par collision ou barotraumatisme ;
- Proposer le cas échéant des mesures de réduction proportionnées.

Citation recommandée :

Ecosphère, 2023. Suivi environnemental du parc du Bois de l'Arche (28) – année 2022. ERG France SARL, Ecosphère, Orléans, 57 p.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, hors du cadre des besoins de la présente étude, et faite sans le consentement de l'entreprise auteur est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L.122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal.

Référence interne étude : « Beauvilliers Eol Sv 22 ».

SOMMAIRE

INFORMATIONS & CONTACTS	2
CONTEXTE	2
SOMMAIRE	3
RESUME	4
1. CADRE TECHNIQUE ET REGLEMENTAIRE D'UN SUIVI POST-IMPLANTATION	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 ET DES SUIVIS POST-IMPLANTATION...	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.....	19
3.4 METHODE DE DEFINITION DES IMPACTS ET DES MESURES DE REDUCTION ADAPTEES AU PARC	21
4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE	22
4.1 VALIDITE DU MATERIEL UTILISE	22
4.2 DESCRIPTION DES ACTIVITES ENREGISTREES	22
4.3 SYNTHESE ET EVALUATION DES ACTIVITES.....	25
4.4 REPARTITION DE L'ACTIVITE SELON L'HEURE DE LA NUIT	26
4.5 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LES VITESSES DE VENT.....	27
4.6 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LA TEMPERATURE	27
4.7 CONCLUSION DU SUIVI ACOUSTIQUE A HAUTEUR DE NACELLE.....	27
5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE MORTALITE	28
5.1 RESULTATS BRUTS.....	28
5.2 VARIABLES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE	31
5.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE	34
5.4 CONCLUSION DU SUIVI DE LA MORTALITE	35
6. EVALUATION DES IMPACTS PAR COLLISION ET BAROTRAUMATISME	37
6.1 OISEAUX	37
6.2 CHAUVES-SOURIS	37
6.3 ELEMENTS DE COMPARAISON AVEC LE PRECEDENT SUIVI DE MORTALITE (2015)	39
7. MESURES DE REDUCTION DES RISQUES DE COLLISION	40
7.1 PROTECTION DES CHAUVES-SOURIS FREQUENTANT LE PARC PAR UN BRIDAGE NOCTURNE DIFFERENCIE	40
8. SUIVI DE L'EFFICACITE DES MESURES	41
9. BIBLIOGRAPHIE	42
ANNEXE 1 : DATES DE PROSPECTION DU SUIVI DE MORTALITE ET DES TESTS ASSOCIES	47
ANNEXE 2 : SURFACES PROSPECTEES PAR EOLIENNE AU COURS DU SUIVI	48

ANNEXE 3 : SYNTHESE DES CADAVRES DECOUVERTS LORS DU SUIVI DE MORTALITE	49
ANNEXE 4 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR D'EOLAPP	50
ANNEXE 5 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR DE GENEST	51
ANNEXE 6 : PARAMETRES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE AVEC GENEST 53	
ANNEXE 7 : DEMANDE DE DEROGATION POUR LA CAPTURE OU L'ENLEVEMENT DE CADAVRES ; PROTEGES	54



Ce résumé présente les éléments essentiels à retenir, exposés de manière synthétique, et 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 du Bois de l'Arche est situé au sud-est du département de l'Eure-et-Loir (28), à environ 17 km au sud-est de Chartres, 30 km au nord-est de Châteaudun et 43 km au nord-ouest d'Orléans. La ligne TGV Paris-Tours passe au milieu du parc.

Ce parc, composé de 5 éoliennes, s'inscrit dans le contexte beauceron, dans un secteur de cultures intensives. Quelques boisements ponctuent cette matrice très agricole.

Le parc du Bois de l'Arche a été mis en service en avril 2006. Un suivi post-implantation, composé uniquement d'un suivi de la mortalité, a été réalisé en 2015. Celui-ci a conclu à la mise en place d'un bridage sur le parc (un bridage des éoliennes BdA1 et BdA5 a été préconisé, entre le 15 juillet et le 30 septembre, sur les 6 premières heures de la nuit et pour des vitesses de vent moyennes inférieures à 6 m/s).

Un deuxième suivi (mortalité et nacelle) a été réalisé au cours de l'année 2022 afin de vérifier l'efficacité des mesures correctives.

❖ Méthodes de travail

Suivi à hauteur de nacelle

Un Batmode S+ a été installé sur l'éolienne BdA1 et a fonctionné **du 14 avril au 24 novembre 2022**.

Pour le suivi acoustique sur l'éolienne BdA1, **le micro a été pleinement opérationnel du début à la fin du suivi.**

Mortalité

Les 5 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. **Un total de 33 passages a été réalisé pour chaque éolienne. Ces passages sont répartis entre le 17 mai et le 28 octobre 2022** (semaines 20 à 43), avec un **intervalle moyen entre les passages de 5,1 jours**.

Les prospections ont été effectuées dans un rayon de **50 mètres** autour des mâts des machines.

Trois tests de persistance ont été réalisés (date de dépose des cadavres : 30/05/2022, 01/06/2022 et 05/09/2022) avec un suivi de la persistance des 3 à 6 leurres répartis autour des 5 éoliennes du parc à J+1, J+2, J+3, J+7, J+10 et J+14. **Les tests d'efficacité** des observateurs (13/06/22 et 06/09/22) ont consisté en la dépose de 141 leurres sur les différentes zones prospectables autour des éoliennes.

Les résultats bruts sont corrigés grâce aux applications EolApp (permettant d'obtenir les formules d'Huso et Jones avec leur intervalle de confiance, conformément aux préconisations du protocole

national de 2018) et **GenEst** (permettant d'obtenir des résultats plus fins et mieux adaptés aux conditions stationnelles, également sous la forme d'une médiane avec intervalle de confiance).

❖ Résultats du suivi acoustique à hauteur de nacelle

Au total, durant ce suivi 2022, **2008 contacts de chauves-souris** ont été enregistrés par le Batmode S+ au niveau de l'éolienne BdA1. Les espèces les plus contactées sont dans l'ordre **la Pipistrelle commune, la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Kuhl**. Les mois de juin et de juillet sont les plus fréquentés dus à des pics d'activité, mais les mois d'août et de septembre sont fréquentés de manière plus homogène par l'ensemble des espèces de chiroptères. **Au total, 259 contacts de Noctule commune ont été enregistrés durant le suivi, dont 190 au mois d'août**. Ces résultats démontrent une importante fréquentation de cette espèce sur le parc, notamment à cette période. Les Pipistrelles de Nathusius sont quant à elles très présentes au moins de juin, où 171 contacts ont été enregistrés.

❖ Résultats du suivi de la mortalité

Résultats bruts

La mortalité constatée en 2022 se compose de :

- **7 oiseaux appartenant à au moins 4 espèces** : 3 Pigeons ramiers [locaux], 1 Etourneau sansonnet [local ou migrateur], 1 Tourterelle des bois [migratrice], 1 Pie bavarde [locale] et 1 oiseau indéterminé [local ou migrateur] ;
- **1 chiroptère** : 1 Noctule commune [locale ou migratrice].

Les cadavres découverts sur le parc du Bois de l'Arche sont distribués de manière hétérogène entre les éoliennes. **L'unique cadavre de chiroptère trouvé cette année a été impacté par l'éolienne la plus proche d'une lisière (BdA2). Aucun élément du paysage ne permet d'expliquer de manière évidente la distribution des cadavres d'oiseaux.**

Persistance des cadavres

Les tests de persistance réalisés à partir de 67 cadavres montrent **un taux de persistance de 0 % à j+7 (en période 1) et 3 % à j+4 (en période 2)**.

La persistance est très faible sur le parc du Bois de l'Arche, en particulier de mi-mai à fin juillet. A cette période, l'intervalle entre les passages (un passage tous les 6,9 j) induit d'**importants biais** liés à la disparition rapide des cadavres. Entre début août et fin octobre, la persistance augmente, même si elle reste faible. L'intervalle modéré entre les passages (un passage tous les 4,3 j) permet d'obtenir des estimations plus fiables et de ne pas trop augmenter le degré d'imprécision.

DéTECTABILITÉ (efficacité de l'observateur)

Le taux d'efficacité (ou de détection) est de 0,89 pour la période 1 et de 0,78 pour la période 2.

Le taux moyen de détection est considéré comme bon, avec une médiane de 83 % [IC 80 % : 79 % - 87 %] de leurres découverts sur l'ensemble de la période de prospection. Classiquement, on notera que la détectabilité est moins bonne dans les surfaces de moyenne visibilité.

Surface prospectée

La surface de prospection sur l'ensemble du parc pour toute la période suivie est bonne. Elle est très bonne au cours de la seconde période, qui constitue la majorité des passages effectués. Cette surface est plus faible pour la première période (période avant moissons). En période 1, plusieurs éoliennes ont une surface moyenne prospectée inférieure à 40 %, ce qui n'autorise pas des estimations statistiques robustes.

Estimations de la mortalité

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

Ils ont également été analysés à partir de l'application GenEst, développée par Huso & Dalthorp (USGS). Les résultats obtenus avec cette seconde méthode ont été conservés car elle permet un ajustement plus fin aux conditions réelles de suivi.

Ainsi, l'estimation de la mortalité réelle aboutit à des valeurs médianes de la mortalité d'environ **76 oiseaux [IC 80 % : 39 – 122] sur l'ensemble du suivi** (mi-mai – fin octobre) dont **34 [IC 80 % : 14 - 65] en période 2** (août à octobre). Un seul cadavre de chauve-souris a été recensé sur le parc du Bois de l'Arche en 2022. Aucune estimation de la mortalité chiroptérologique n'a donc été retenue, du fait d'un échantillon statistique trop faible.

❖ Evaluation des impacts par collision

Pour les oiseaux, le niveau d'impact est faible à négligeable pour les différentes espèces détectées (faible pour la Tourterelle des bois, négligeable pour les autres espèces). Le niveau d'impact pour les oiseaux (toutes espèces confondues) est négligeable sur l'ensemble de la période suivie en 2022 (mi-mai à fin octobre), sauf en septembre, où le niveau d'impact est faible.

Pour les chauves-souris, le niveau d'impact est moyen pour la Noctule commune. Le niveau d'impact chiroptérologique est ainsi moyen en juillet et en août, faible en septembre et négligeable sur le reste de la période suivie.

❖ Mesures de réduction des risques de collision, de suivi et d'accompagnement

Bridage nocturne

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

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

La mortalité résiduelle constatée en 2022 est significative pour les chiroptères. Le niveau d'impact est moyen en juillet et en août. Ce niveau d'impact est par ailleurs faible en septembre.

Ainsi, le bridage est à renforcer. Le tableau ci-dessous détermine pour chaque mois les paramètres de bridage à établir afin de réduire les niveaux d'impact pour les chauves-souris, à partir de 2023.

Préconisations de bridage pour réduire les risques de collision des chiroptères issues du suivi de 2022, en incluant la température à hauteur de nacelle et la durée du bridage à la suite de l'heure du coucher du soleil

(niveau d'impact : blanc : négligeable (= non significatif) ; gris = faible ; jaune = moyen)

Mois	Bridage appliqué depuis 2015	Bridage à appliquer en 2023
Janvier à juin	Aucun bridage	Aucun bridage
Juillet Durée de la nuit [8h-9h] Août Durée de la nuit [9h-11h30]	Début : mi-juillet ≤ 6 m/s 6 premières heures de la nuit Pas de température Eoliennes BdA1 et BdA5	Début : 1^{er} juillet ≤ 4,5 m/s 6 premières heures de la nuit Pas de température Toutes les éoliennes Protection estimée toutes espèces : 84 % Protection estimée Noctule commune : 80 %
Septembre Durée de la nuit [11h30-12h30]	Protection estimée toutes espèces : 79 % Protection estimée Noctule commune : 87 % Ces taux de protection ne concernent que les éoliennes bridées	≤ 6 m/s 6 premières heures de la nuit Pas de température Toutes les éoliennes Protection estimée toutes espèces : 54 % Protection estimée Noctule commune : 71 %
Octobre à décembre	Aucun bridage	Aucun bridage

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 identifiées sur le parc du Bois de l'Arche, nous estimons qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives préconisées en fin de suivi par un autre suivi de mortalité entre juillet et septembre 2023, couplé à un suivi chiroptérologique à hauteur de nacelle, afin d'ajuster au mieux les paramètres du bridage.

Compte tenu d'un taux de persistance particulièrement faible des cadavres sur le parc, il semble pertinent d'effectuer 2 passages par semaine pour le suivi de mortalité de 2023 (1 passage tous les 3,5 jours).

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

1.1 CADRE REGLEMENTAIRE

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

« Au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis une fois tous les dix ans, l'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs. Lorsqu'un protocole de suivi environnemental est reconnu par le ministre chargé des installations classées, le suivi mis en place par l'exploitant est conforme à ce protocole. Ce suivi est tenu à disposition de l'inspection des installations classées ».

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

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

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

1.2 DEFINITION DU PROTOCOLE NATIONAL

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

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

base, une décision ministérielle a été publiée le 5 avril 2018¹ 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 du Bois de l'Arche, le suivi ayant été contractualisé en mars 2022 et débuté en avril 2022, les préconisations du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) s'y appliquent.

Le parc du Bois de l'Arche a été mis en service en avril 2006. Un suivi post-implantation, composé uniquement d'un suivi de la mortalité, a été réalisé en 2015. Celui-ci a conclu à la mise en place d'un bridage sur le parc.

Un deuxième suivi (mortalité et nacelle) a été réalisé au cours de l'année 2022 afin de vérifier l'efficacité des mesures correctives.

¹ 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 du Bois de l'Arche est situé au sud-est du département de l'Eure-et-Loir (28), à environ 17 km au sud-est de Chartres, 30 km au nord-est de Châteaudun et 43 km au nord-ouest d'Orléans. La ligne TGV Paris-Tours passe au milieu du parc.

Ce parc s'inscrit dans le contexte beauceron, dans un secteur de cultures intensives. Quelques boisements ponctuent cette matrice très agricole.



Vue du contexte paysager aux abords de l'éolienne BdA5 (B. Corniaux, Ecosphère)



Vue du contexte paysager aux abords de l'éolienne BdA2 (I. André, Ecosphère)

2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES

Le parc éolien du Bois de l'Arche est composé de 5 éoliennes, mises en service en avril 2006. Leurs caractéristiques techniques sont résumées dans les tableaux suivants.

Caractéristiques du parc du « Bois de l'Arche »

Date de mise en service	Avril 2006
Modèle	Nordex N90/2300
Nombre d'éoliennes	5
Développeur	ERG Renew
Puissance cumulée	11 500 kW
Commune	Beauvilliers (28150)

Caractéristiques des éoliennes Nordex 90/2300KW

Hauteur du moyeu	80 m
Diamètre du rotor	90 m
Garde au sol	35 m
Zone de balayage du rotor	6 362 m ²
Puissance nominale	2 300 kW
Vitesse de connexion (cut-in wind speed)	3 m/s
Vitesse max d'arrêt (10 min en moyenne)	25 m/s



Eolienne BdA5



Eolienne BdA4



Eolienne BdA3



Eolienne BdA3



Eolienne BdA2



Eolienne BdA1

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

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

2.3.1 RAPPEL DE L'ETUDE D'IMPACT

L'étude d'impact écologique a été réalisée en 2002 par l'association Loiret Nature Environnement (les Naturalistes orléanais), en collaboration avec Eure-et-Loir Nature. Les principaux groupes étudiés étaient la flore, l'avifaune et les mammifères terrestres.

Concernant l'avifaune, 47 espèces nicheuses (certaines et possibles) ont été identifiées. La majorité des espèces contactées étaient en réalité liées à des milieux autres que ceux présents sur l'espace agricole du site d'étude (bois et villages principalement). Le peuplement nicheur sur l'emprise du parc était très pauvre. En effet, celui-ci était limité à une dizaine d'espèces des milieux ouverts, nichant soit au sol dans les cultures, soit dans les haies résiduelles. Quatre espèces patrimoniales se reproduisaient dans le secteur : les Busards Saint-Martin et cendré, l'Alouette calandrelle et le Cochevis huppé.

En migration et en hivernage, des effectifs faibles ont été recensés. Peu d'espèces ont été observées. Il s'agissait principalement d'espèces de milieux ouverts (Vanneau huppé, Alouette des champs, pipits, bergeronnettes...).

Les chiroptères n'ont pas fait l'objet d'inventaires spécifiques. Quelques espèces étaient toutefois connues aux abords : le Petit Rhinolophe, le Grand Murin, l'Oreillard roux et la Pipistrelle commune.

D'après l'étude d'impact, les enjeux écologiques sur le site étaient faibles (biodiversité très faible, forte influence de l'agriculture intensive) à modérés (présence de quatre espèces patrimoniales).

Les impacts en phase travaux ont consisté en des destructions d'habitats (uniquement des espaces agricoles), des perturbations sonores et mécaniques.

Les impacts identifiés en phase exploitation sont des modifications d'habitats, des risques de collisions, ainsi qu'un effarouchement visuel et sonore. Le cumul de parcs éoliens et de lignes électriques proches augmente par ailleurs les risques de mortalité sur ces dernières.

Les mesures proposées étaient une optimisation de l'emplacement des éoliennes, l'évitement des périodes de reproduction pour la réalisation des travaux, une mise en herbe d'une partie des plateformes², un suivi de mortalité durant les premières années d'exploitation et un suivi de la fréquentation.

D'autres mesures ont été proposées sur un secteur plus large : soutien d'actions de suivi et de protection des busards en Beauce, parrainage de sites gérés par le Conservatoire du Patrimoine naturel de la Région Centre³, soutien aux agriculteurs et propriétaires dans des opérations de création de corridors biologiques ou encore enterrement de certaines lignes électriques.

2.3.2 SUIVI POST-IMPLANTATION 2015

Le suivi réalisé en 2015 sur le parc du Bois de l'Arche était uniquement constitué d'un suivi de la mortalité. Il a fait l'objet de **24 passages répartis entre le 09/04 et le 26/11/2015**, avec un intervalle de

² Cette mesure préconisée en 2002 n'est actuellement plus recommandée. Il est aujourd'hui établi qu'elle favorise d'une part le développement d'insectes, ce qui attire les chiroptères et les oiseaux sur des secteurs à risques, et qu'elle génère d'autre part un axe de déplacement pour ces mêmes espèces, pouvant entraîner des collisions.

³ Aujourd'hui Conservatoire d'espaces naturels Centre-Val de Loire

2 semaines entre chaque passage entre avril et juillet, puis un passage hebdomadaire entre août et octobre, et de nouveau un passage toutes les 2 semaines en novembre. Les recherches ont été réalisées dans un **rayon de 50 m** autour du mât. La surface moyenne de prospection n'a pas été définie précisément pour l'ensemble du suivi. Aucun test d'efficacité ou de de persistance n'a été mené en 2015.

13 cadavres ont été découverts tout au long du suivi, parmi lesquels :

- **4 chiroptères appartenant à 3 espèces** : 1 Noctule de Leisler [locale ou migratrice], 1 Pipistrelle commune [locale] et 2 Pipistrelles de Nathusius [migratrices] ;
- **9 oiseaux appartenant à au moins 4 espèces** : 2 Etourneaux sansonnets [locaux et migrateurs], 1 Faucon crécerelle [local], 2 Canards colverts [locaux], 2 roitelets indéterminés [Migrateurs], 1 canard indéterminé [statut indéfini] et 1 passereau indéterminé [statut indéfini].

Dans le détail, quatre cadavres ont été trouvés sous BdA1 (1 canard indéterminé, 1 roitelet indéterminé, 1 Noctule de Leisler et 1 Pipistrelle de Nathusius), quatre sous BdA3 (1 Etourneau sansonnet, 1 Faucon crécerelle, 1 passereau indéterminé et 1 Pipistrelle commune), deux sous BdA4 (1 Canard colvert et 1 roitelet indéterminé) et trois sous BdA5 (1 Canard colvert, 1 Etourneau sansonnet et 1 Pipistrelle de Nathusius).

Les résultats bruts de mortalité n'ont pas été corrigés selon les modèles statistiques habituellement utilisés (Erickson, Huso et Jones), du fait de l'ancienneté du suivi. Les estimations de mortalité ont été établies sur la base de coefficients correcteurs moyens, extraits de diverses publications et s'approchant des conditions locales du parc du Bois de l'Arche (contexte agricole intensif du nord de la France). **La mortalité a ainsi été estimée dans une fourchette comprise entre 2,1 et 6 cadavres par éolienne par an pour les chiroptères. Cette estimation était de 5,4 cadavres par éolienne par an pour les oiseaux.**

Aucun suivi acoustique à hauteur de nacelle n'a été réalisé en 2015 sur le parc du Bois de l'Arche.

Sur la base du suivi réalisé, l'impact du parc du Bois de l'Arche a été évalué à **faible sur les populations européennes d'oiseaux. L'impact du parc sur la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius était en revanche modéré.**

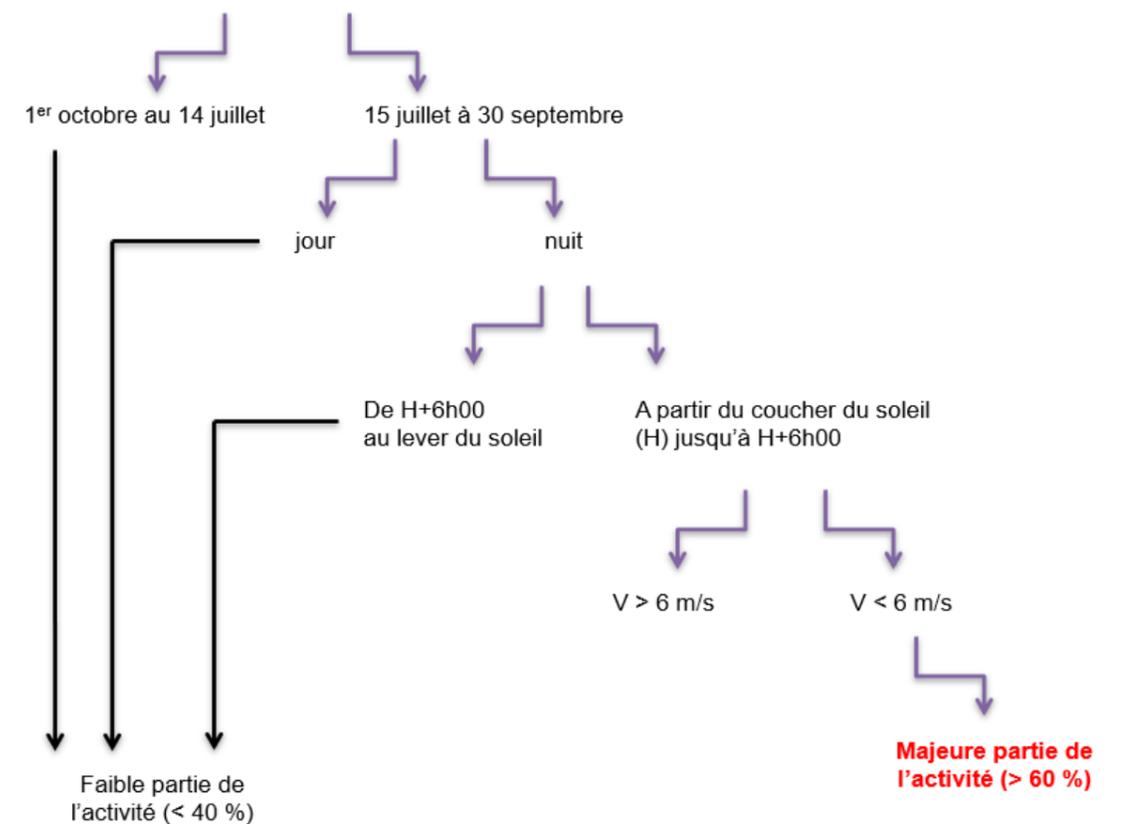
Un suivi acoustique en nacelle sur les trois saisons d'observations (printemps, été, automne) a été préconisé à l'issue du suivi post-implantation de 2015, afin de formuler un programme de régulation ajusté au parc du Bois de l'Arche.

En parallèle, **les éoliennes BdA1 et BdA5 ont fait l'objet d'une régulation. Un bridage des deux machines a été préconisé, entre le 15 juillet et le 30 septembre, sur les 6 premières heures de la nuit et pour des vitesses de vent moyennes inférieures à 6 m/s.**

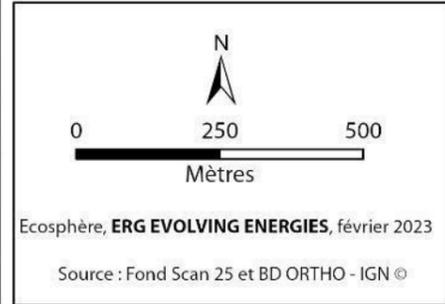
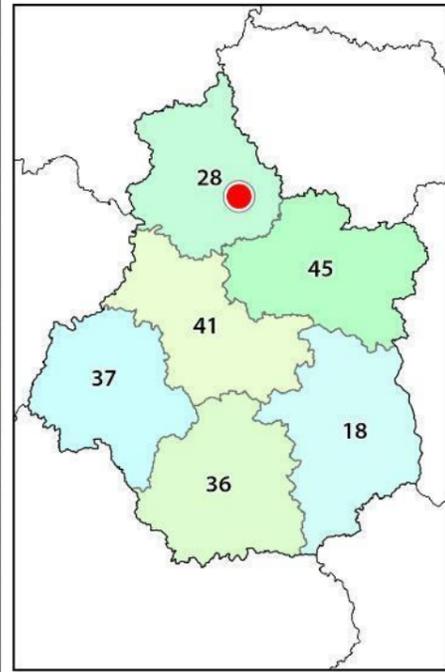
Ce bridage est résumé sur la figure suivante.

⁴ Les proportions d'activité protégée sont issues de valeurs bibliographiques (pas de suivi acoustique à hauteur de nacelle réalisé sur le parc du Bois de l'Arche en 2015). Elles sont donc à considérer avec précaution et sont surtout indiquées à titre informatif

Période d'activité des chauves-souris en hauteur (40 m ou plus)



Algorithme de bridage préconisé sur les éoliennes BdA1 et BdA5, issu du suivi post-implantation de 2015⁴



3. METHODES DE TRAVAIL

3.1 SUIVI DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE

Un suivi d'activité chiroptérologique en altitude a été mené en continu depuis la nacelle de l'éolienne BdA1. Cette méthode permet d'enregistrer l'activité à hauteur de pales, soit dans la zone la plus à risque pour les chauves-souris.



Exemple de Batmode S+ installé en nacelle (Écosphère)

L'éolienne BdA1 a été équipée d'un système de détection/enregistrement des ultrasons du 14 avril au 24 novembre 2022. L'appareil utilisé est un Batmode S+ de Bioacoustics technology GmbH™. Cet appareil enregistre les ultrasons au format WAV non compressé avec le micro de haute qualité « Ultrasound gate » d'Avisoft Bioacoustics™ et permet la connexion et le contrôle à distance du suivi (accès via internet, réseau mobile, Wifi). Les données recueillies ont ainsi permis d'apprécier le peuplement chiroptérologique présent sur le site sur plus de 7 mois consécutifs.

Ce détecteur-enregistreur automatique permet de capter dans toute la bande d'émission des chauves-souris. Dès qu'un ultrason est détecté, il est automatiquement enregistré. Les sonagrammes sont ensuite analysés par des experts à l'aide de logiciels de tri et de mesures de paramètres (Kaléidoscope pro et Batsound 4). Précisons que Kaléidoscope pro a été utilisé uniquement comme outil de tri de données et non comme système d'identification automatique car ce système peut facilement induire en erreur, malgré des avancées récentes pour certaines espèces⁵. En effet, des problèmes de discrimination des signaux de chauves-souris par rapport aux bruits existent encore et nécessitent de longues vérifications. Ce système manque donc encore de précision dans la détermination des espèces et les risques d'erreurs sont importants sans contrôle.

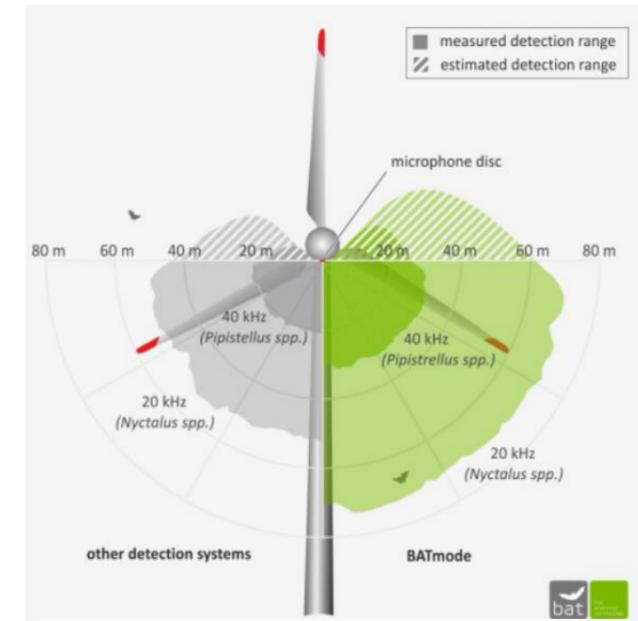
Simultanément aux enregistrements ultrasonores, les équipements intégrés de l'éolienne ont permis d'enregistrer les données météorologiques à hauteur de nacelle, telles que les vitesses de vent et la température. Celles-ci ont été utilisées dans les analyses de corrélation avec les activités afin de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

⁵ www.plume-de-naturalistes.fr/wp-content/uploads/2018/11/08_JAY_10-2018_Identification-chiropteres-SonoChiro_Plume2_99-118.pdf

3.1.1 LIMITES LIEES AU MATERIEL UTILISE

De manière générale, les résultats obtenus par le suivi d'activité chiroptérologique ne représentent qu'un échantillon pour un volume d'espace aérien donné d'une activité réelle, quelle qu'elle soit. Dans le cadre de ce suivi, le micro était placé à environ 80 m de hauteur et orienté dans une direction pointant vers le sol. Cela signifie que les cris venant d'autres directions n'ont pas forcément été perçus. De plus, le micro a un volume de détection qui dépend de plusieurs variables, mais dont les plus importantes sont les suivantes :

- **la sensibilité du micro** (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, étant donné 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. première figure).
- **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. seconde figure). Un test de calibration quotidien a automatiquement été effectué pour vérifier la qualité du micro tout au long du suivi.



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

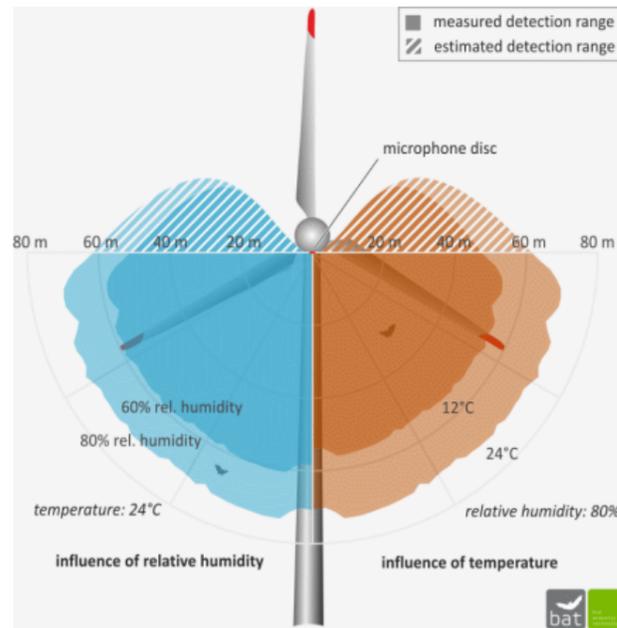


Schéma présentant les volumes de détection du micro « Ultrasoundgate » d'Avisoft Bioacoustics™ selon les conditions de température et d'humidité. Les couleurs foncées correspondent à la détection d'espèces émettant dans les 40 kHz (Pipistrelles), les claires aux espèces émettant dans les 20 kHz (Noctules,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

3.1.2 LIMITES LIÉES À L'IDENTIFICATION DES ESPÈCES

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. Dans certains cas, ils adoptent des signaux très semblables, rendant impossible toute discrimination spécifique. Ainsi, des associations d'espèces ont pu être constituées lorsque l'analyse des signaux n'a pu déboucher sur une identification spécifique :

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

Les autres espèces de bas vol comme les murins, rhinolophes et oreillards 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 MORTALITÉ DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX

3.2.1 PRESSION D'ÉCHANTILLONNAGE

3.2.1.1 Éoliennes suivies

Les 5 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

Afin de vérifier l'efficacité des mesures de régulation mises en place à partir de 2016, **un total de 33 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 2022. Pour rappel, l'activité chiroptérologique est presque nulle entre novembre et mars sous nos latitudes et le site ne présente pas d'intérêt particulier pour l'hivernage des espèces d'oiseaux sensibles au risque de collision.

Les passages ont été réalisés à raison d'un passage tous les 7 jours de mi-mai à fin août, puis de deux passages par semaine en septembre et en octobre (intervalle de 3,5 j). La fréquence des passages a été constante jusqu'à fin août, puis les passages ont été doublés en septembre et en octobre, afin de s'adapter à la faible persistance des cadavres sur le parc du Bois de l'Arche. **L'intervalle global moyen est de 5,1 j.**

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

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

- **entre avril et mi-juin**, période liée aux mouvements pré-nuptiaux notamment des noctules et de la Pipistrelle de Nathusius, à la migration pré-nuptiale, à la nidification des oiseaux et au début de la parturition des chauves-souris ;
- **entre mi-juin et juillet**, période liée à la dispersion des juvéniles et aux mouvements post-nuptiaux précoces des oiseaux (martinets...). Quelques espèces tardives achèvent leur reproduction en juillet. Courant juillet, les premiers vols des juvéniles d'oiseaux et de chauves-souris constituent une période à risque, ces animaux étant inexpérimentés ;
- **entre août et octobre**, période liée à la migration post-nuptiale. En août, on note de forts passages de chauves-souris migratrices (notamment les noctules) et de divers passereaux. C'est souvent à cette période que les cas de mortalité sont les plus nombreux. De nouveaux pics de passage sont enregistrés en septembre, avec les mouvements de Pipistrelle de Nathusius, aussi sensible 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.

3.2.2 RECUEIL DES DONNEES BRUTES DE MORTALITE

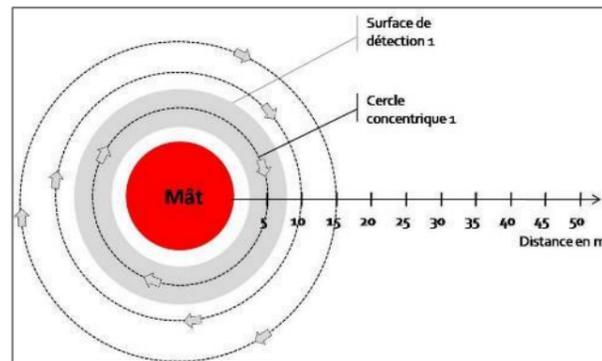
Le protocole d'étude directe de la mortalité implique la recherche de cadavres d'oiseaux et de chiroptères au sol.

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 du Bois de l'Arche, les prospections ont été effectuées dans un rayon de 50 mètres autour des mâts des machines.

Cette surface a été prospectée en réalisant des transects autour des mâts. Chaque transect est espacé de 5 m, 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 **10 transects pour s'éloigner au maximum de 50 mètres 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 également 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 => herbe des plateformes, labours grossiers, cultures lacunaires	Visibilité moyenne = prospectée

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

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



Classe de visibilité 3 (bonne) : plateforme



Classe de visibilité 2 (moyenne) : plateforme enherbée



Classe de visibilité 1 (faible à nulle ; non prospectée) : navets (I. André, H. Auclair, F. Fernandez, Ecosphère)



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

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

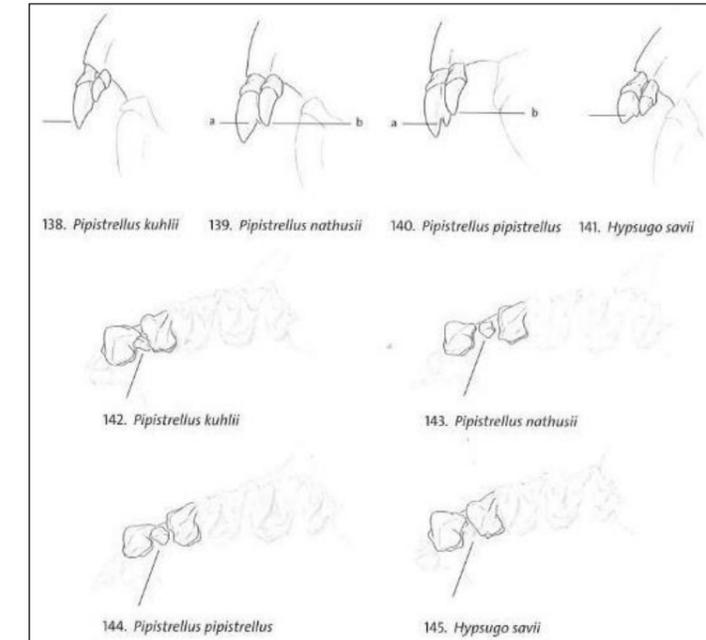
Dans ce cadre, la prise des différentes mesures biométriques nécessaires à l'identification n'est généralement possible qu'avec une manipulation du cadavre de chauve-souris, voire son prélèvement pour l'observation et les mesures de la dentition sous loupe binoculaire. S'agissant d'espèces protégées, 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 de l'Eure-et-Loir (Arrêté n° DDT-SGREB-PN 2022-033 ; annexe 7).

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

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

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

Les deux premières clés sont principalement utilisables pour des individus en bon (voire très bon) état, la troisième permet une identification à partir du crâne et tout particulièrement de la dentition. En effet, certaines espèces, même en bon état de conservation, sont difficilement identifiables avec certitude sans la dentition, en raison d'un haut degré de variabilité intraspécifique, comme c'est tout particulièrement le cas pour le genre *Pipistrellus*. L'identification de l'espèce s'effectue en mesurant les rangées dentaires (de la canine à la 3^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. Celles-ci possèdent pour la plupart des caractéristiques particulières permettant de spécifier l'individu. Dans ce cas, les guides suivants peuvent aider à l'identification :

- [Fragneau 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 (fatigue, 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 la mortalité (sauf pour des temps de persistance longs ; [Korner-Nievergelt et al., 2011](#)) comparativement aux différentes méthodes les plus modernes présentées ci-dessous (Jones, Huso et Korner).

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

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

3.2.3.1 Paramètres et biais pris en compte

❖ [Ajustement de la surface réellement contrôlée \(a\)](#)

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

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

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

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

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

Dans le cas de cette étude, l'utilisation des applications EolApp⁶ et GenEst⁷ (détaillées ci-après) se basent sur des moyennes de surfaces prospectées durant une période considérée et/ou par éolienne.

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

Comme vu précédemment, le taux de persistance des cadavres est une donnée fondamentale. La durée de persistance des carcasses en jours dépend à la fois de la pression de prédation locale et de la capacité de dégradation in situ des animaux morts. Une partie des chauves-souris et des oiseaux tués par les éoliennes disparaît avant qu'elle ne puisse être découverte dans le cadre des prospections. En effet, des charognards (mammifères, oiseaux, insectes) peuvent dévorer, enterrer ou déplacer les carcasses.

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

Le taux d'enlèvement équivaut à la proportion de dépouilles qui demeurent durant l'intervalle compris entre deux recherches ([Cornut et Vincent, 2010](#)). Des tests de disparition de cadavres peuvent ainsi être effectués sur le terrain et pour chaque période tenir compte des variations de hauteur de végétation dans la zone contrôlée. Idéalement, chaque test dure 10 jours consécutifs⁸.

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

Dans le cadre de cette étude, trois tests de persistance ont été effectués. Ces tests ont eu lieu entre fin mai et début juin (date de dépose des cadavres : 30/05/2022 puis 01/06/2022, un deuxième test ayant été réalisé dans la foulée du premier, suite à la disparition particulièrement rapide des cadavres, afin

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

⁷ <https://www.usgs.gov/centers/fresc/science/a-generalized-estimator-estimating-bird-and-bat-mortality-renewable-energy>

⁸ 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.

d'améliorer la précision des résultats), ainsi qu'en septembre (date de dépose des cadavres : 05/09/2022).

Le test a consisté à déposer **3 à 6 cadavres de souris, poussins ou rats** fraîchement décongelés **autour des 5 éoliennes du parc** (soit 67 cadavres déposés au total). 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 à J+2, J+3, J+7, J+10 et J+14 **jusqu'à disparition des cadavres ou après une période de 14 jours** (voir l'annexe 1 pour le détail des dates de suivi).

❖ 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.



Exemple de leurre déposé dans différents habitats pour le test d'efficacité des observateurs (B. Corniaux, Ecosphère)

L'efficacité des observateurs à détecter des cadavres a été testée à deux reprises, les 13/06/2022 et 06/09/2022. Pour ce faire, des leurres en caoutchouc (mimant des chauves-souris, sombres), ainsi que des pommes de terre et des oignons (mimant des oiseaux de plus grosse taille) ont été déposés aléatoirement dans le périmètre prospecté en amont des recherches de mortalité, au sein des classes de végétation praticable (visibilité bonne et moyenne). **Le test a été effectué sur les 5 éoliennes. Un total de 141 leurres a été déposé.** Selon le nombre de leurres artificiels retrouvés par l'observateur, le taux d'efficacité a pu être calculé par le rapport entre le nombre de leurres découverts et le nombre de leurres déposés.

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

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

3.2.3.2 Modèles statistiques

❖ Modèle d'Erickson (2000)

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

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

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

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

❖ Modèle de Jones (2009)

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

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

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

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

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

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

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 (en jours)

\hat{e} : intervalle effectif moyen (en jours)

\hat{e} : coefficient correcteur moyen de l'intervalle équivalent à $\frac{\text{Min}(I:\hat{I})}{I}$

Jones utilise la notion d'intervalle effectif pour calculer le coefficient correcteur \hat{e} 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, \hat{I} est donc égal à : $-\log(0,01) \times tm$. Dans le calcul, I prend la valeur minimale entre I et \hat{I} , notée \hat{e} .

❖ [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 :

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

D'où la formule :

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

Avec :

- C : nombre de cadavres trouvés
- a : coefficient de correction surfacique (cf. 3.2.3.1)
- d : efficacité de l'observateur (cf. 3.2.3.1)
- tm : durée moyenne de persistance (en jours)
- I : intervalle moyen entre deux visites (en jours)
- \hat{I} : intervalle effectif moyen (en jours)
- \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 serveur⁹. 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 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 %).**

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

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

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

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

Les limites de cette méthode sont les suivantes :

- La correction surfacique (les zones prospectées n'étant pas toujours égales à la surface théorique du protocole) se fait sur l'ensemble des éoliennes tout au long du suivi ou d'une sous-période. Cela a tendance à approximer et/ou lisser la réalité de terrain ;

⁹ <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>

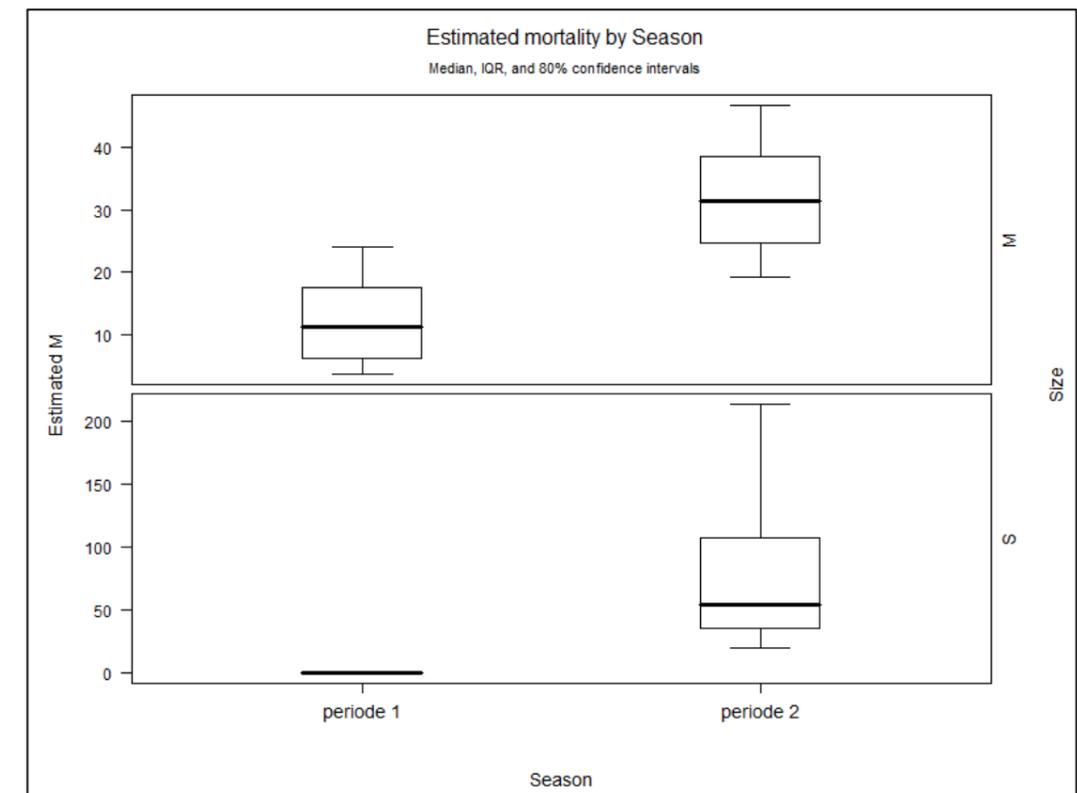
- L'absence de prise en compte de la taille et du type des carcasses sur leur probabilité de disparition et de détection, ainsi que de l'occupation du sol et de la visibilité associée, que cela soit pour les cadavres comme pour les leurres ;
- Les résultats du test d'efficacité des observateurs sont également globalisés ;
- Les estimateurs utilisés se basent sur des fonctions simples ou exponentielles de la même manière sur l'ensemble des données, ce qui peut avoir tendance soit à la surestimation (Huso/Jones), soit à la sous-estimation (Winkelmann/Erickson).

3.2.3.4 GenEst : estimateur international standardisé

Plus récemment, les spécialistes internationaux que sont **Huso & Dalthorp (USGS)** et **Korner-Nievergelt (Oikostat)**, **trois auteurs cités dans le protocole national 2018**, se sont associés avec d'autres pour mettre à disposition gratuitement une solution informatique (« package ») nommée **GenEst**¹⁰ fonctionnant sous le logiciel¹¹ 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. GenEst utilise également les données issues des tests d'évaluation de la persistance des cadavres et de la détection des observateurs, mais ces données peuvent être intégrées de manière plus fine, avec des variations possibles sans que cela soit trop pénalisant sur la justesse des estimations (par période et par taille de cadavres selon les classes de visibilités 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>)

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

¹¹ <https://www.r-project.org/>

3.3 METHODE D’EVALUATION 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 européennes¹² 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 ¹³ 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 ¹⁴ 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.

¹² 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.

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

Classe	Sensibilité	Proportion des cas de collisions connus au regard des effectifs européens (Birdlife, 2021)	Exemples d’espèces concernées
4	Forte	Supérieure à 1 % : les cas de mortalité représentent une proportion élevée et significative de leur population.	Milan royal, Pygargue à queue blanche, Vautour fauve
3	Assez forte	Comprise entre 0,1 et 1 % : les cas de mortalité représentent une proportion significative de leur population, sans qu’elle soit très élevée. Ce sont généralement des espèces dont les tailles de populations sont peu importantes.	Faucon pèlerin, Balbuzard pêcheur, Buse variable, Circaète Jean-le-Blanc, Aigle botté, Faucon crécerelle, 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

¹³ Certaines espèces vulnérables communes ou très communes peuvent voir leur enjeu abaissé au niveau moyen.

¹⁴ 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, juin 2022 & 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 locales ou européennes (impact cumulé) dans le temps et dans l'espace. Elle est d'autant plus forte que l'impact du projet s'inscrit dans la durée et concerne une proportion importante de la population locale de l'espèce concernée, ou du flux migratoire en altitude. D'une façon générale, elle dépend notamment de la durée, de la fréquence, de la réversibilité ou de l'irréversibilité de l'impact, de la période de survenue de cet impact, ainsi que du nombre d'individus ou de la surface impactée, en tenant compte des éventuels cumuls d'impacts.

Concernant l'éolien, les effets sont principalement liés aux choix d'implantation des éoliennes par rapports aux habitats favorables (haies, lisières, boisements, milieux aquatiques) et aux axes/routes de vol/migration (perpendiculaire ou parallèle), les caractéristiques du modèle d'éolienne (hauteur de la nacelle, diamètre du rotor...), et les conditions de fonctionnement (période, plage horaire, paramètres météorologiques, bruits).

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

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

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 forte	Moyen	Faible
Fort	Fort	Assez Fort	Moyen
Moyen	Assez Fort	Moyen	Faible
Faible	Moyen à Faible	Faible	Faible

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

Définition des niveaux d'impacts



	Niveau d'enjeu impacté				
Intensité de l'impact	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). L'analyse est effectuée de façon multifactorielle pour l'ensemble des espèces ou pour certaines espèces cibles, telle que présentée dans le tableau ci-dessous.

Exemple de matrice de calcul de la proportion d'activité protégée

	Résultats 2e période - TOUTES ESPECES					
Options	Vent (m/s)	Temp (°C)	Heure après le coucher du soleil	Nb contacts protégés	Nb contacts total	Activité protégée du risque éolien
1	3,5	10	3:00	93	2773	3,4%
2	5,5	10	3:00	706	2773	25,5%
3	7	10	6:00	1834	2773	66,1%
4	5,5	20	3:00	706	2773	25,5%
5	7	20	6:00	1719	2773	62,0%

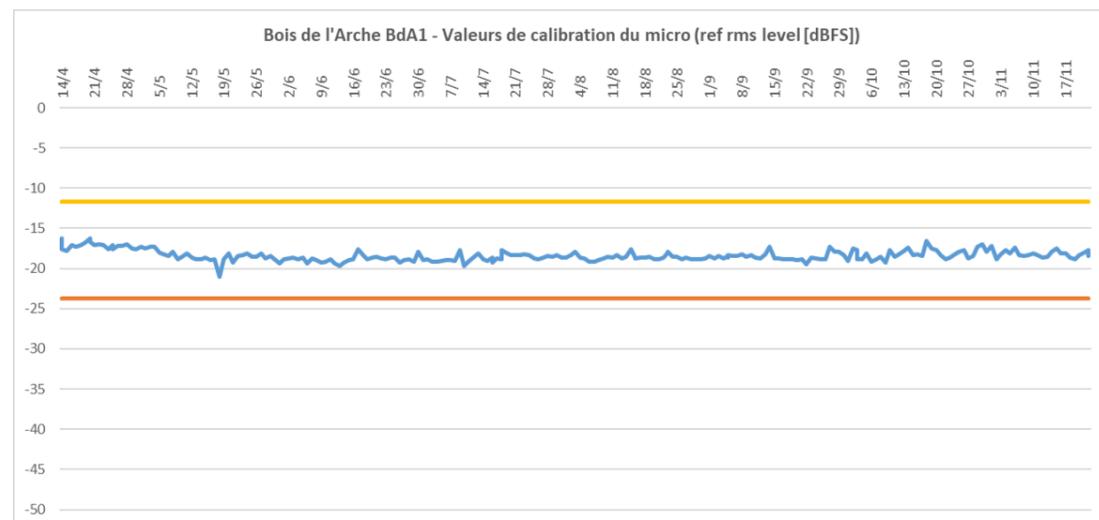


4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE

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. Le graphique ci-dessous présente les variations des résultats de la sensibilité mesurée du micro. Les horizontales rouges représentent les limites supérieures et inférieures de valeurs considérées comme bonnes selon le constructeur (± 6 dBFS autour de la valeur initiale de la calibration certifiée). Les baisses 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 BdA1, le micro a été pleinement opérationnel du début à la fin du suivi.



Valeurs de calibration quotidienne du micro du Batmode S+ placé dans BdA1 (ref rms level [dBFS])

4.2 DESCRIPTION DES ACTIVITES ENREGISTREES

4.2.1 BILAN PAR MOIS ET PAR ESPECE

Le tableau suivant compile les totaux de contacts par mois pour chaque espèce ou groupe d'espèces enregistrés au niveau de la nacelle de l'éolienne BdA1.

Activités mensuelles enregistrées du 14 avril au 24 novembre 2022 depuis la nacelle de BdA1

Mois	Pipistrelle commune	Noctule de Leisler	Pipistrelle de Kuhl	Noctule commune	Pipistrelle de Nathusius	Sérotules	Complexe Pipistrelle de Kuhl / de Nathusius	Total
Avril (17 nuits)	-	-	-	-	-	-	-	0
Mai (31 nuits)	20	17	-	-	-	3	-	40
Juin (30 nuits)	459	5	114	-	171	-	15	764
Juillet (31 nuits)	408	23	72	4	-	6	-	513
Août (31 nuits)	9	200	19	190	-	14	-	432
Septembre (30 nuits)	46	45	50	63	2	2	2	210
Octobre (31 nuits)	27	5	13	2	1	-	1	49
Novembre (23 nuits)	-	-	-	-	-	-	-	0
Total général	969	295	268	259	174	25	18	2008

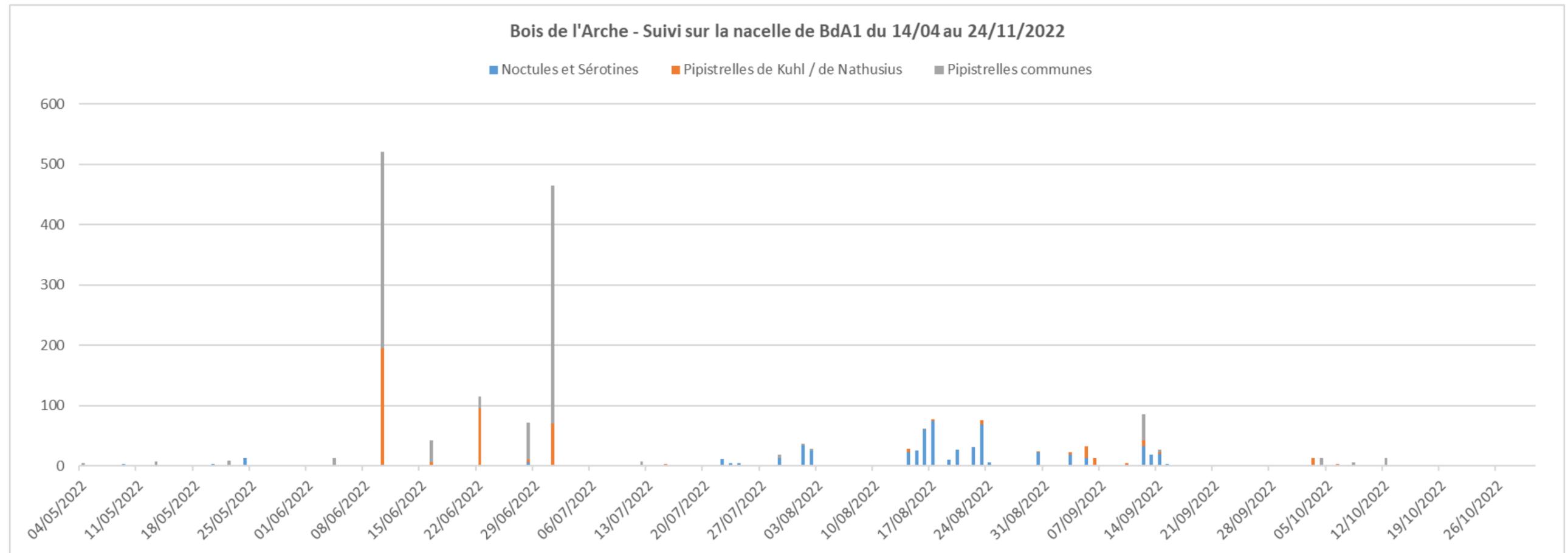
Au total, durant ce suivi 2022, 2008 contacts de chauves-souris ont été enregistrés par le Batmode S+ placé au niveau de l'éolienne BdA1, ce qui correspond à une activité légèrement plus haute que la moyenne dans ce secteur et pour ce type de milieux.

Sur cette année de suivi, on constate que **l'espèce la plus contactée est la Pipistrelle commune** avec 969 contacts, **suivie par la Noctule de Leisler, la Pipistrelle de Kuhl et la Noctule commune**, qui sont approximativement représentées dans les mêmes proportions, entre 250 et 300 contacts. **La Pipistrelle de Nathusius est également fortement représentée avec un nombre de contacts important en juin, ce qui est peu fréquent pour l'espèce.** La présence d'un gîte de mâles aux alentours du parc peut être la cause de cette fréquentation aussi soudaine qu'éphémère sur le mois.

Par ailleurs, les mois d'août et de septembre sont marqués par une augmentation de la fréquentation du parc par la Noctule de Leisler et la Noctule commune. Cela s'explique par le fait que ce sont des espèces migratrices.

4.2.2 CHRONOLOGIE DE L'ACTIVITE

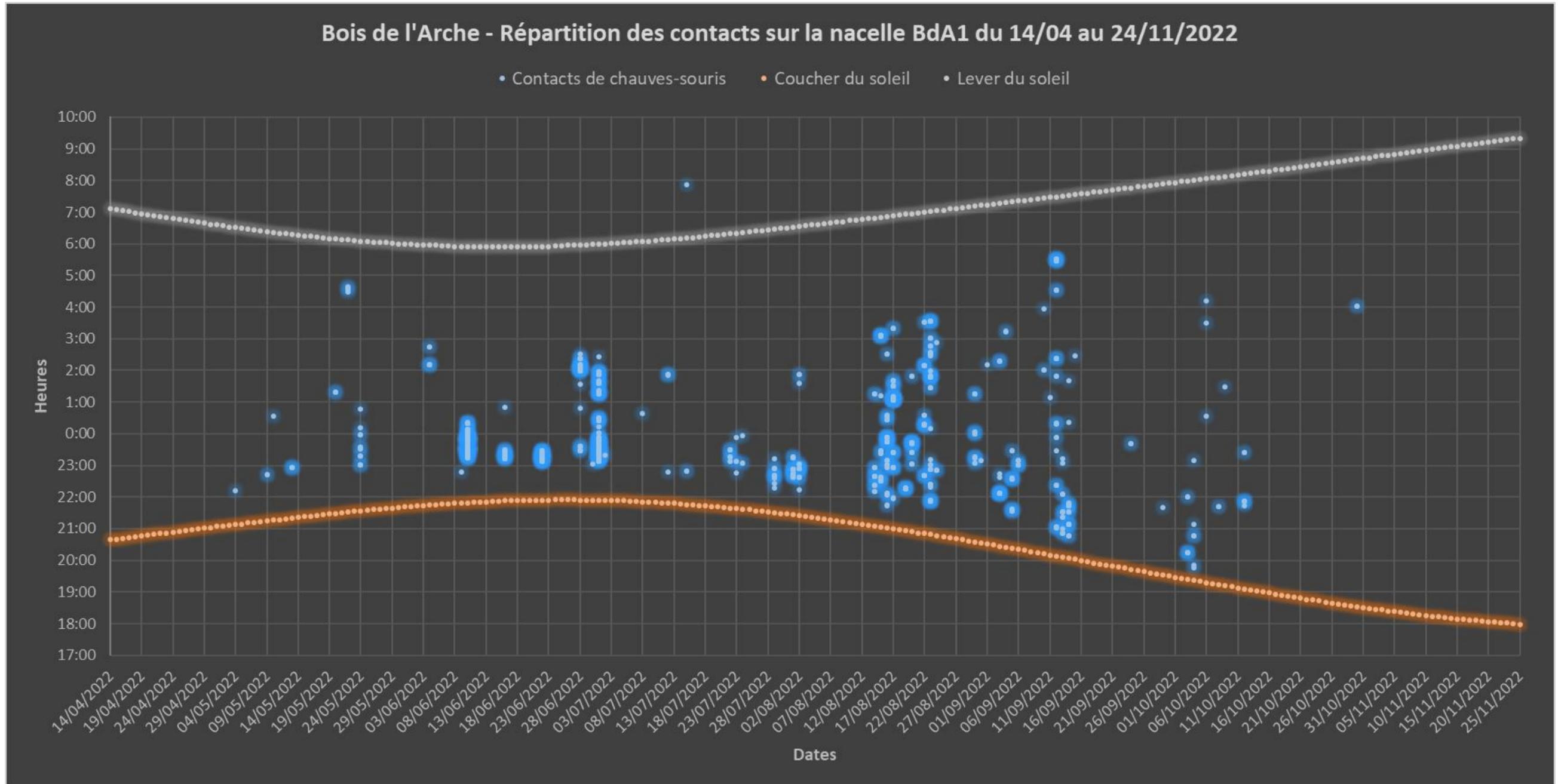
Le graphique suivant présente la chronologie quotidienne du suivi. La plupart des nuits de mai à mi-août restent sous la barre de la cinquantaine de contacts par nuit, avec quelques pics aux alentours de 100 contacts, au mois de juin. Cependant, **deux nuits sont exceptionnelles par leur nombre de contacts et par leur date** : la nuit du 10 juin, avec 520 contacts, et celle du 1^{er} juillet, avec 464 contacts. En effet, les pics d'activité correspondent généralement à des espèces migratrices et cette période ne correspond pas à une période de migration pour les chauves-souris. On constate par ailleurs que les trois espèces majoritairement contactées à ces deux dates sont la Pipistrelle commune, de Kuhl et de Nathusius. **Entre mi-août et mi-septembre, cette migration se ressent avec des pics plus réguliers entre 50 et 100 contacts qui apparaissent.** Enfin, entre mi-septembre et octobre, l'activité diminue fortement avec des nuits qui ne dépassent pas les 30 contacts.



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

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

L'activité était globalement plus forte en début de nuit. Les pics d'activité évoqués précédemment apparaissent sur ce graphique. Lors de la migration entre mi-août et mi-septembre, les contacts sont plus étalés dans la nuit qu'aux autres périodes du suivi. Un contact a été enregistré plus d'une heure et demie après le lever du soleil : il s'agit d'une Noctule commune enregistrée à 7h53 le 15 juillet. Aucun contact n'a été enregistré avant le coucher du soleil.



4.3 SYNTHÈSE ET ÉVALUATION DES ACTIVITÉS

4.3.1 INDICATEURS DE LA FREQUENTATION

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).

Le graphique ci-après présente les données du référentiel d'Écosphère (601 nuits d'écoute recueillies de 2016 à 2019 sur 9 sites différents) classés en ordre croissant, et les valeurs correspondant aux quantiles 25 %, 50 % (= médiane), 75 % et 95 %. Différentes valeurs ont par conséquent été obtenues pour les seuils des quantiles 25 %, 50 %, 75 % et 95 %. **Ces 4 seuils permettent ainsi d'établir 5 classes d'activités pour chaque espèce allant de faible (nombre de contacts inférieurs au nombre défini pour le quantile 25 %) à très forte (nombre de contacts supérieurs au quantile 95 %).**

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

Référentiel d'activité pour les suivis en nacelle dans le quart Nord-Ouest de la France en milieu ouvert 2016-2019 (contacts / nuit)

NACELLE >50 m Nord-Ouest/Centre France				
Espèce	Seuils de nombre de contacts par nuit			
	Q25 %	Q50 %	Q75 %	Q90 %
TOUTES ESPECES	2	4	10	28
Noctule commune	2	4	9	34
Noctule de Leisler	1	3	5	12
Sérotine / Noctules	2	3	7	21
Pipistrelle commune	1	3	7	15
Pipistrelle de Kuhl	1	3	7	15
Pipistrelle de Nathusius	1	1	4	4
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	1	2	4	8

Dans notre secteur géographique (Nord-Ouest 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 4 contacts par nuit** sont considérées comme des activités significatives (au-dessus de l'activité de fond) mais restant **moyennes** ;
- Les moyennes mensuelles comprises **approximativement entre 4 et 10 contacts par nuit** sont considérées comme des activités supérieures à la moyenne, et donc **assez fortes** ;
- Les moyennes mensuelles **supérieures à 10 contacts par nuit** sont donc considérées comme des activités **fortes**, sans être néanmoins **très forts** (supérieures à 28 contacts par nuit).

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

4.3.2 ÉVALUATION DE LA FREQUENTATION DU PARC DU BOIS DE L'ARCHE

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 BdA1 entre le 14 avril et le 24 novembre 2022

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	17	0	0,0	0,0	0
Mai	31	7	1,3	0,6	7
Juin	30	7	25,5	6,4	520
Juillet	31	9	16,5	1,1	464
Août	31	13	13,9	13,0	77
Septembre	30	13	7,0	3,8	85
Octobre	31	7	1,6	0,3	13
Novembre	23	0	0,0	0,0	0

On constate que les mois de juin, juillet et août sont les mois avec les densités de contacts les plus fortes, avec des moyennes de contacts par nuit suivie de respectivement 25,5, 16,5 et 13,9. Les mois d'août et de septembre ont une activité maximale enregistrée en une nuit assez similaire entre eux, avec un maximum de contacts en une nuit d'environ 80, mais une moyenne de contacts par nuit deux fois plus faible en septembre (13,9 pour août contre 7 pour septembre). La moyenne de contacts d'espèces migratrices de haut vol par nuit suivie la plus haute est celle du mois d'août, avec 13 contacts moyens par nuit.

La moyenne arithmétique est donc un indicateur statistique simple avec une bonne robustesse si l'échantillonnage est conséquent (le cas ici), malgré des différences selon le type d'appareil utilisé (capacité de détection des micros selon leur gain et qualité). Cependant, elle a tendance à lisser grandement les valeurs du fait qu'il y ait souvent une majorité de nuits sans aucun contact enregistré et au contraire quelques-unes avec beaucoup de contacts (grande variance). Ces pics d'activité sont peu nombreux dans le cas de ce parc mais ont leur importance car ils représentent l'activité de chasse telle quelle se déroule : certaines nuits en conditions optimales.

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



BdA1 : Évaluation des résultats du suivi (toutes espèces) en fonction du référentiel d'activité des suivis nacelles en milieu ouvert dans le quart Nord-Ouest de la France (Ecosphère, 2016-2019)

Bois de l'Arche BdA1	Q1-25	Q25-50	Q50-75	Q75-90	Q90-100
Avril	-	-	-	-	-
Mai	1	3	2	1	-
Juin	2	-	-	1	4
Juillet	2	3	1	2	1
Août	1	-	2	5	5
Septembre	5	2	-	4	2
Octobre	2	1	1	3	-
Novembre	-	-	-	-	-

Le tableau suivant résume le nombre de nuits « positives » par classe d'activité et par espèce. **Les cas d'activité forte sont dominés par les Noctules de Leisler avec un cumul de 17 nuits supérieures au quantile 75 %.** Elles sont suivies par les Noctules communes, les Pipistrelles de Kuhl et les Pipistrelles communes.

BdA1 : Évaluation des résultats du suivi pour chaque espèce en fonction du référentiel d'activité des suivis nacelles en milieu ouvert dans le quart Nord-Ouest de la France (Ecosphère, 2016-2019)

Bois de l'Arche BdA1	Q1-25	Q25-50	Q50-75	Q75-90	Q90-100
Nyclei	2	7	2	9	8
Nycnoc	3	2	1	9	2
Serotule	4	1	2	1	0
Pippip	3	5	5	4	6
Pipkuh	2	6	2	2	7
Pipnat	0	1	1	0	2
PipKN	1	1	0	0	1
TOUTES	13	9	6	16	12

Ces tableaux retranscrivent la plus forte fréquentation du parc par les chiroptères durant les mois d'août et de septembre, car les pics de juin et de juillet ne correspondent qu'à quelques nuits anecdotiques.

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 78 % des contacts ont lieu les 3 premières heures de la nuit et 93 % les cinq premières heures. L'heure la plus fréquentée est celle entre la première heure et deuxième heure qui suit le coucher du soleil. Aucun contact n'a été enregistré avant le coucher du soleil.

BdA1 : Nombre de contacts en fonction de l'heure après le coucher du soleil pour toute la période du suivi

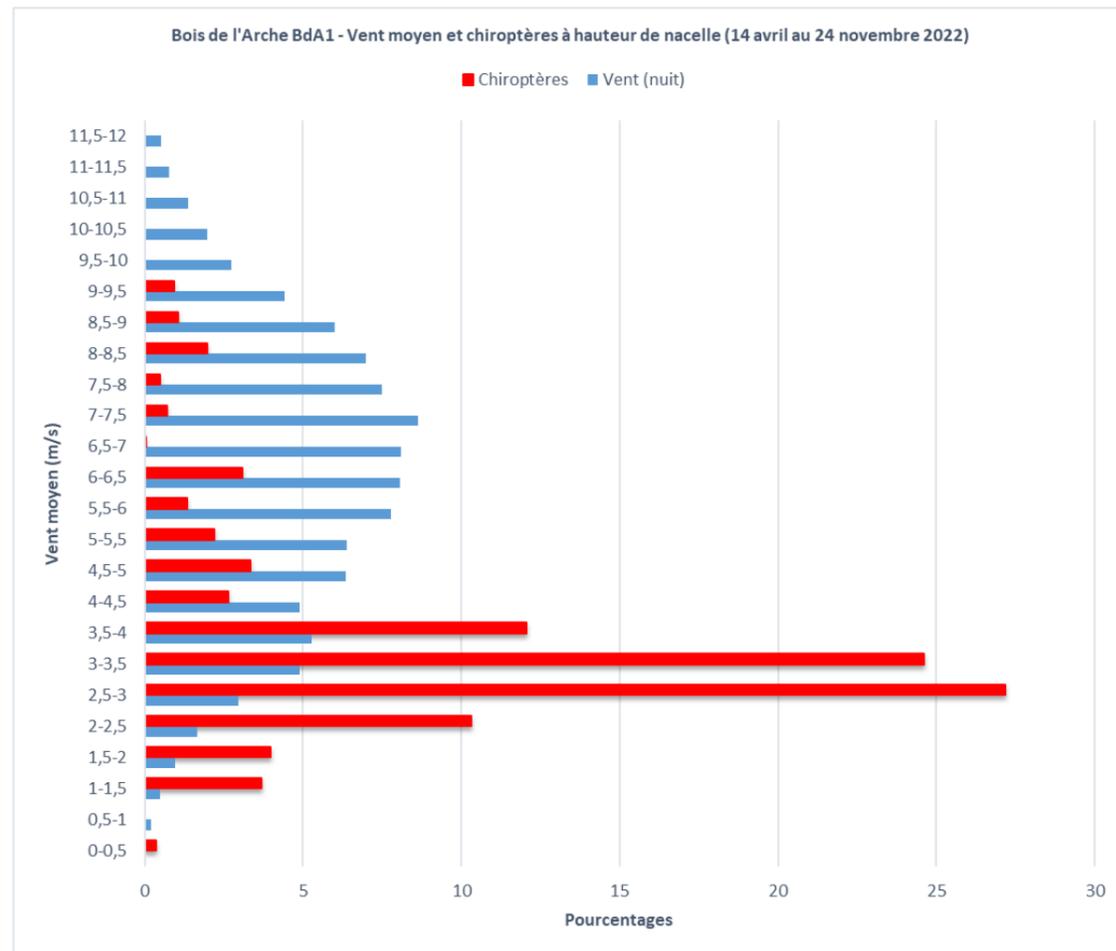
Heure après le coucher du soleil	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Total général	% cumulés
Heure du coucher du soleil à +1h	-	-	1	3	5	22	14	-	45	2 %
+1h à +2h	-	20	494	396	147	65	7	-	1129	58 %
+2h à +3h	-	5	195	24	102	40	17	-	383	78 %
+3h à +4h	-	6	1	67	29	8	2	-	113	83 %
+4h à +5h	-	-	73	22	95	6	2	-	198	93 %
+5h à +6h	-	-	-	-	26	11	1	-	38	95 %
+6h à +7h	-	2	-	-	28	10	2	-	42	97 %
+7h à +8h	-	7	-	-	-	2	-	-	9	97 %
+8h à +9h	-	-	-	-	-	3	2	-	5	98 %
+9h à +10h	-	-	-	-	-	43	2	-	45	99 %
+10h à +11h	-	-	-	1	-	-	-	-	1	100 %
Total général	0	40	764	513	432	210	49	0	2008	

Les cases grisées représentent les heures nocturnes en fonction des mois.

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 94 % de l'activité a été enregistrée pour des vents moyens inférieurs à 6,5 m/s et 90 % pour des vents inférieurs à 5,5 m/s. En effet, la répartition des contacts montre bien une préférence pour les vitesses comprises entre 0 et 6,5 m/s, avec un pic entre 2 et 4 m/s (74 % des contacts).

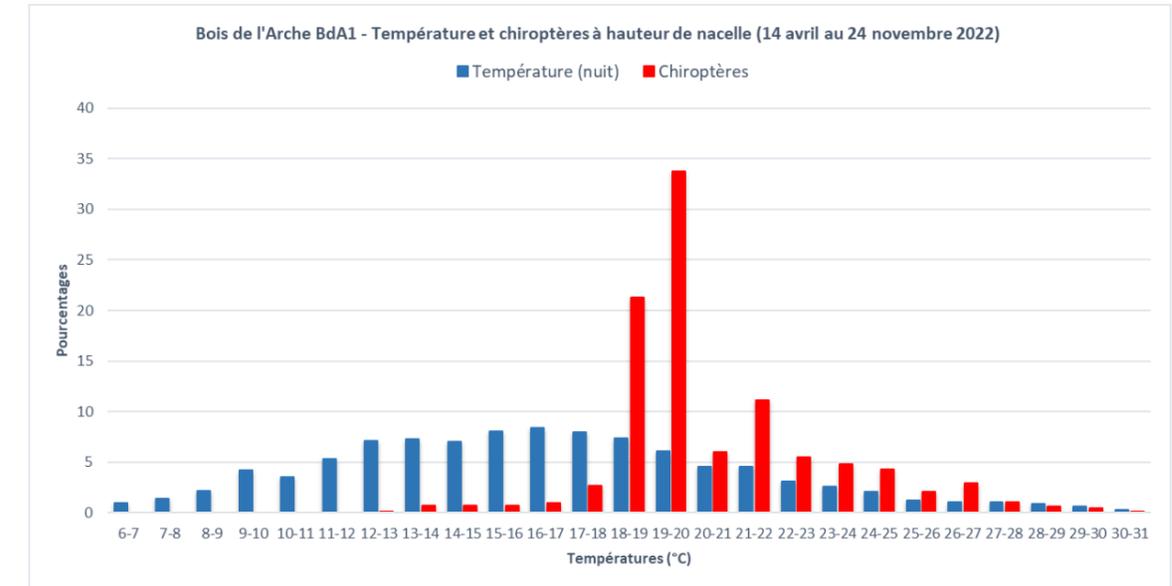


BdA1 : Distribution de l'activité selon les vitesses moyennes de vent

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.

90 % de l'activité globale était enregistrée pour des températures allant de 18°C à 25°C, avec un pic de 18°C à 20°C (56 % des contacts).



BdA1 : Distribution de l'activité selon les températures

4.7 CONCLUSION DU SUIVI ACOUSTIQUE A HAUTEUR DE NACELLE

Sur l'ensemble du suivi en nacelle de l'année 2022, on peut retenir les informations importantes suivantes :

- Les mois de juin et juillet sont les plus fréquentés mais sur des nuits anecdotiques, alors que les mois d'août et de septembre sont fréquentés de manière plus régulière ;
- Tous mois confondus, les chauves-souris ont été en majorité contactées durant les cinq premières heures après le coucher du soleil (93 %) ;
- 94 % de l'activité a été enregistrée pour des vents moyens inférieurs à 6,5 m/s ;
- 90 % de l'activité globale a été enregistrée pour des températures comprises entre 18°C et 25°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 5 éoliennes du parc du Bois de l'Arche suivies en 2022 et dans un rayon de 50 m autour des mâts, **8 cadavres** ont été découverts, **7 oiseaux** et **1 chauves-souris**.

5.1.1 REPARTITION SPATIALE

Voir la carte « Localisation des cadavres ».

Les cadavres découverts sur le parc du Bois de l'Arche sont distribués de manière hétérogène entre les éoliennes, avec 0 à 3 découvertes par éolienne pour l'ensemble de la période de suivi. 5 cadavres ont été découverts à l'ouest de la voie ferrée (sous les éoliennes BdA4 et BdA5), tandis que les 3 autres cadavres ont été trouvés à l'est (sous les éoliennes BdA1 et BdA2). Aucun cadavre n'a été observé sous l'éolienne BdA3. **L'unique cadavre de chiroptère trouvé cette année a été impacté par l'éolienne la plus proche d'une lisière (BdA2), même si l'espèce concernée est la Noctule commune, qui ne suit pas nécessairement les éléments paysagers pour ses déplacements. Aucun élément du paysage ne permet d'expliquer de manière évidente la distribution des cadavres d'oiseaux.**

Les conditions locales sont relativement homogènes sur le parc du Bois de l'Arche, avec une topographie et un contexte local similaires entre les différentes machines, toutes implantées dans un contexte agricole intensif. Quelques bosquets sont présents aux abords (au plus proche à 30 m en bout de pale de BdA2 et à 85 m en bout de pale de BdA4).

Pour rappel, seules les éoliennes BdA1 et BdA5 sont bridées entre mi-juillet et fin septembre.

Répartition des cadavres découverts en 2022 (n = 8)

Éolienne n°	Nombre de cadavres découverts	Chiroptères	Oiseaux
BdA1	1	0	1
BdA2	2	1	1
BdA3	0	0	0
BdA4	3	0	3
BdA5	2	0	2
TOTAL	8	1	7

5.1.2 REPARTITION TEMPORELLE ET ESPECES CONCERNEES

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

Répartition temporelle de la mortalité (n = 8). 2 périodes ont été définies, en fonction des passages réalisés et des périodes d'activité de la faune, pour des raisons de cohérence dans les analyses

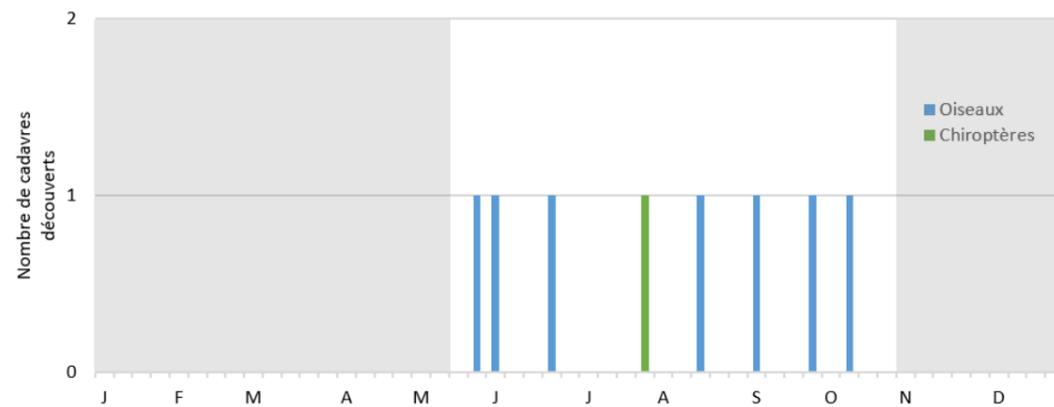
Période	N° de passage	Semaine	Date	Chiroptères	Oiseaux	Total
1	1	20	17/05/2022	0		0
	2	21	24/05/2022	0	1 Pigeon ramier (BdA1)	1
	3	22	30/05/2022	0	1 Pigeon ramier (BdA2)	1
	4	23	06/06/2022	0		0
	5	24	13/06/2022	0		0
	6	25	20/06/2022	0	1 Pigeon ramier (BdA4)	1
	7	26	27/06/2022	0		0
	8	27	04/07/2022	0		0
	9	28	11/07/2022	0		0
	10	29	18/07/2022	0		0
	11	30	25/07/2022	1	1 Noctule commune (BdA2)	1
2	12	31	02/08/2022	0		0
	13	32	08/08/2022	0		0
	14	33	16/08/2022	0	1 Etourneau sansonnet (BdA5)	1
	15	34	22/08/2022	0		0
	16	35	29/08/2022	0		0
	17		02/09/2022	0		0
	18	36	06/09/2022	0		0
	19		09/09/2022	0	1 Oiseau indéterminé (BdA5)	1
	20	37	12/09/2022	0		0
	21		14/09/2022	0		0
	22	38	20/09/2022	0		0
	23		23/09/2022	0		0
	24	39	26/09/2022	0	1 Tourterelle des bois (BdA4)	1
	25		30/09/2022	0		0
	26	40	03/10/2022	0		0
	27		06/10/2022	0		0
	28	41	10/10/2022	0	1 Pie bavarde (BdA4)	1
	29		14/10/2022	0		0
	30	42	18/10/2022	0		0
	31		21/10/2022	0		0
	32	43	25/10/2022	0		0
	33		28/10/2022	0		0



Pigeon ramier, sous BdA2 le 30 mai 2022 (F. Fernandez, Ecosphère)



Noctule commune, sous BdA2 le 25 juillet 2022 (F. Fernandez, Ecosphère)

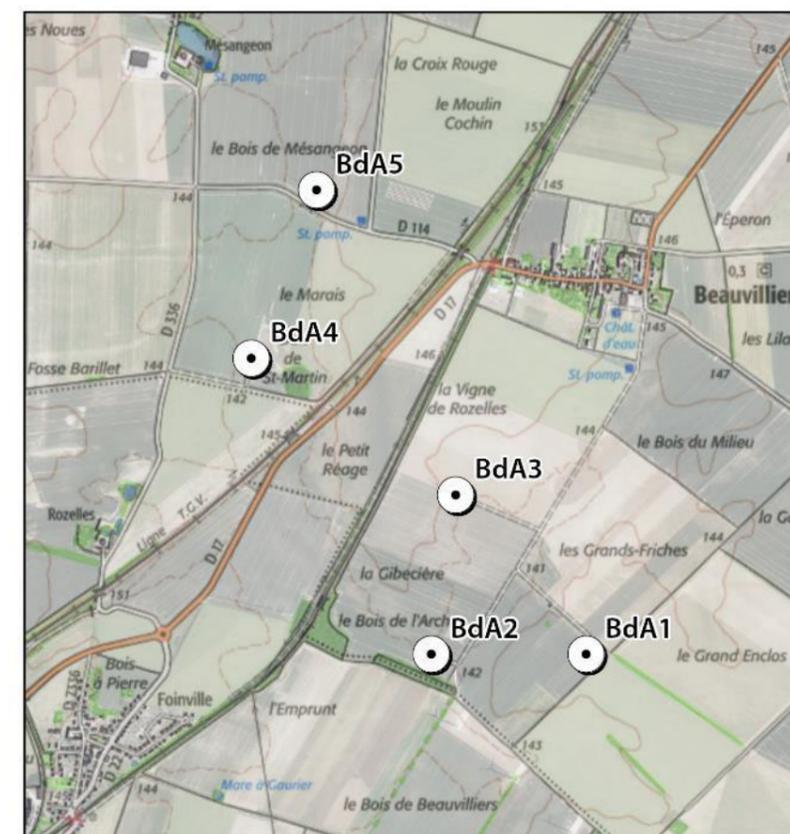
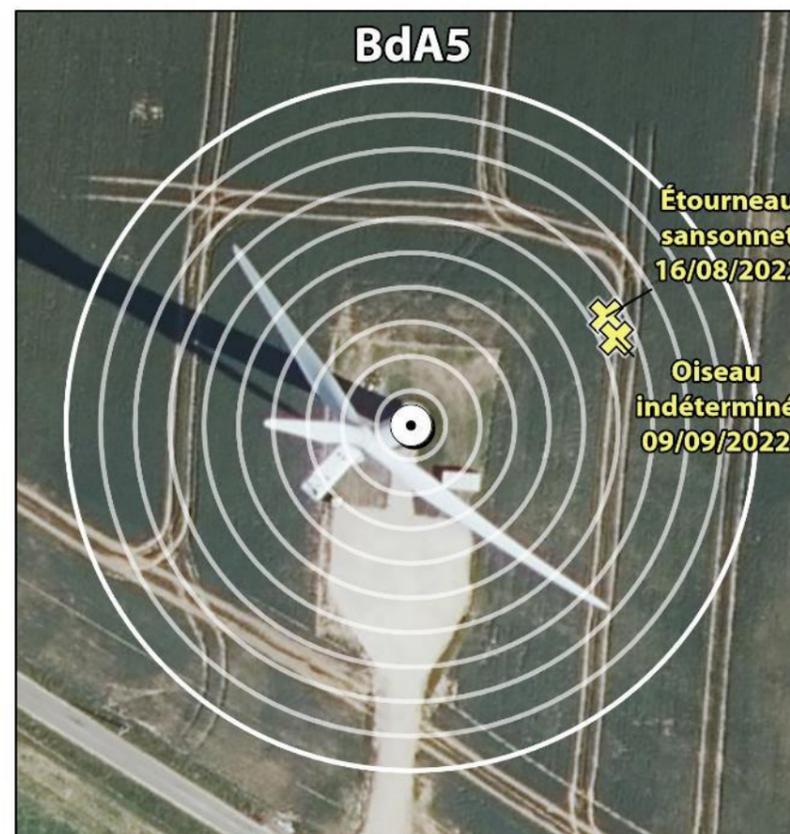
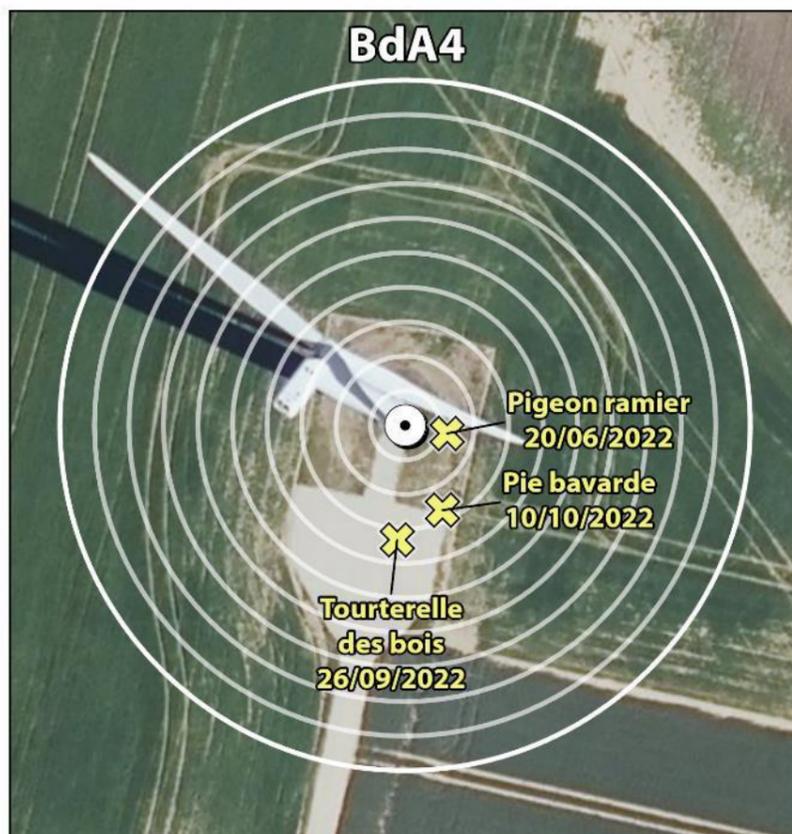
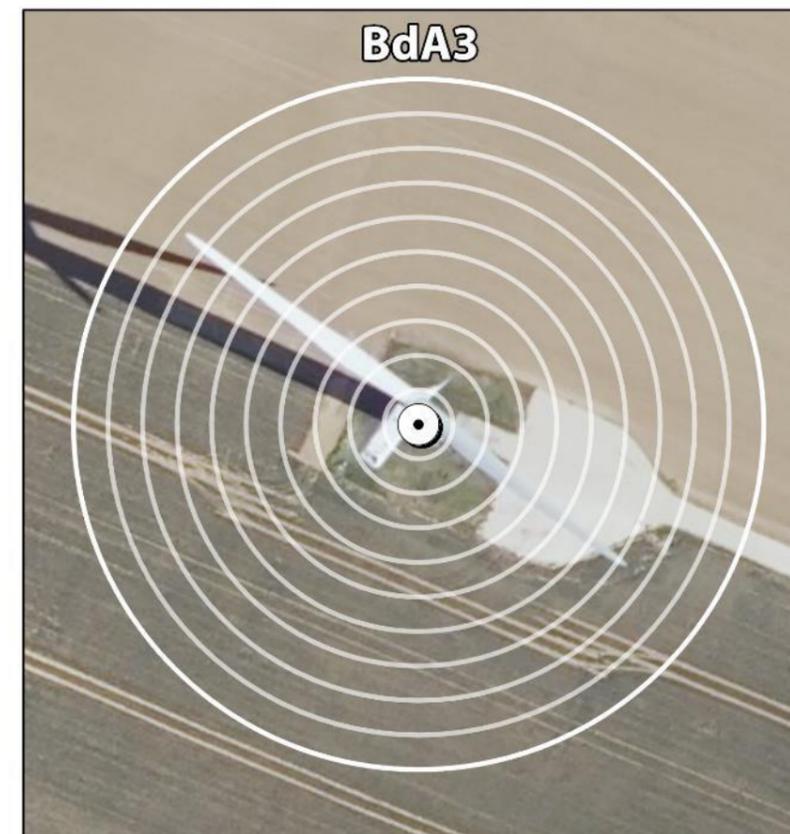
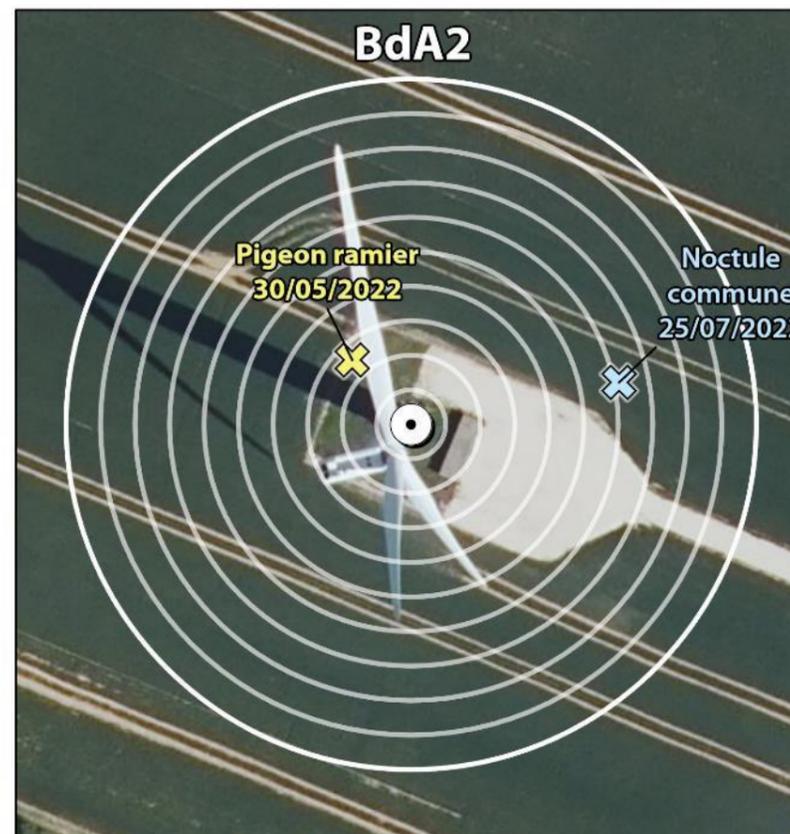
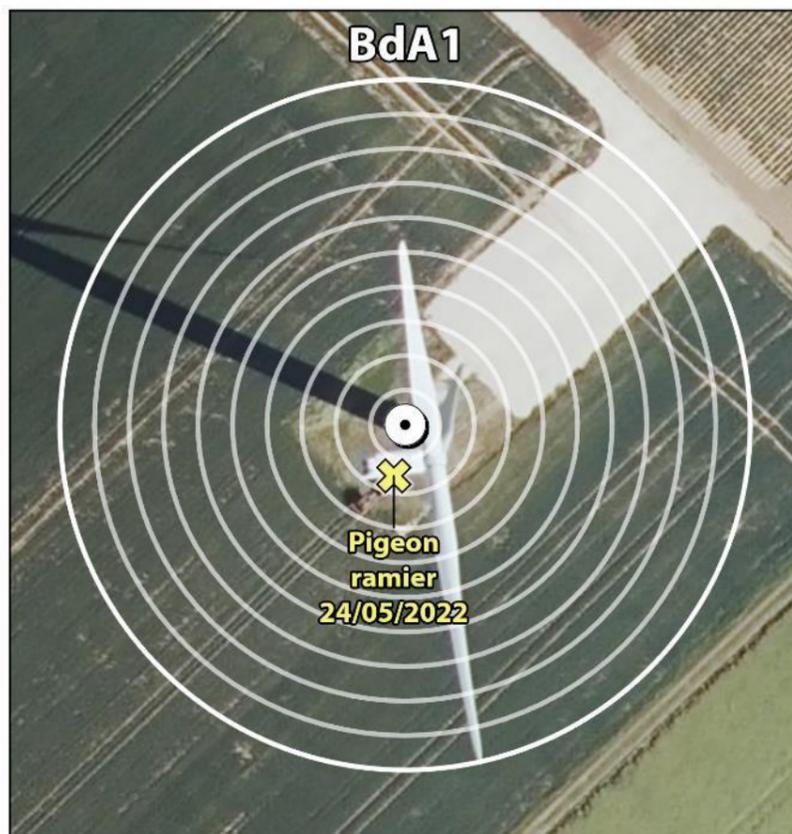


Répartition de la mortalité au cours de l'année 2022 (n=8). La période non suivie apparaît grisée

Les cadavres sont répartis de manière homogène sur la période suivie. Ainsi, ils ont été trouvés entre le 24 mai et le 10 octobre 2022. Au moins un cadavre a été détecté chaque mois. Des cas de mortalité sont recensés sur l'ensemble de ce laps de temps pour les oiseaux, avec toutefois une mortalité notable de Pigeon ramier entre fin mai et fin juin 2022 (3 cas recensés). Les oiseaux trouvés sont des individus locaux (Pigeon ramier, Pie bavarde), migrateurs (Tourterelle des bois), ou dont le statut est indéterminé (l'Étourneau sansonnet et l'oiseau indéterminé sont soit issus des populations locales, soit des individus migrants). Un seul cas de mortalité a été constaté pour les chauves-souris, fin juillet. Le statut de la Noctule commune trouvée est indéterminé.

La mortalité constatée en 2022 se compose ainsi de :

- **7 oiseaux appartenant à au moins 4 espèces** : 3 Pigeons ramiers [locaux], 1 Étourneau sansonnet [local ou migrateur], 1 Tourterelle des bois [migratrice], 1 Pie bavarde [locale] et 1 oiseau indéterminé [local ou migrateur] ;
- **1 chiroptère** : 1 Noctule commune [locale ou migratrice].



- Eolienne
- Cadavre**
- ✕ Chiroptère
- ✕ Oiseau

N

0 10 20
Mètres

Ecospère, ERG EVOLVING ENERGIES, février 2023

Source : Fond Scan 25 et BD ORTHO - IGN ©

5.2 VARIABLES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE

5.2.1 PERSISTANCE DES CADAVRES (VARIABLE P)

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

Si une disparition rapide des carcasses est observée, avec un intervalle trop important entre les prospections, les carcasses disparaissent avant le passage des observateurs. Dans ce cas, le temps moyen de persistance est faible. Ce paramètre engendrera un biais dans le calcul de l'estimation de mortalité.

Les résultats bruts des tests de persistance ont 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 vraisemblance¹⁵. 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. Ces valeurs sont ensuite utilisées par l'application pour les estimations globales présentées au chapitre 5.3.2.

Probabilité de persistance r calculée avec GenEst

GenEst	Période 1 Mi-mai – fin juillet			Période 2 Début août – fin octobre		
	Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
Probabilité de persistance (r)	0,27 à j+3	0,25	0,30	0,40 à j+3	0,36	0,44
	0,12 à j+7	0,11	0,13	0,17 à j+7	0,16	0,19

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

- Temps moyen de persistance (Tm) = 0,6 j à j+7 (première période) et 1,4 j à j+4 (seconde période) ;
- Taux de persistance (p) = 0 % à j+7 (en période 1) et 3 % à j+4 (en période 2) ;
- Probabilité de persistance (r) = 0,12 [IC 80 % : 0,11 – 0,13] à j+7 (en période 1) et 0,40 [IC 80 % : 0,36 – 0,44] à j+3 (en période 2).

La persistance est très faible sur le parc du Bois de l'Arche, en particulier de mi-mai à fin juillet. A cette période, l'intervalle entre les passages (un passage tous les 6,9 j) induit d'importants biais liés à la disparition rapide des cadavres. Entre début août et fin octobre, la persistance augmente, même si elle reste faible. L'intervalle modéré entre les passages (un passage tous les 4,3 j) permet d'obtenir des estimations plus fiables et de ne pas trop augmenter le degré d'imprécision.

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

L'efficacité des observateurs a été testée au sein des parcelles prospectables, à deux reprises. Ainsi, 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, **117 leurres ont été retrouvés par les observateurs sur les 141 disposés** au sein des différents types de végétation.

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

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

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

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

Niveau de visibilité	Période 1 Mi-mai – fin juillet			Période 2 Début août – fin octobre		
	Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
Bonne	0,97	0,92	0,99	0,81	0,74	0,86
Moyenne	0,82	0,73	0,89	0,41	0,21	0,63
TOTAL	0,89	0,83	0,93	0,78	0,72	0,84

Il en ressort un **taux d'efficacité (ou de détection) de 0,89 pour la période 1 et de 0,78 pour la période 2**.

Le **taux moyen de détection est considéré comme bon, avec une médiane de 83 % [IC 80 % : 79 % - 87 %]** de leurres découverts sur l'ensemble de la période de prospection. Classiquement, on notera que la détectabilité est moins bonne dans les surfaces de moyenne visibilité. En période 2, l'efficacité de l'observateur est faible sur ces surfaces (0,41). Toutefois, les parcelles de moyenne visibilité représentaient une faible superficie entre août et octobre. De ce fait, cette efficacité limitée ne représente qu'un biais mineur pour la suite des estimations.

¹⁵ 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>.

5.2.3 AJUSTEMENT DE LA SURFACE REELLEMENT CONTROLEE (VARIABLE A)

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

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

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

Surface moyenne prospectée (%) par éolienne et par période en 2022

Éolienne	Surface moyenne prospectée (%)		
	Période 1 17/05 → 25/07	Période 2 02/08 → 28/10	Moyenne sur l'ensemble du suivi :
BdA1	40 %	100 %	80 %
BdA2	37 %	84 %	68 %
BdA3	45 %	66 %	59 %
BdA4	29 %	84 %	66 %
BdA5	29 %	80 %	63 %
Moyenne sur l'ensemble du parc :	36 %	83 %	67 %

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 **67 %**. C'est cette surface moyennée à l'ensemble du parc pour l'ensemble de la période suivie, ainsi que celles correspondant aux deux périodes prises en compte (36 % et 83 %) qui sont renseignées dans l'application EolApp. L'application GenEst, quant à elle, différencie la surface moyenne prospectée pour chaque éolienne et par période.

La surface de prospection sur l'ensemble du parc pour toute la période suivie est bonne. Elle est très bonne au cours de la seconde période, qui constitue la majorité des passages effectués. Cette surface est plus faible pour la première période (période avant moissons). Elle est assez **homogène entre les éoliennes** (29 à 45 % en période 1, 66 à 100 % en période 2). En période 1, plusieurs éoliennes ont une surface moyenne prospectée inférieure à 40 %, ce qui n'autorise pas des estimations statistiques robustes (Behr et al., 2011). En période 2, la surface de prospection est très supérieure à 40 % pour l'ensemble des éoliennes, ce qui permet des estimations statistiques sans biais statistique significatif.

5.2.4 FAISABILITE DES ESTIMATIONS DE LA MORTALITE

Les différentes variables calculées sont censées permettre de corriger les résultats afin d'exprimer une estimation de la mortalité à l'échelle des éoliennes et des 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 faudrait dans l'idéal traiter les données des 2 périodes pour des raisons strictement mathématiques (éventuelles différences d'intervalle entre les passages, de surface prospectée, de persistance, voire d'efficacité de

l'observateur) mais également d'analyse des résultats (paramètres de bridages variables entre les périodes, écologie des espèces différente). Le nombre de cadavres détectés sur le parc du Bois de l'Arche, bien que peu conséquent, est suffisamment important pour lancer des estimations, avec de plus grandes incertitudes pour les résultats séparant la période 1 et la période 2. Par ailleurs, un seul cadavre de chauve-souris a été trouvé au cours du suivi de 2022. L'estimation de la mortalité chiroptérologique sur le parc présente donc des incertitudes majeures et ne peut pas être évaluée par des modélisations précises sur la base de ce seul cadavre.

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 bonne et les incertitudes générées globalement faibles.

S'agissant de **la persistance**, le test a été effectué de façon standardisée. L'échantillon de cadavres posés est suffisamment grand pour considérer que les tests sont représentatifs. Différents types de leurres ont été posés (souris, poussins et rats) pour intégrer une différence de persistance entre des cadavres de taille différente. L'intégration de la persistance locale mesurée d'après ces leurres dans les applications permettra de corriger avec fiabilité les différentes estimations par groupe impacté. Au niveau du parc du Bois de l'Arche, la persistance est particulièrement faible, surtout en première période, avec par ailleurs un intervalle important entre les passages. Elle augmente mais demeure faible en seconde période. Les taux de persistance constatés génèrent de fortes incertitudes dans les estimations, tout particulièrement en période 1. L'intervalle réduit entre les passages de la seconde période permet de limiter partiellement ces biais.

Enfin, s'agissant des **surfaces prospectées**, des biais existent pour la première période. En effet, la surface de prospection moyenne entre mi-mai et fin juillet est de 36 %, ce qui ne permet pas d'obtenir des estimations robustes. La seconde phase présente une bien meilleure représentativité sur ce paramètre (moisson de la majorité des cultures autour des machines). Les surfaces prospectées sont suffisamment importantes pour obtenir des estimations statistiques viables entre août et octobre. Les interprétations faisant suite aux estimations prennent compte de ces biais.

En conséquence de tous ces éléments, des estimations statistiques ont été poursuivies en scindant les estimations par période pour les oiseaux, bien que celles obtenues en première période soient juste présentées pour information (biais majeurs en période 1 liés à la persistance très faible et à la surface de prospection inférieure à 40 %). Les estimations concernant les chiroptères sont données à titre indicatif mais présentent de trop grandes incertitudes pour être considérées (un seul cas de mortalité constaté en 2022).

5.2.5 CORRECTIF LIE A LA PERIODE D'ETUDE

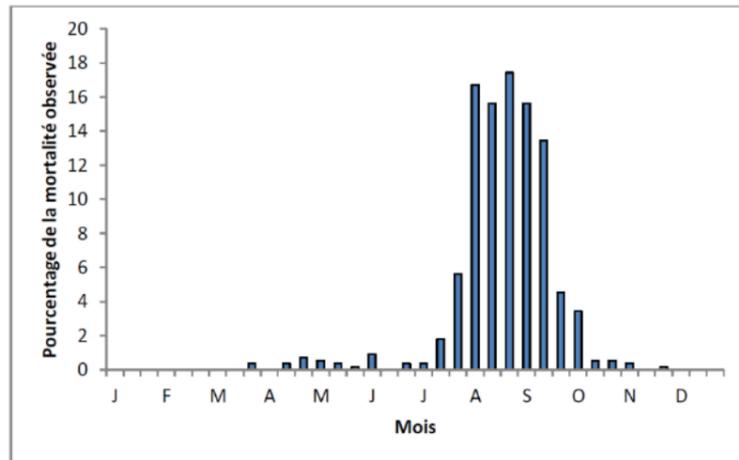
Les estimations de la mortalité ont été réalisées sur la base des 33 passages compris entre le 17/05 et le 28/10/2022 pour l'ensemble des éoliennes. Cette période correspond à la période principale d'activité pour les chauves-souris et, pour les oiseaux, couvre la majorité de la reproduction et de la migration postnuptiale. 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.

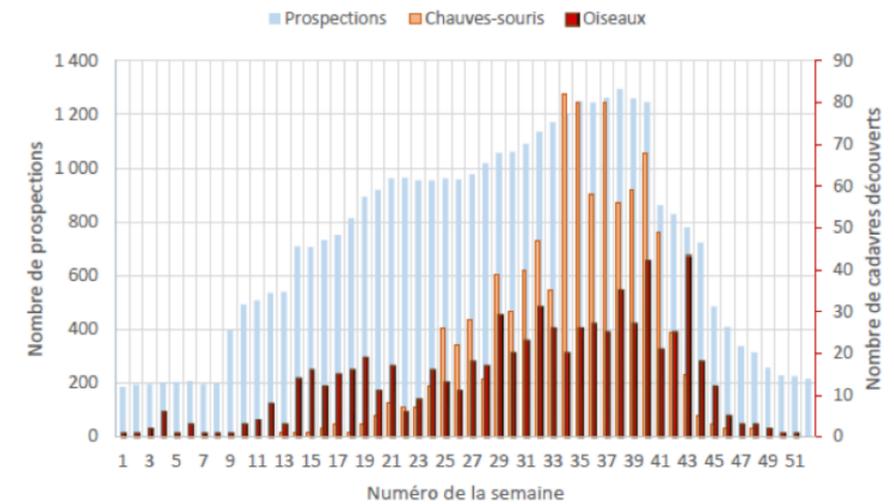


Répartition temporelle des cadavres de chauves-souris récoltés (données Dürr, 2007, in Jones & al., 2009 ; graphique Heitz & Jung, 2017)

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

Semaine de découverte des cadavres

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



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

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

Répartition temporelle de la mortalité selon la bibliographie (1^{ère} colonne) et les cadavres découverts en 2022 (2^{nde} colonne)

Pourcentage de mortalité (toutes espèces)	Chiroptères		Oiseaux	
Mi-mai à juillet (semaines 20 à 30) => période de reproduction	20 %	1 cadavre, soit 100 %	25 %	3 cadavres, soit 43 %
Août à octobre (semaines 31 à 43) => migration postnuptiale, mouvements locaux	75 %	Pas de données entre août et octobre	50 %	4 cadavres, soit 57 %
Reste de l'année	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 des résultats recueillis en 2022, **il apparaît que les résultats de suivi obtenus sur le parc du Bois de l'Arche sont représentatifs quant à la répartition temporelle des cadavres de chauves-souris. Concernant les oiseaux, la période entre novembre et mi-mai, pendant laquelle des cas de mortalité peuvent être observés, n'a pas été suivie.**

Le suivi couvre une période correspondant théoriquement à :

- 95 % de la mortalité des chiroptères ;
- 75 % de la mortalité des oiseaux.

Basés sur une compilation de différentes sources bibliographiques, ces coefficients correcteurs ne peuvent être directement appliqués à nos calculs et sont présentés ci-dessus à titre indicatif. Toutefois, ils illustrent un fait important : **le suivi de la mortalité concerne la majeure partie du cycle biologique**

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

5.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE

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

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

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

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

Récapitulatif des différents paramètres généraux pris en compte pour les estimations

Paramètres	Parc du Bois de l'Arche		
Période du suivi	mi-mai - fin octobre 2022	P1 mi-mai - fin juillet 2022	P2 début août - fin octobre 2022
Nbre d'éoliennes suivies	5		
C (nombre de cadavres brut découverts sous les éoliennes dans un rayon de 50 m)	8 (7 oiseaux et 1 chiroptère)	4 (3 oiseaux et 1 chiroptère)	4 (4 oiseaux)
d (taux de détection moyen)	0,83	0,89	0,78
p (taux de persistance durant l'intervalle)	0,00 (j+7)	0,00 (j+7)	0,03 (j+4)
Tm (durée moyenne de persistance durant l'intervalle)	1,1 jour (intervalle 7 j)	0,6 jour (intervalle 7 j)	1,4 jour (intervalle 4 j)
r (probabilité de persistance)	0,14 [IC 80 % : 0,13-0,15] (intervalle 7 j)	0,12 [IC 80 % : 0,11-0,13] (intervalle 7 j)	0,40 [IC 80 % : 0,36-0,44] (intervalle 3 j)

¹⁶ EolApp permet de sélectionner le principe méthodologique utilisé pour le calculer les intervalles de confiance : « bootstrap non-paramétrique » ou « bootstrap paramétrique ». La première option est la plus fiable avec un nombre limité de passages ou de cadavres détectés. La deuxième méthode est pertinente uniquement pour des

Paramètres	Parc du Bois de l'Arche		
I (intervalle moyen entre 2 visites)	5,1 jours	6,9 jours	4,3 jours
n (nombre de passage)	33	11	22
Sk (surface prospectée moyenne)	67%	36%	83%

5.3.1 ESTIMATIONS DE LA MORTALITE AVEC EOLAPP

Le tableau suivant présente les résultats des estimations de la mortalité réelle pour le parc du Bois de l'Arche (5 éoliennes suivies, du 17 mai au 28 octobre 2022). La distinction par groupe impacté a également été réalisée. Pour rappel, les estimations réalisées pour les chauves-souris ne sont pas exploitables (jeu de données trop faible pour les modèles utilisés). Les valeurs obtenues ne sont donc pas retenues.

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

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

Estimation avec EolApp (tests non paramétriques ¹⁶)	Mortalité brute	Erickson			Huso			Jones		
		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
Tous cadavres (période 1)	4	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Tous cadavres (période 2, exclusivement des oiseaux)	4	32,6	14,4	58,7	38,3	16,0	84,1	100,5	35,5	349,7
Chauves-souris (période totale)	1	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Oiseaux (période totale)	7	152,4	83,8	249,7	386,3	188,0	733,6	718,1	386,5	944,7
Tous cadavres (période totale)	8	174,2	102,4	280,4	433,7	224,7	774,8	775,1	514,4	952,8

NE = Non estimé.

Aucune estimation statistique de la mortalité n'a pu être obtenue en première période avec EolApp, en raison des forts biais identifiés (persistance très faible, surface moyenne prospectée inférieure à 40 %) qui ne sont pas compatibles avec les modèles de l'application.

Le modèle d'Huso donne une valeur médiane de la mortalité d'environ **38 oiseaux [IC 80 % : 16 – 84] impactés en période 2 sur le parc** (début août à fin octobre, sur 22 passages). **Sur le suivi complet, une médiane de 434 cadavres [IC 80 % : 225 - 775] est estimée avec ce modèle, pour l'ensemble des groupes.**

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

Le modèle de Jones donne une valeur médiane de la mortalité d'environ **101 oiseaux [IC 80 % : 36 - 350] impactés en période 2 sur le parc** (début août à fin octobre, sur 22 passages). **Sur le suivi complet, une médiane de 775 cadavres [IC 80 % : 514 - 953] est estimée avec ce modèle, pour l'ensemble des groupes.**

Les intervalles de confiance obtenus pour Jones et Huso attestent d'une importante imprécision de l'estimation statistique. Ces valeurs estimées sont aberrantes et les médianes sont très hautes, tout particulièrement avec le modèle de Jones.

Parmi les estimations obtenues, seule celle concernant la mortalité en seconde période semble robuste, *a minima* pour le modèle d'Huso. L'ensemble des autres estimations présente d'importants biais (voir 5.2.4).

Les biais induits dans les estimations (l'absence d'intégration des différences de surfaces prospectées entre les éoliennes pouvant également être citée) conduisent à certains résultats peu précis et très surestimés dans le cas présent. 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

Le tableau suivant présente les résultats des estimations de la mortalité réelle pour le parc du Bois de l'Arche (**5 éoliennes suivies, du 17 mai au 28 octobre 2022**) obtenus à partir des modélisations faites avec GenEst (Dalthorp et al. 2019). En annexe 5, est précisé le détail des choix retenus pour les modélisations opérées par GenEst afin d'ajuster au mieux les estimations au jeu de données bruts du parc.

Résultats des estimations de la mortalité réelle obtenus avec GenEst

Estimation avec GenEst	Période	Mortalité brute	Période 1			Période 2			Ensemble du suivi		
			Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
Chiroptères	Période 1	1	14,9	1,0	35,2				14,9	1,0	35,2
	Période 2	0				NE	NE	NE			
Oiseaux	Période 1	3	39,0	13,2	71,5				75,5	39,2	121,7
	Période 2	4				33,8	14,4	65,1			
Chiroptères + Oiseaux		8	54,5	23,3	92,2	33,8	14,4	65,1	91,1	49,0	142,2

Chacun des résultats correspond à des analyses statistiques indépendantes réalisées par catégories (par période et par groupe, uniquement par groupe et uniquement par période). C'est pourquoi les résultats pouvant correspondre à des totaux ne s'additionnent pas (sauf en cas d'addition d'un résultat avec un NE (non estimé)).

Les cellules barrées correspondent à des estimations statistiques présentées à titre informatif, mais qui sont fortement biaisées (voir 5.2.4).

Certaines estimations obtenues ne peuvent pas être considérées comme fiables en raison des biais identifiés :

- **la persistance est très faible**, même si elle est compensée en partie par une réduction de l'intervalle entre les passages en période 2 ;
- **le nombre de cadavres découverts est très restreint pour les chauves-souris**, ce qui peut s'expliquer soit par l'influence du paramètre cité précédemment, soit par une faible

mortalité réelle sur le parc ; ces deux éléments ont probablement tous les deux une influence.

Les estimations suffisamment robustes sont présentées ci-dessous :

- **Oiseaux** : mortalité estimée de **76 oiseaux [IC 80 % : 39 - 122]** sur l'ensemble du suivi, dont **34 [IC 80 % : 14 - 65] en période 2**. Les biais sont globalement faibles à modérés entre août et octobre (surface prospectée importante, bonne efficacité des observateurs), même si la persistance réduite des cadavres génère des incertitudes. L'estimation de la mortalité des oiseaux pour l'ensemble du suivi présente des biais (persistance très faible et faible surface prospectée en début de suivi, dans une moindre mesure), mais peut toutefois être considérée comme fiable, les autres paramètres utilisés autorisant des analyses statistiques robustes ;
 - Biais faibles à modérés, **estimations robustes** avec un faible intervalle de confiance.
- **Mortalité globale** : mortalité estimée de **91 cadavres [IC 80 % : 49 - 142]** sur l'ensemble du suivi. Les biais relevés dans les paragraphes précédents (très faible persistance pour les deux périodes, faible surface prospectée entre mi-mai et juillet) s'appliquent également pour les estimations globales de mortalité. Le nombre brut de cadavres et l'efficacité de l'observateur permettent des estimations statistiques suffisamment robustes pour être considérées dans les analyses ;
 - Biais faibles à modérés, surtout liés à la persistance des cadavres et aux surfaces prospectées dans une moindre mesure. **Les estimations peuvent être considérées comme fiables, avec notamment un intervalle de confiance raisonnable.**

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

Pour les 5 éoliennes du parc du Bois de l'Arche suivies en 2022, les estimations de la mortalité réelle avec GenEst donnent une valeur médiane de la mortalité d'environ **76 oiseaux [IC 80 % : 39 - 122]**. La mortalité des chiroptères constatée sur le parc est très faible (un seul cadavre trouvé, le 25 juillet), aucune estimation statistique n'est donc retenue sur la base de ce seul cadavre.

5.4 CONCLUSION DU SUIVI DE LA MORTALITE

Le deuxième suivi réalisé sur le parc du Bois de l'Arche a fait l'objet de **33 passages répartis entre le 17 mai et le 28 octobre 2022**, avec un **intervalle moyen entre les passages de 5,1 jours**. Les 5 éoliennes du parc ont été suivies selon le protocole national (2018). Les recherches ont été réalisées dans un **rayon de 50 m** autour du mât. La **surface moyenne de prospection est de 67 % sur l'intégralité du suivi**. Les tests de détection réalisés montrent une **déteçtabilité moyenne de 83 %**. Les tests de persistance réalisés à partir de 67 leurres montrent un **taux de persistance de 0 % en période 1** (intervalle de 7 j) et **de 3 % en période 2** (intervalle de 4 j).

8 cadavres ont été découverts, parmi lesquels :

- **7 oiseaux appartenant à au moins 4 espèces** : 3 Pigeons ramiers [locaux], 1 Etourneau sansonnet [local ou migrateur], 1 Tourterelle des bois [migratrice], 1 Pie bavarde [locale] et 1 oiseau indéterminé [local ou migrateur] ;
- **1 chiroptère** : 1 Noctule commune [locale ou migratrice].

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

Ils ont également été analysés à partir de l'application GenEst, développée par Huso & Dalthorp (USGS). Les résultats obtenus avec cette seconde méthode ont été conservés car elle permet un ajustement plus fin aux conditions réelles de suivi. Ainsi, l'estimation de la mortalité réelle aboutit à des valeurs médianes de la mortalité d'environ **76 oiseaux [IC 80 % : 39 – 122] sur l'ensemble du suivi** (mi-mai – fin octobre) dont **34 [IC 80 % : 14 - 65] en période 2** (août à octobre). Un seul cadavre de chauve-souris a été recensé sur le parc du Bois de l'Arche en 2022. Aucune estimation de la mortalité chiroptérologique n'a donc été retenue, du fait d'un échantillon statistique trop faible. Les estimations retenues présentent des biais faibles à modérés et peuvent être considérées comme fiables. **La mortalité constatée sur le parc du Bois de l'Arche en 2022 est homogène sur l'année** (cas de mortalité recensés entre fin mai et mi-octobre, sans pic détecté). Les individus impactés sont locaux ou migrateurs, sans dominance nette d'un des deux groupes.



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 2022, certaines espèces observées au sein ou aux abords du parc font partie des espèces susceptibles d'être impactées, par exemple le Faucon crécerelle, la Buse variable ou le Busard Saint-Martin. Les cas de mortalité constatés cette année sur le parc du Bois de l'Arche ont surtout concerné des colombidés. Aucun rapace n'a été trouvé sous les éoliennes en 2022.

Les tableaux ci-dessous présentent le niveau d'impact avéré du parc du Bois de l'Arche sur les oiseaux dont des cas de collision ont été relevés en 2022, par espèce puis par mois.

Statuts et enjeux des espèces d'oiseaux impactées en 2022 (méthode détaillée au chapitre 3.3.4) et niveaux d'impacts associés

	LRE	LRN nich	LRN migr	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
					Sensibilité à l'impact (Dürr, 2022)	Portée de l'impact	Intensité d'impact	Enjeu spécifique régional ou européen	Niveau d'impact par espèce
Etourneau sansonnet <i>Sturnus vulgaris</i>	LC	LC	NA	LC	Faible (222 cas en Europe, dont 53 en France)	Faible 1 cadavre (BdA5, 16/08/22) [Local ou migrateur]	Faible	Faible	Négligeable
Pie bavarde <i>Pica pica</i>	LC	LC	NA	LC	Faible (46 cas en Europe, dont aucun en France)	Faible 1 cadavre (BdA4, 10/10/22) [Locale]	Faible	Faible	Négligeable
Pigeon ramier <i>Columba palumbus</i>	LC	LC	NA	LC	Faible (279 cas en Europe, dont 39 en France)	Moyenne 3 cadavres (BdA1, 24/05/22 ; BdA2, 30/05/22 ; BdA4, 20/06/22) [Locaux]	Faible	Faible	Négligeable
Tourterelle des bois <i>Streptopelia turtur</i>	VU	VU	NA	LC	Faible (40 cas en Europe, dont 5 en France)	Faible 1 cadavre (BdA4, 26/09/22) [Migratrice]	Faible	Assez fort	Faible

Le niveau d'impact constaté par la mortalité est faible à négligeable. Aucun cadavre d'espèce protégée à l'échelle nationale en vertu de l'arrêté du 29 octobre 2009 (publié au J.O. du 5 décembre 2009) n'a été recensé en 2022.

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 - 2022	Mortalité estimée avec GenEst - 2022	Niveau d'impact par mois
Mai	2 Pigeons ramiers	Période 1 : 39 oiseaux [IC 80 % : 13 - 72]*	Négligeable
Juin	1 Pigeon ramier		Négligeable
Juillet	RAS		Négligeable
Août	1 Etourneau sansonnet	Période 2 : 34 oiseaux [IC 80 % : 14 - 65]	Négligeable
Septembre	1 oiseau indéterminé 1 Tourterelle des bois		Faible
Octobre	1 Pie bavarde		Négligeable

*Estimation présentant des biais significatifs

6.2 CHAUVES-SOURIS

1 cadavre de chauve-souris a été retrouvé au cours des 33 passages réalisés de mi-mai à fin octobre 2022. L'évaluation ci-dessous se base sur les résultats du suivi de la mortalité et du suivi acoustique à hauteur de nacelle. Les tableaux ci-dessous présentent le niveau d'impact par espèce puis par mois.

Statuts et enjeux des espèces de chauves-souris impactées en 2022 (méthode détaillée au chapitre 3.3.4) et niveaux d'impacts associés

	LRE	LRN	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
				Sensibilité à l'impact (maximum entre Dürr, juin 22 et Eurobats, juin 18)	Portée de l'impact	Intensité d'impact	Enjeu spécifique régional ou national	Niveau d'impact par espèce
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	LC	VU	NT	Forte (1 616 cas en Europe, dont 147 en France)	Faible ----- 1 cadavre (BdA2, 25/07/22) ----- Activité nacelle <u>Juillet</u> : 4 contacts à la fin du mois. <u>Août</u> : 1 nuit avec une assez forte activité, 5 nuits avec une forte activité et 2 nuits avec une très forte activité. <u>Septembre</u> : 1 nuit avec une activité moyenne et 4 nuits avec une forte activité. <u>Octobre</u> : 2 contacts au début du mois. ----- [Locale ou migratrice]	Moyenne	Assez fort	Moyen

NB : La portée de l'impact présentée dans le tableau de synthèse est ici attribuable à l'impact sur les populations concernées. Pour les chauves-souris, les tailles de populations européennes ne sont pas connues et à l'échelle du

parc, l'étude d'impact ne fournit pas ces éléments. Bien que la portée ne soit pas mesurable, elle est estimable dans l'état actuel de nos connaissances.

La Noctule commune est protégée 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 détaille les risques de collision pour chaque mois du suivi. Dans le cas de la présente étude, aucune estimation statistique n'a été retenue concernant la mortalité des chiroptères, en raison des forts biais identifiés. De ce fait, le niveau d'impact établi par mois est essentiellement basé sur la mortalité brute et l'activité à hauteur de nacelle, avec un focus particulier sur la Noctule commune.

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

	Activité à hauteur de nacelle - 2022	Mortalité brute - 2022	Mortalité estimée avec GenEst - 2022	Niveau d'impact par mois
Avril	Activité nulle, aucun contact enregistré.	RAS	Période 1 : Non estimé	Négligeable
Mai	Activité faible avec une moyenne de 1,3 contact/nuit. 1 nuit avec Q>75%. 17 contacts de Noctule de Leisler.	RAS		Négligeable
Juin	Activité forte mais hétérogène avec une moyenne de 25,5 contacts/nuit. 5 nuits avec Q>75%. 5 contacts de Noctule de Leisler et 171 contacts de Pipistrelle de Nathusius.	RAS		Négligeable
Juillet	Activité forte avec une moyenne de 16,5 contacts/nuit. 3 nuits avec Q>75%. 4 contacts de Noctule commune et 23 contacts de Noctule de Leisler.	1 Noctule commune	Période 2 : Non estimé	Moyen
Août	Activité forte avec une moyenne de 13,9 contacts/nuit. 10 nuits avec Q>75%. 190 contacts de Noctule commune et 200 contacts de Noctule de Leisler.	RAS		Moyen
Septembre	Activité assez forte avec une moyenne de 7,0 contacts/nuit. 6 nuits avec Q>75%. 63 contacts de Noctule commune, 45 contacts de Noctule de Leisler et 2 contacts de Pipistrelle de Nathusius.	RAS		Faible
Octobre	Activité faible avec une moyenne de 1,6 contacts/nuit. 3 nuits avec Q>75%. 2 contacts de Noctule commune, 5 contacts de Noctule de Leisler et 1 contact de Pipistrelle de Nathusius.	RAS		Négligeable
Novembre	Activité nulle, aucun contact enregistré.	RAS		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.

6.3 ELEMENTS DE COMPARAISON AVEC LE PRECEDENT SUIVI DE MORTALITE (2015)

Pour rappel, les résultats bruts de mortalité obtenus lors du suivi de 2015 n'ont pas été corrigés selon les modèles statistiques habituellement utilisés (Erickson, Huso et Jones), du fait de l'ancienneté du suivi. Les données de mortalité récoltées en 2015 n'ont pas été implémentées dans EolApp ou GenEst car les paramètres nécessaires à l'analyse (surface moyenne de prospection, efficacité des observateurs, persistance des cadavres) n'ont pas été relevés.

Les estimations de mortalité ont été établies sur la base de coefficients correcteurs moyens en 2015, extraits de diverses publications et s'approchant des conditions locales du parc du Bois de l'Arche (contexte agricole intensif du nord de la France). La mortalité a ainsi été estimée dans une fourchette comprise entre 2,1 et 6 cadavres par éolienne par an pour les chiroptères. Cette estimation est de 5,4 cadavres par éolienne par an pour les oiseaux. **Toutefois, les méthodes d'estimation de la mortalité sont très différentes entre 2015 et 2022, elles ne peuvent donc pas être comparées.**

La méthode de suivi employée est en revanche comparable entre 2015 et 2022. En effet, le suivi de 2015 a également été réalisé dans le rayon de 50 m autour des 5 éoliennes du parc du Bois de l'Arche. Le nombre de passage (24 en 2015, 33 en 2022) et la période du suivi (début avril à fin novembre en 2015, mi-mai à fin octobre en 2022) diffèrent quelque peu, mais les deux suivis peuvent toutefois être comparés en termes de mortalité brute. En effet, 12 des 13 cas de mortalité constatés en 2015 l'ont été entre le 21 mai et le 14 octobre (1 cas fin novembre).

En 2015, 9 oiseaux et 4 chiroptères ont été trouvés sur le parc. Ainsi, le nombre brut de cadavres de chiroptères a diminué en 2022 (1 cas de mortalité). Le nombre d'oiseaux trouvés sous les éoliennes a également diminué (7 cadavres en 2022, sur un nombre de passages plus important).

En 2015, la mortalité chiroptérologique constatée était répartie entre fin juillet et début septembre. Les oiseaux ont été trouvés entre mi-mai et fin novembre. Les périodes de découverte sont similaires en 2022.

La seule espèce dont la mortalité a été constatée à la fois en 2015 et en 2022 est l'Étourneau sansonnet sur le parc du Bois de l'Arche. Pour les chauves-souris, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Nathusius ont été impactées en 2015, tandis que c'est un cadavre de Noctule commune qui a été trouvé en 2022. Les cas de mortalité pour les oiseaux sont également différents entre 2015 et 2022. Alors qu'ils sont majoritaires en 2022, aucun colombidé n'a été trouvé sous les éoliennes en 2015. A l'inverse, plusieurs canards et 1 Faucon crécerelle ont été impactés sur le parc en 2015, alors qu'aucun cas de mortalité n'a été observé en 2022 pour ces espèces. Les cas de mortalité de passereaux étaient également plus importants en 2015.

Les risques de collision pour les chiroptères et les oiseaux n'ont pas été évalués par mois en 2015. Cette étude n'a par ailleurs pas fait l'objet d'un suivi de l'activité chiroptérologique en nacelle.

Pour rappel, les éoliennes BdA1 et BdA5 ont fait l'objet d'une régulation à l'issue du suivi de 2015. Un bridage des deux machines a été préconisé, entre le 15 juillet et le 30 septembre, sur les 6 premières heures de la nuit et pour des vitesses de vent moyennes inférieures à 6 m/s.

Sur la base des éléments obtenus et malgré une baisse du nombre brut de cadavres découverts, il est possible de constater que **le bridage mis en place sur le parc du Bois de l'Arche entre juillet et septembre peut être affiné.** Le niveau d'impact pour les chauves-souris, et notamment pour la **Noctule commune**, est en effet **moyen en juillet et en août et faible en septembre, ce qui constitue un impact significatif.**

En conclusion, le niveau d'impact pour chacune des espèces dont la mortalité a été constatée en 2022 (et, en complément, dont l'activité à hauteur de nacelle a été enregistrée pour les chauves-souris) sur le parc du Bois de l'Arche a été défini à partir du croisement entre l'intensité de l'impact et l'enjeu de conservation des espèces. **Ce niveau d'impact est faible à négligeable pour les différentes espèces d'oiseaux détectées (faible pour la Tourterelle des bois, négligeable pour les autres espèces) et moyen pour la Noctule commune.**

Le niveau d'impact pour les oiseaux est négligeable sur l'ensemble de la période suivie en 2022 (mi-mai à fin octobre), sauf en septembre, où le niveau d'impact est faible.

Pour les chauves-souris, le niveau d'impact est moyen en juillet et en août, faible en septembre et négligeable sur le reste de la période suivie.

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

7. MESURES DE REDUCTION DES RISQUES DE COLLISION

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

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

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

7.1.1 PRINCIPE GENERAL

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

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

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

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

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

7.1.2 RENFORCEMENT DE L'ALGORITHME DE BRIDAGE NOCTURNE PRECONISE

La mortalité résiduelle constatée en 2022 est significative pour les chiroptères. **Le niveau d'impact est moyen en juillet et en août et faible en septembre.** Ce niveau d'impact est par ailleurs faible en septembre.

Ainsi, le bridage est à renforcer. Le tableau ci-dessous détermine pour chaque mois les paramètres de bridage à établir afin de réduire les niveaux d'impact pour les chauves-souris, à partir de 2023.

Préconisations de bridage pour réduire les risques de collision des chiroptères issues du suivi de 2022, en incluant la température à hauteur de nacelle et la durée du bridage à la suite de l'heure du coucher du soleil
(niveau d'impact : blanc : négligeable (= non significatif) ; gris = faible ; jaune = moyen)

Mois	Bridage appliqué depuis 2015	Bridage à appliquer en 2023
Janvier à juin	Aucun bridage	Aucun bridage
Juillet Durée de la nuit [8h-9h] Août Durée de la nuit [9h-11h30]	Début : mi-juillet ≤ 6 m/s 6 premières heures de la nuit Pas de température Eoliennes BdA1 et BdA5	Début : 1^{er} juillet ≤ 4,5 m/s 6 premières heures de la nuit Pas de température Toutes les éoliennes <hr/> Protection estimée toutes espèces : 84 % Protection estimée Noctule commune : 80 %
Septembre Durée de la nuit [11h30-12h30]	Protection estimée toutes espèces : 79 % Protection estimée Noctule commune : 87 % Ces taux de protection ne concernent que les éoliennes bridées	≤ 6 m/s 6 premières heures de la nuit Pas de température Toutes les éoliennes <hr/> Protection estimée toutes espèces : 54 % Protection estimée Noctule commune : 71 %
Octobre à décembre	Aucun bridage	Aucun bridage

Pour mémoire, le déclenchement du bridage est conditionné à la validité des paramètres vent et périodes de la nuit simultanément. Les paramètres température et précipitations ne peuvent être intégré au bridage sur ce modèle d'éoliennes.

Il est à noter que le bridage nocturne sera aussi bénéfique, indirectement, aux oiseaux migrateurs de nuit.

8. SUIVI DE L'EFFICACITE DES MESURES

L'arrêté ministériel du 22 juin 2020 relatif à la notion ICPE-éolien, prévoit dorénavant que **le suivi environnemental soit renouvelé dans les 12 mois si le précédent suivi a mis en évidence un impact significatif et qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives.**

Au vu des risques de collision pour les chauves-souris identifiées sur le parc du Bois de l'Arche, **nous estimons qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives préconisées en fin de suivi par un autre suivi de mortalité entre juillet et septembre 2023, couplé à un suivi chiroptérologique à hauteur de nacelle, afin d'ajuster au mieux les paramètres du bridage.**

Compte tenu d'un taux de persistance particulièrement faible des cadavres sur le parc, il semble pertinent d'effectuer 2 passages par semaine pour le suivi de mortalité de 2023 (1 passage tous les 3,5 jours).





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 de Reims les 15, 16 et 17 septembre 2010. ADEME, MEEDDM, SER/FEE, LPO. 31 p.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Arnett E., Schirmacher M., Huso M. & Hayes J. 2009. Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities – Bats and Wind Energy Cooperative, 44p.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Bergen F. 2001. Windkraftanlagen und Frühjahrsdurchzug des Kiebitz (Vanellus vanellus): eine Vorher-Nachher-Studie an einem traditionellen Rastplatz in Nordrhein-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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dalthorp, D., Madsen, L., Huso, M., Rabie, P., Wolpert, R., Studyvin, J., Simonis, J., and Mintz, J. 2018. GenEst statistical models—A generalized estimator of mortality: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 7, chap. A2, 13 p., <https://doi.org/10.3133/tm7A2>.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dürr T. 2022. Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. NABU. Mise à jour du document : juin 2022.

Dürr T. 2022. Vogelverluste an Windenergieanlagen / bird fatalities at windturbines in Europe. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. NABU. Mise à jour du document : juin 2022.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Grünkorn, T., Blew, J., Krüger, O., Potiek, A., Reichenbach, M., von Rönn, J., Timmermann, H., Weitekam, S. & Nehls, G. 2017. A large-scale, multispecies assessment of avian mortality rates at land-based wind turbines in Northern Germany. In: Köppel, J. (ed.) *Wind Energy and Wildlife Interactions*, DOI 10.1007/978-3-319-51272-3_3.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Hutterer R., Ivanova T., Meyer-Cords C. & Rodrigues L. 2005. Bat Migrations in Europe. A review of banding data and literature. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 28, 162 p. + annexes.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Korner-Nievergelt F., Brinkmann R., Niermann O. & Behr O. 2013. Estimating Bat and Bird Mortality 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 muséum de la région Centre. Symbioses, nouvelle série. Mars 2016, 34, pp. 46-48.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Pedersen M. N. & Poulsen E. 1991. En 90m/2 MW vindmoelles invirkning pa fuglelivet. Fugles reaktioner pa opfoerelse og ideftsattelsen af tjareborgmoellen ved Det Danske Vadehav. *Danske Vildundersoegelser* 47: 44.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

Semaine	Date	Tâche	Intervenant Ecosphère	Intervalle (j)
20	17/05/2022	Suivi mortalité	Fabien FERNANDEZ	
21	24/05/2022	Suivi mortalité	Fabien FERNANDEZ	7
22	30/05/2022	Suivi mortalité Test de persistance (dépôt)	Fabien FERNANDEZ	6
	31/05/2022	Test de persistance (J+1)	Fabien FERNANDEZ	
	01/06/2022	Test de persistance (J+2) + Test de persistance bis (dépôt)	Fabien FERNANDEZ	
	02/06/2022	Test de persistance (J+3) + Test de persistance bis (J+1)	Fabien FERNANDEZ	
23	06/06/2022	Suivi mortalité Test de persistance (J+7) + Test de persistance bis (J+5)	Fabien FERNANDEZ	7
	09/06/2022	Test de persistance (J+10) + Test de persistance bis (J+8)	Fabien FERNANDEZ	
24	13/06/2022	Suivi mortalité Test d'efficacité Test de persistance (J+14) + Test de persistance bis (J+12)	Fabien FERNANDEZ + Bastien CORNIAUX	7
25	20/06/2022	Suivi mortalité	Fabien FERNANDEZ	7
26	27/06/2022	Suivi mortalité	Fabien FERNANDEZ	7
27	04/07/2022	Suivi mortalité	Fabien FERNANDEZ	7
28	11/07/2022	Suivi mortalité	Fabien FERNANDEZ	7
29	18/07/2022	Suivi mortalité	Fabien FERNANDEZ	7
30	25/07/2022	Suivi mortalité	Fabien FERNANDEZ	7
31	02/08/2022	Suivi mortalité	Elise ANDRE + Iserette ANDRE	8
32	08/08/2022	Suivi mortalité	Iserette ANDRE	6
33	16/08/2022	Suivi mortalité	Fabien FERNANDEZ	8
34	22/08/2022	Suivi mortalité	Fabien FERNANDEZ	6
35	29/08/2022	Suivi mortalité	Fabien FERNANDEZ	7
	02/09/2022	Suivi mortalité	Nidal ISSA	4
36	05/09/2022	Test de persistance (dépôt)	Fabien FERNANDEZ	

Semaine	Date	Tâche	Intervenant Ecosphère	Intervalle (j)
	06/09/2022	Suivi mortalité Test d'efficacité Test de persistance (J+1)	Fabien FERNANDEZ + Virgile SCHON	4
	07/09/2022	Test de persistance (J+2)	Fabien FERNANDEZ	
	09/09/2022	Suivi de mortalité Test de persistance (J+4)	Virgile SCHON	3
37	12/09/2022	Suivi mortalité Test de persistance (J+7)	Fabien FERNANDEZ	3
	14/09/2022	Suivi de mortalité Test de persistance (J+9)	Virgile SCHON	2
38	20/09/2022	Suivi mortalité Test de persistance (J+15)	Hugo AUCLAIR	6
	23/09/2022	Suivi mortalité	Hugo AUCLAIR	3
39	26/09/2022	Suivi mortalité	Fabien FERNANDEZ	3
	30/09/2022	Suivi mortalité	Bastien CORNIAUX	4
40	03/10/2022	Suivi mortalité	Fabien FERNANDEZ	3
	06/10/2022	Suivi mortalité	Hugo AUCLAIR	3
41	10/10/2022	Suivi mortalité	Fabien FERNANDEZ	4
	14/10/2022	Suivi mortalité	Hugo AUCLAIR	4
42	18/10/2022	Suivi mortalité	Fabien FERNANDEZ	4
	21/10/2022	Suivi mortalité	Fabien FERNANDEZ	3
43	25/10/2022	Suivi mortalité	Hugo AUCLAIR	4
	28/10/2022	Suivi mortalité	Hugo AUCLAIR	3

ANNEXE 2 : SURFACES PROSPECTEES PAR EOLIENNE AU COURS DU SUIVI

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

PERIODE	Nbr de passages	BdA1			BdA2			BdA3			BdA4			BdA5			% moyen de surface prospectée sur l'ensemble du parc :
		Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	
1 (mi-mai - fin juillet)	11	3165	4689	40%	2905	4949	37%	3520	4334	45%	2277	5577	29%	2294	5560	29%	36%
2 (début août - fin octobre)	22	7854	0	100%	6593	1261	84%	5200	2655	66%	6615	1239	84%	6261	1593	80%	83%
	Moyenne	6291	1563	80%	5363	2491	68%	4640	3214	59%	5169	2685	66%	4939	2915	63%	67%

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

Groupe d'espèces	Nom français	Nom scientifique	Age	Sexe	Date ramassage	Commune	Dpt	Coord_X_L93	Coord_Y_L93	Distance mat	Num éolienne	Découvreur	Structure	Etat	Occupation du sol	Visibilité	Statut	Cause mortalité
Oiseau	Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	+1A	?	24/05/2022	Beauvilliers	28	48,284977 N	1,655572 E	9	BdA1	Fabien Fernandez	ECOSPHERE	Plumée	Végétation basse	Moyenne	Plumée	Collision puis prédation probable
Oiseau	Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	VOL	?	30/05/2022	Beauvilliers	28	48,285038 N	1,647912 E	12	BdA2	Fabien Fernandez	ECOSPHERE	Plumée	Végétation basse	Moyenne	Plumée	Collision puis prédation probable
Oiseau	Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	VOL	?	20/06/2022	Beauvilliers	28	48,294487 N	1,639072 E	8	BdA4	Fabien Fernandez	ECOSPHERE	Plumée	Végétation basse	Moyenne	Cadavre dévoré	Collision puis prédation probable
Chiroptères	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	VOL	?	25/07/2022	Beauvilliers	28	48,285015 N	1,648433 E	31	BdA2	Fabien Fernandez	ECOSPHERE	Frais	Végétation basse	Moyenne	Cadavre	Barotraumatisme
Oiseau	Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	VOL	?	16/08/2022	Beauvilliers	28	48,300157 N	1,642418 E	32	BdA5	Fabien Fernandez	ECOSPHERE	Très dégradé	Végétation basse	Bonne	Cadavre	Inconnu
Oiseau	Oiseau indéterminé	-	VOL	?	09/09/2022	Beauvilliers	28	48,300157 N	1,642418 E	32	BdA5	Virgile Schön	ECOSPHERE	Très dégradé	Végétation basse	Bonne	Cadavre	Inconnu
Oiseau	Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	1A	?	26/09/2022	Beauvilliers	28	48,294347 N	1,638978 E	18	BdA4	Fabien Fernandez	ECOSPHERE	Frais	Sol nu de plateforme	Très bonne	Cadavre	Collision
Oiseau	Pie bavarde	<i>Pica pica</i>	VOL	?	10/10/2022	Beauvilliers	28	48,294387 N	1,639065 E	15	BdA4	Fabien Fernandez	ECOSPHERE	Très dégradé	Végétation basse sur plateforme	Moyenne	Plumée	Collision puis prédation probable

*Age : +1A = adulte, ou oiseau de plus d'un an ; 1A = 1^{re} année ; VOL = volant, âge non identifiable

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

Exemple d'une capture d'écran.

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

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :

Browse... Cadavres_tot_Beauvilliers_Sv_22.csv

Upload complete

Nb lignes lues = 33

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

Browse... Persistance_tot_Beauvilliers_Sv_22.csv

Upload complete

Nombre de lignes lues = 67

Méthode de calcul des intervalles de confiance

Non-paramétrique

Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =

5,1

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =

141

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

117

Pourcentage de la surface prospectée =

0,67

CALCULER

Données en entrée

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

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

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

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

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	174.22	70.50	361.62	102.44	280.35
Huso	433.69	148.25	927.94	224.66	774.77
Winkelmann	NA	NA	NA	NA	NA
Jones	775.05	353.58	990.01	514.38	952.81

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

Présentation de quelques captures d'écran.

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

General Inputs
Searcher Efficiency
Carcass Persistence
Mortality Estimation
Detection Probability

Model Inputs:

Carcass ID Column (CO)

Fraction of Facility Surveyed:

Density Weighted Proportion:

Date Found:

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

Search Schedule (SS) Variable:

Carcass Observation (CO) Variable:

Figures
Summary

Show entries Search:

	Group	Season	X	10%	25%	50%	75%	90%
1	bat	periode_1	1	1	1	14.87	25.53	35.21
2	bat	periode_2	0	0	0	0	0	0
3	bird	periode_1	3	13.15	25.29	39.02	55.41	71.51
4	bird	periode_2	4	14.41	21.71	33.84	49.22	65.06

Showing 1 to 4 of 4 entries Previous Next



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

General Inputs Searcher Efficiency Carcass Persistence **Mortality Estimation** Detection Probability

Model Inputs:

Carcass ID Column (CO)

Fraction of Facility Surveyed:

Density Weighted Proportion:

Date Found:

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

Search Schedule (SS) Variable:

Carcass Observation (CO) Variable:

Figures Summary

Show entries Search:

	Group	X	10%	25%	50%	75%	90%
1	bat	1	1	1	14.87	26.78	35.2
2	bird	7	39.17	56.99	75.54	97.39	121.74

Showing 1 to 2 of 2 entries Previous Next



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

	Test 1	Test 2	Test 3	
DATAFILES INPUTS :	DWP_période tot	DWP_par période	DWP_période tot	
GENERAL INPUTS	<i>Model inputs</i>			
	Number of iteration	1000	1000	1000
	Confidence level	0,8	0,8	0,8
	Carcass Class Column		SEASON	
SEARCHER EFFICIENCY	<i>Model inputs</i>			
	Observations	Efficacite1	Efficacite1	Efficacite1
	Predictor variables	Size, Visibility	Size, Visibility	Season, Visibility
	Fixed k	0,75	0,75	0,75
	<i>Selection</i>			
	p model / p ~ k model	Size, Visibility 0,75	Visibility 0,75	Season + Visibility 0,75
CARCASS PERSISTENCE	<i>Model inputs</i>			
	Last time present	LastPresent	LastPresent	LastPresent
	First time absent	FirstAbsent	FirstAbsent	FirstAbsent
	Predictor variables	Season	Aucune	Season
	Distributions	exp ; weibull ; lognormal ; loglogistic	exp ; weibull ; lognormal ; loglogistic	exp ; weibull ; lognormal ; loglogistic
	<i>Selection</i>			
Distribution	loglogistic	lognormal	loglogistic	
Location ~	Season	constant	Season	
Scale ~	constant	constant	constant	
MORTALITY ESTIMATION	<i>Model inputs</i>			
	Carcass ID	carclD	carclD	carclD
	Fraction of Facility Surveyed	1	1	1
	DWP	periode_tot	-	periode_tot
	Date found	DateFound	DateFound	DateFound
	<i>Split mortality</i>			
	Search Schedule (SS) Variable	Season		Season
Carcass Observation (CO) Variable	Group		Group	

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



**Direction Départementale des Territoires
d'Eure-et-Loir**
Service de la gestion des risques, de l'eau
et de la biodiversité
Pôle nature

**ARRÊTE N° DDT-SGREB-PN 2022-033 ANNULE ET REMPLACE
L'ARRÊTÉ N° DDT-SGREB-PN 2022-029**
portant octroi d'une dérogation à l'interdiction de capture, de transport
et de détention de cadavres de chauves-souris et d'oiseaux accordée à Ecosphère

**Le Préfet d'Eure-et-Loir,
Chevalier de la Légion d'Honneur
Officier de l'ordre national du mérite**

- Vu** le Code de l'environnement et notamment ses articles L 411-1, L 411-2 et R 411-6 ;
- Vu** le décret n° 97-34 du 15 janvier 1997 modifié relatif à la déconcentration des décisions administratives individuelles ;
- Vu** l'arrêté ministériel du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L 411-2 du Code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées ;
- Vu** l'arrêté ministériel du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de protection ;
- Vu** l'arrêté du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ;
- Vu** la demande en date du 07 mars 2022 présentée par la société ECOSPHERE situé 112 rue du Nécotin – ZAC des Châteliers F. - 45000 ORLEANS, à l'effet d'être autorisé à capturer, transporter et détenir des cadavres d'espèces de chiroptères et d'oiseaux dans le cadre de suivis post-installation de parcs éoliens situés sur le département d'Eure-et-Loir ;
- 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 du Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel de la Région Centre-Val de Loire ;
- 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** le décret du 6 janvier 2021, portant nomination de Madame Françoise SOULIMAN en qualité de Préfet d'Eure-et-Loir ;
- Vu** l'arrêté en date du 25 janvier 2021 portant délégation de signature au profit de Guillaume BARRON, directeur départemental des territoires d'Eure-et-Loir ;
- Vu** la décision du 29 mars 2022 donnant subdélégation de signature à M. David ROZET, Chef du Service de la Gestion des Risques, de l'Eau et de la Biodiversité ;

Considérant que la demande de dérogation porte sur le prélèvement, la capture, le transport, la détention de cadavres de chiroptères et d'oiseaux à des fins d'étude scientifique dans le cadre d'un suivi post-installation de parcs éoliens ;

Considérant que les cadavres collectés seront conservés au bureau d'Ecosphère Agence Centre-Val de Loire le temps de leur identification puis envoyés au Muséum d'Histoire Naturelle de Bourges ;

Considérant l'intérêt pour la protection de la faune de mieux connaître la répartition de la population de ces espèces et l'impact des éoliennes sur ces populations ;

1

Considérant que la dérogation ne nuit pas au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations de l'espèce considérée dans leur aire de répartition naturelle ;

Considérant la qualification du demandeur et les objectifs scientifiques poursuivis ;

Considérant la demande d'ECOSPHERE à autoriser le personnel de l'Association d'Eure et Loir Nature à participer aux opérations de suivi et notamment à prélever et transporter les cadavres d'espèces de chiroptères et d'oiseaux

SUR proposition de Monsieur le Directeur Départemental des Territoires d'Eure et Loir ;

ARRÊTE

ARTICLE 1^{er} : Bénéficiaire de l'autorisation

La présente autorisation est délivrée à la société ECOSPHERE situé 112 rue du Nécotin – ZAC des Châteliers F. - 45000 ORLEANS.

Le personnel d'Ecosphère est autorisé sous la responsabilité de M. Guillaume VUITTON, de prélever, transporter, détenir des cadavres des spécimens des espèces de chiroptères et d'oiseaux à des fins d'étude scientifique dans le cadre d'un suivi post installation de l'impact des parcs éoliens.

Ce personnel pourra être complété par des personnes en CDD saisonniers qui seront formés et suivis par Ecosphère.

Le personnel de l'association d'Eure et Loir Nature pourra être amené à participer aux opérations de suivi sur la mortalité des chiroptères et des oiseaux sur les parcs éoliens. Ils seront autorisés à manipuler et à transporter les espèces listées ci-dessous sous la responsabilité d'Ecosphère.

ARTICLE 2 : Espèces concernées

Chiroptères : liste ci-dessous

<i>Rhinolophus hipposideros</i> : petit rhinolophe	<i>Nyctalus lasiopterus</i> : grande noctule
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> : grand rhinolophe	<i>Eptesicus serotinus</i> : sérotine commune
<i>Rhinolophus euryale</i> : rhinolophe euryale	<i>Vespertilio murinus</i> : sérotine bicolore
<i>Myotis daubentonii</i> : murin de Daubenton	<i>Eptesicus nilsoni</i> : sérotine de Nilson
<i>Myotis brandtii</i> : murin de Brandt	<i>Pipistrellus pipistrellus</i> : pipistrelle commune
<i>Myotis alcathoe</i> : murin d'Alcathoe	<i>Pipistrellus pygmaeus</i> : pipistrelle pygmée
<i>Myotis mystacinus</i> : murin à moustache	<i>Pipistrellus nathusii</i> : pipistrelle de Nathusius
<i>Myotis emarginatus</i> : murin à oreilles échanquées	<i>Pipistrellus kuhlii</i> : pipistrelle de Kuhl
<i>Myotis nattereri</i> : murin de Natterer	<i>Plecotus auritus</i> : oreillard roux
<i>Myotis bechsteinii</i> : vespertilion de Bechstein	<i>Plecotus austriacus</i> : oreillard gris
<i>Myotis myotis</i> : grand murin	<i>Barbastella barbastellus</i> : barbastelle d'Europe
<i>Nyctalus noctula</i> : noctule commun	<i>Miniopterus shreibersii</i> : minioptère de Shreibers
<i>Nyctalus leisleri</i> : noctule de Leister	

Avifaune : voir liste en annexe 1

2

ARTICLE 3 : Conditions de la dérogation

La présente dérogation est délivrée sur l'ensemble du territoire d'Eure-et-Loir.

Les cadavres des espèces susvisées seront, en cas de besoin, collectés manuellement, transportés et conservés dans les locaux du bureau d'études Ecosphère – Agence Centre Bourgogne situé 112 rue du Nécotin – ZAC des Châteliers F. - 45000 ORLEANS, le temps de leur identification.

Les cadavres des chiroptères devront être déposés au Muséum de Bourges pour analyse isotopique, afin de compléter l'étude portant sur l'origine géographique des spécimens impactés.

Le personnel intervenant appliquera le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres élaboré sous la responsabilité du Ministère de la Transition Ecologique (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 de l'opération et les données géographiques recueillies seront adressés annuellement et au plus tard le 31 mars de chaque année, aux structures suivantes :

• Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement du Centre - Service de l'Eau et de la Biodiversité - Département Biodiversité – Unité Connaissance et Préservation de la Biodiversité – 5, avenue de Buffon - BP 6407 - 45064 ORLEANS Cedex 2 ;

• Direction Départementale des Territoires d'Eure et Loir – Service de la Gestion des Risques, de l'Eau et de la Biodiversité – Bureau Pôle Nature – 17, place de la République – CS 40517 - 28008 CHARTRES Cedex.

ARTICLE 5 : Durée de la dérogation

La présence autorisation est valable à compter de la date de signature du présent arrêté au 31 décembre 2024 inclus.

ARTICLE 6 :

En application de l'article L.411-2 du code des relations entre le public et l'administration et de l'article R.421-1 du code de justice administrative, le présent arrêté peut faire l'objet :

- d'un recours administratif dans un délai de deux mois suivant sa publication :
 - recours gracieux auprès du préfet du département d'Eure-et-Loir ;
 - ou recours hiérarchique auprès du ministre de la Transition écologique ;
- d'un recours contentieux devant le tribunal administratif d'Orléans dans un délai de deux mois à compter de sa publication. Le tribunal administratif peut être saisi par l'application informatique « Télérecours citoyens » accessible par le site internet www.telerecours.fr.

Lorsque dans le délai initial du recours contentieux, est exercé un recours administratif, le recours contentieux est interrompu et ne recommence à courir que lorsque le recours administratif a été rejeté.

ARTICLE 7 :

Le Secrétaire Général de la Préfecture, le Directeur Départemental des Territoires, le Commandant du groupement de Gendarmerie d'Eure-et-Loir, le chef de service de l'Office Français pour la Biodiversité sont chargés, chacun en ce qui les concerne, de l'exécution du présent arrêté.

Fait à Chartres, le 07 JUIL. 2022

Le Chef du Service de la Gestion des Risques,
de l'Eau et de la Biodiversité

David ROZET

3

ANNEXE 1 à l'arrêté n°DDT-SGREB-PN 2022-029

Nom valide	Nom vernaculaire	CD NOM
<i>Prunella collaris</i> (Scopoli, 1769)	Accenteur alpin	3984
<i>Prunella modularis</i> (Linnaeus, 1758)	Accenteur mouchet	3978
<i>Hieraaetus pennatus</i> (Gmelin, 1788)	Aigle botté	2651
<i>Clanga clanga</i> (Pallas, 1811)	Aigle criard	836346
<i>Clanga pomarina</i> (C. L. Brehm, 1831)	Aigle pomarin	836345
<i>Aquila chrysaetos</i> (Linnaeus, 1758)	Aigle royal	2645
<i>Egretta garzetta</i> (Linnaeus, 1766)	Aigrette garzette	2497
<i>Calandrella brachydactyla</i> (Leisler, 1814)	Alouette calandrelle	3649
<i>Lulula arborea</i> (Linnaeus, 1758)	Alouette lulu	3670
<i>Accipiter gentilis</i> (Linnaeus, 1758)	Autour des palombes	2891
<i>Recurvirostra avosetta</i> (Linnaeus, 1758)	Avocette élégante	3116
<i>Pandion haliaetus</i> (Linnaeus, 1758)	Balibuzard pêcheur	2660
<i>Calidris ferruginea</i> (Pontoppidan, 1763)	Bécasseau cocorli	2901
<i>Calidris temminckii</i> (Leisler, 1812)	Bécasseau de Temminck	3210
<i>Calidris minuta</i> (Leisler, 1812)	Bécasseau minute	3206
<i>Calidris alba</i> (Pallas, 1764)	Bécasseau sanderling	3195
<i>Calidris alpina</i> (Linnaeus, 1758)	Bécasseau variable	2911
<i>Loxia curvirostra</i> (Linnaeus, 1758)	Bec-croisé des sapins	4603
<i>Motacilla yarrellii</i> (Gould, 1837)	Bergeronnette de Yarrell	961306
<i>Motacilla cinerea</i> (Tunstall, 1771)	Bergeronnette des ruisseaux	3755
<i>Motacilla alba alba</i> (Linnaeus, 1758)	Bergeronnette grise	3943
<i>Motacilla alba</i> (Linnaeus, 1758)	Bergeronnette grise	3941
<i>Motacilla flava</i> (Linnaeus, 1758)	Bergeronnette printanière	3741
<i>Branta bernicla</i> (Linnaeus, 1758)	Bernache cravant	2757
<i>Branta leucopsis</i> (Bechstein, 1803)	Bernache nonnette	2750
<i>Nycticorax nycticorax</i> (Linnaeus, 1758)	Bihoreau gris	2481
<i>Pernis apivorus</i> (Linnaeus, 1758)	Bondrée apivore	2832
<i>Cettia cetti</i> (Temminck, 1820)	Bouscarle de Cetti	4151
<i>Pyrrhula pyrrhula</i> (Linnaeus, 1758)	Bouvreuil pivoine	4619
<i>Plectrophenax nivalis</i> (Linnaeus, 1758)	Bruant des neiges	4649
<i>Emberiza schoeniclus</i> (Linnaeus, 1758)	Bruant des roseaux	4669
<i>Emberiza cia</i> (Linnaeus, 1766)	Bruant fou	4663
<i>Emberiza citrinella</i> (Linnaeus, 1758)	Bruant jaune	4657
<i>Calcarius lapponicus</i> (Linnaeus, 1758)	Bruant lapon	4644

4

Emberiza melanocephala Scopoli, 1769	Bruant mélanocéphale	4680
Emberiza hortulana Linnaeus, 1758	Bruant ortolan	4665
Emberiza calandra Linnaeus, 1758	Bruant proyer	4686
Emberiza cirius Linnaeus, 1766	Bruant zizi	4659
Circus pygargus (Linnaeus, 1758)	Busard cendré	2887
Circus aeruginosus (Linnaeus, 1758)	Busard des roseaux	2878
Circus cyaneus (Linnaeus, 1766)	Busard Saint-Martin	2881
Buteo lagopus (Pontoppidan, 1763)	Buse pattue	2630
Buteo buteo (Linnaeus, 1758)	Buse variable	2623
Botaurus stellaris (Linnaeus, 1758)	Butor étoilé	2473
Nucifraga caryocatactes (Linnaeus, 1758)	Cassenoix moucheté	4480
Carduelis carduelis (Linnaeus, 1758)	Chardonneret élégant	4583
Tringa ochropus Linnaeus, 1758	Chevalier culblanc	2603
Actitis hypoleucos (Linnaeus, 1758)	Chevalier guillette	2616
Tringa glareola Linnaeus, 1758	Chevalier sylvain	2607
Corvus monedula Linnaeus, 1758	Choucas des tours	4494
Athene noctua (Scopoli, 1769)	Chouette chevêche	3511
Aegolius funereus (Linnaeus, 1758)	Chouette de Tengmalm	3533
Tyto alba (Scopoli, 1769)	Chouette effraie	3482
Strix aluco Linnaeus, 1758	Chouette hulotte	3518
Ciconia ciconia (Linnaeus, 1758)	Cigogne blanche	2517
Ciconia nigra (Linnaeus, 1758)	Cigogne noire	2514
Cinclus cinclus (Linnaeus, 1758)	Cincla plongeur	3958
Circaetus gallicus (Gmelin, 1788)	Circaète Jean-le-Blanc	2873
Cisticola juncidis (Rafinesque, 1810)	Cisticole des joncs	4155
Galerida cristata (Linnaeus, 1758)	Cochevis huppé	3656
Phalacrocorax aristotelis (Linnaeus, 1761)	Cormoran huppé	2447
Corvus corone cornix Linnaeus, 1758	Corneille mantelée	4505
Clamator glandarius (Linnaeus, 1758)	Coucou geai	3461
Cuculus canorus Linnaeus, 1758	Coucou gris	3465
Ardeola ralloides (Scopoli, 1769)	Crabier chevelu	2486
Cygnus cygnus (Linnaeus, 1758)	Cygne chanteur	2715
Cygnus columbianus bewickii Yarrell, 1830	Cygne de Bewick	2714
Cygnus olor (Gmelin, 1789)	Cygne tuberculé	2706
Himantopus himantopus (Linnaeus, 1758)	Echasse blanche	3112
Elanus caeruleus (Desfontaines, 1789)	Élanion blanc	2836
Cærimulgus europæus Linnaeus, 1758	Engoulevent d'Europe	3540
Accipiter nisus (Linnaeus, 1758)	Épervier d'Europe	2895
Sturnus unicolor Temminck, 1820	Étourneau unicolore	4518
Falco tinnunculus Linnaeus, 1758	Faucon crécerelle	2669
Falco eleonorae GÉNE, 1839	Faucon d'Éléonore	2681
Falco columbarius Linnaeus, 1758	Faucon émerillon	2676
Falco subbuteo Linnaeus, 1758	Faucon hobereau	2679
Falco vespertinus Linnaeus, 1766	Faucon kobez	2674
Falco peregrinus Tunstall, 1771	Faucon pèlerin	2938
Sylvia atricapilla (Linnaeus, 1758)	Fauvette à tête noire	4257
Sylvia curruca (Linnaeus, 1758)	Fauvette babillarde	4247
Sylvia borin (Boddaert, 1783)	Fauvette des jardins	4254
Sylvia communis Latham, 1787	Fauvette grisette	4252
Sylvia melanocephala (Gmelin, 1789)	Fauvette mélanocéphale	4232
Sylvia cantillans (Pallas, 1764)	Fauvette passerinette	4229
Sylvia undata (Boddaert, 1783)	Fauvette pitchou	4221
Phoenicopterus roseus Pallas, 1811	Flamant rose	199335
Aythya nyroca (Göldenstädt, 1770)	Fuligule nyroca	1995
Ficedula albicollis (Temminck, 1815)	Gobemouche à collier	4327

Muscicapa striata (Pallas, 1764)	Gobemouche gris	4319
Ficedula hypoleuca (Pallas, 1764)	Gobemouche noir	4330
Larus argentatus Pontoppidan, 1763	Goéland argenté	3302
Larus fuscus Linnaeus, 1758	Goéland brun	3297
Larus canus Linnaeus, 1758	Goéland cendré	3293
Larus michahellis Naumann, 1840	Goéland leucophaea	199374
Larus marinus Linnaeus, 1758	Goéland marin	3311
Chroicocephalus genei (Brême, 1839)	Goéland railleur	534662
Luscinia svecica (Linnaeus, 1758)	Gorgebleue à miroir	4023
Luscinia svecica cyaneocula (Wolf, 1810)	Gorgebleue à miroir blanc	4027
Corvus corax Linnaeus, 1758	Grand corbeau	4510
Phalacrocorax carbo (Linnaeus, 1758)	Grand Cormoran	2440
Charadrius hiaticula Linnaeus, 1758	Grand Gravelot	3140
Bubo bubo (Linnaeus, 1758)	Grand-duc d'Europe	3493
Ardea alba Linnaeus, 1758	Grande Aigrette	2504
Charadrius alexandrinus Linnaeus, 1758	Gravelot à collier interrompu	3142
Podiceps nigricollis Brehm, 1831	Grèbe à cou noir	974
Tachybaptus ruficollis (Pallas, 1764)	Grèbe castagneux	977
Podiceps auritus (Linnaeus, 1758)	Grèbe esclavon	971
Podiceps cristatus (Linnaeus, 1758)	Grèbe huppé	965
Podiceps grisegena (Boddaert, 1783)	Grèbe jougris	968
Certhia familiaris Linnaeus, 1758	Grimpeur des bois	3784
Certhia brachydactyla C.L. Brehm, 1820	Grimpeur des jardins	3791
Coccothraustes coccothraustes (Linnaeus, 1758)	Grosbec casse-noyaux	4625
Grus grus (Linnaeus, 1758)	Grue cendrée	3076
Merops apiaster Linnaeus, 1758	Guêpier d'Europe	3582
Chlidonias hybrida (Pallas, 1811)	Guifette moustac	459627
Chlidonias niger (Linnaeus, 1758)	Guifette noire	3371
Mergus merganser Linnaeus, 1758	Harle bièvre	2818
Mergus serrator Linnaeus, 1758	Harle huppé	2816
Mergellus albellus (Linnaeus, 1758)	Harle plette	199312
Ardea cinerea Linnaeus, 1758	Héron cendré	2506
Bubulcus ibis (Linnaeus, 1758)	Héron garde-bœufs	2489
Ardea purpurea Linnaeus, 1766	Héron pourpré	2508
Asio flammeus (Pontoppidan, 1763)	Hibou des marais	3525
Asio otus (Linnaeus, 1758)	Hibou moyen-duc	3522
Otus scops (Linnaeus, 1758)	Hibou Petit Duc	3489
Delichon urbicum (Linnaeus, 1758)	Hirondelle de fenêtre	459478
Riparia riparia (Linnaeus, 1758)	Hirondelle de rivage	3688
Ptyonoprogne rupestris (Scopoli, 1769)	Hirondelle de rochers	3692
Hirundo rustica Linnaeus, 1758	Hirondelle rustique	3696
Upupa epops Linnaeus, 1758	Huppe fasciée	3590
Hippolais icterina (Vieillot, 1817)	Hypolaïs icterine	4212
Hippolais polyglotta (Vieillot, 1817)	Hypolaïs polyglotte	4215
Plegadis falcinellus (Linnaeus, 1766)	Ibis falcinelle	2522
Linaria cannabina (Linnaeus, 1758)	Linotte mélodieuse	889047
Locustella luscinioides (Savi, 1824)	Locustelle luscinoïde	4172
Locustella naevia (Boddaert, 1783)	Locustelle tachetée	4167
Oriolus oriolus (Linnaeus, 1758)	Loriot d'Europe, Loriot jaune	3803
Zapornia pusilla (Pallas, 1776)	Marouette de Baillon	836246
Porzana porzana (Linnaeus, 1766)	Marouette ponctuée	3039
Zapornia parva (Scopoli, 1769)	Marouette poussin	836245
Tachymarpis melba (Linnaeus, 1758)	Martinet à ventre blanc	3561
Apus apus (Linnaeus, 1758)	Martinet noir	3551
Alcedo atthis (Linnaeus, 1758)	Martin-pêcheur d'Europe	3571

Turdus torquatus Linnaeus, 1758	Merle à plastron	4112
Aegithalos caudatus (Linnaeus, 1758)	Mésange à longue queue	4342
Cyanistes caeruleus (Linnaeus, 1758)	Mésange bleue	534742
Poecile montanus (Conrad von Baldenstein, 1827)	Mésange boréale	534752
Parus major Linnaeus, 1758	Mésange charbonnière	3764
Lophophanes cristatus (Linnaeus, 1758)	Mésange huppée	534750
Periparus ater (Linnaeus, 1758)	Mésange noire	534751
Poecile palustris (Linnaeus, 1758)	Mésange nonnette	534753
Milvus migrans (Boddaert, 1783)	Milan noir	2840
Milvus milvus (Linnaeus, 1758)	Milan royal	2844
Passer domesticus (Linnaeus, 1758)	Moineau domestique	4525
Passer montanus (Linnaeus, 1758)	Moineau friquet	4532
Petronia petronia (Linnaeus, 1766)	Moineau soulcie	4540
Ichthyophaga melanocephala (Temminck, 1820)	Mouette mélanocéphale	627745
Hydrocoloeus minutus (Pallas, 1776)	Mouette pygmée	534748
Chroicocephalus ridibundus (Linnaeus, 1766)	Mouette rieuse	530157
Rissa tridactyla (Linnaeus, 1758)	Mouette tridactyle	3318
Burhinus oedicnemus (Linnaeus, 1758)	Oedicnème criard	3120
Panurus biarmicus (Linnaeus, 1758)	Panure à moustaches	4338
Charadrius dubius Scopoli, 1786	Petit Gravelot	3136
Hydrobates pelagicus (Linnaeus, 1758)	Pétrel tempête	2419
Phalaropus lobatus (Linnaeus, 1758)	Phalarope à bec étroit	3243
Acrocephalus schoenobaenus (Linnaeus, 1758)	Phragmite des joncs	4187
Picus canus Gmelin, 1788	Pic cendré	3601
Dendrocopos major (Linnaeus, 1758)	Pic épeiche	3611
Dendrocopos minor (Linnaeus, 1758)	Pic épeichette	3630
Dendrocopos medius (Linnaeus, 1758)	Pic mar	3619
Dryocopus martius (Linnaeus, 1758)	Pic noir	3608
Picus viridis Linnaeus, 1758	Pic vert, Pivert	3603
Lanius senator Linnaeus, 1758	Pie-grièche à tête rousse	4460
Lanius collurio Linnaeus, 1758	Pie-grièche écorcheur	3807
Lanius excubitor Linnaeus, 1758	Pie-grièche grise	3814
Fringilla coelebs Linnaeus, 1758	Pinson des arbres	4564
Fringilla montifringilla Linnaeus, 1758	Pinson du nord	4568
Anthus trivialis (Linnaeus, 1758)	Pipit des arbres	3723
Anthus pratensis (Linnaeus, 1758)	Pipit farlouse	3726
Anthus petrosus (Montagu, 1798)	Pipit maritime	3716
Anthus campestris (Linnaeus, 1758)	Pipit rousseline	3713
Anthus spinoletta (Linnaeus, 1758)	Pipit spioncelle	3733
Gavia arctica (Linnaeus, 1758)	Plongeon arctique	956
Gavia stellata (Pontoppidan, 1763)	Plongeon catmarin	2411
Gavia immer (Brünnich, 1764)	Plongeon imbrin	959
Eudromias morinellus (Linnaeus, 1758)	Pluvier guignard	3153
Phylloscopus bonelli (Viellot, 1819)	Pouillot de Bonelli	4269
Phylloscopus trochilus (Linnaeus, 1758)	Pouillot fitis	4289
Phylloscopus ibericus Ticehurst, 1937	Pouillot ibérique	199477
Phylloscopus sibilatrix (Bechstein, 1793)	Pouillot siffleur	4272
Phylloscopus collybita (Viellot, 1817)	Pouillot véloce	4280
Haliaeetus albicilla (Linnaeus, 1758)	Pygargue à queue blanche	2848
Remiz pendulinus (Linnaeus, 1758)	Rémiz penduline	3798
Regulus ignicapilla (Temminck, 1820)	Roitelet à triple bandeau	459638
Regulus regulus (Linnaeus, 1758)	Roitelet huppé	4308
Coracias garrulus Linnaeus, 1758	Rollier d'Europe	3586
Corpodacus erythrinus (Pallas, 1770)	Roselin cramoisi	4616
Luscinia megarhynchos C. L. Brehm, 1831	Rossignol philomèle	4013

7

Erithacus rubecula (Linnaeus, 1758)	Rougegorge familier	4001
Phoenicurus phoenicurus (Linnaeus, 1758)	Rougequeue à front blanc	4040
Phoenicurus ochruros (S. G. Gmelin, 1774)	Rougequeue noir	4035
Acrocephalus scirpaceus (Hermann, 1804)	Rousserolle effarvate	4195
Acrocephalus arundinaceus (Linnaeus, 1758)	Rousserolle turdoïde	4198
Acrocephalus palustris (Bechstein, 1798)	Rousserolle verderolle	4192
Marmaronetta angustirostris (Ménétries, 1832)	Sarcelle marbrée	1980
Serinus serinus (Linnaeus, 1766)	Serin ciné	4571
Sitta europaea Linnaeus, 1758	Sittelle torchepot	3774
Acanthis flammea flammea (Linnaeus, 1758)	Sizerin boréal	886232
Acanthis flammea cabaret (Muller, 1776)	Sizerin cabaret	886230
Acanthis flammea (Linnaeus, 1758)	Sizerin flammé	4597
Platalea leucorodia Linnaeus, 1758	Spatule blanche	2530
Sterna paradisaea Pontoppidan, 1763	Sterne arctique	3345
Hydroprogne caspia (Pallas, 1770)	Sterne caspienne	3336
Thalasseus sandvicensis (Latham, 1787)	Sterne caugek	3362
Gelochelidon nilotica (Gmelin, 1789)	Sterne hansel	3332
Sternula albifrons (Pallas, 1764)	Sterne naine	3352
Sterna hirundo Linnaeus, 1758	Sterne Pierregarin	3343
Tadorna tadorna (Linnaeus, 1758)	Tadorna de Bolon	2767
Porphyrio porphyrio (Linnaeus, 1758)	Talève sultane	3067
Saxicola rubetra (Linnaeus, 1758)	Tarier des prés	4049
Saxicola rubicola (Linnaeus, 1766)	Tarier pâtre	199425
Siphus siphus (Linnaeus, 1758)	Tarin des aulnes	889056
Tichodroma muraria (Linnaeus, 1766)	Tichodrome échelette	3780
Jynx torquilla Linnaeus, 1758	Torcol fourmilier	3595
Arenaria interpres (Linnaeus, 1758)	Tournepiere à collier	3239
Oenanthe oenanthe (Linnaeus, 1758)	Traquet motteux	4064
Oenanthe leucura (Gmelin, 1789)	Traquet rieur	4080
Troglodytes troglodytes (Linnaeus, 1758)	Troglodyte mignon	3967
Gyps fulvus (Hablizl, 1783)	Vautour fauve	2860
Neophron percnopterus (Linnaeus, 1758)	Vautour Percnoptère	2856
Chloris chloris (Linnaeus, 1758)	Verdier d'Europe	4582

8

