



Parc éolien de Marchéville (28)

Suivi post-implantation 2021

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

20/05/2022

INFORMATIONS & CONTACTS ●●●

Parc éolien de Marchéville (28) Suivi post-implantation 2021

Étude réalisée pour : EDPR France

🏠 25 quai Panhard et Levassor
75013 Paris

👤 **Guillaume MARCHAIS**

📞 +33 6 02 18 16 18

@ guillaume.marchais@edp.com

Étude réalisée par : ÉCOSPHÈRE Agence Centre-Bourgogne

🏠 112 rue du Nécotin, 45000 ORLEANS

📞 02 38 42 12 90

Coordination

Manon ACQUEBERGE
Chargée d'étude faune

Suivi de mortalité

Elodie CHATEL, Raphaël CHAUVEL, Eric
GUERET
Chargés d'études faune (Eure-et-Loir Nature)

Analyses faunistiques

Hugo AUCLAIR, Bastien CORNIAUX
Chargés d'études faune

SIG et cartographie

Ulysse BOURGEOIS
Géomaticien

Contrôle qualité

Guillaume VUITTON
Directeur de l'agence Centre-Bourgogne

CONTEXTE ●●●

Le parc éolien de Marchéville est constitué de 6 éoliennes de type Vestas V100. Ce parc se situe sur la commune de Marchéville dans le département de l'Eure-et-Loir (28), en contexte de cultures intensives.

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

Mission d'Écosphère :

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

- Réaliser un suivi acoustique en continu à hauteur de nacelle sur une éolienne sur l'ensemble de la période d'activité des chauves-souris (de fin avril à fin novembre, soit 7 mois) ;
- Analyser les recherches de cadavres au sol effectuées par Eure-et-Loir Nature (ELN) de mi-avril à fin octobre (soit 6 mois et demi) ;
- Évaluer les impacts par collision ou barotraumatisme ;
- Proposer le cas échéant des mesures de réduction proportionnées.

SOMMAIRE

INFORMATIONS & CONTACTS	2
CONTEXTE	2
SOMMAIRE	3
RESUME	4
1. CADRE TECHNIQUE ET REGLEMENTAIRE D'UN SUIVI 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	8
3. METHODES DE TRAVAIL	10
3.1 SUIVI DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE	10
3.2 SUIVI DE MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX	11
3.3 METHODE D'EVALUATION DES ESPECES FREQUENTANT LE PARC.....	18
3.4 METHODE DE DEFINITION DES IMPACTS ET DES MESURES DE REDUCTION ADAPTEES AU PARC	20
4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE	21
4.1 VALIDITE DU MATERIEL UTILISE	21
4.2 DESCRIPTION DES ACTIVITES ENREGISTREES	21
4.3 SYNTHESE ET EVALUATION DES ACTIVITES.....	24
4.4 REPARTITION DE L'ACTIVITE SELON L'HEURE DE LA NUIT	25
4.5 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LES VITESSES DE VENT.....	25
4.6 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LA TEMPERATURE	26
4.7 CONCLUSION	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	32
5.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE	35
5.4 CONCLUSION SUR LE SUIVI DE MORTALITE	37
6. EVALUATION DES IMPACTS PAR COLLISION ET BAROTRAUMATISME	38
6.1 OISEAUX	38
6.2 CHAUVES-SOURIS	39
7. MESURES DE REDUCTION DES RISQUES DE COLLISION	41
7.1 PROTECTION DES CHAUVES-SOURIS FREQUENTANT LE PARC PAR UN BRIDAGE NOCTURNE DIFFERENCIE	41
8. MESURES DE SUIVI	42
9. BIBLIOGRAPHIE	43
ANNEXE 1 : DATES DE PROSPECTION DU SUIVI DE MORTALITE ET DES TESTS ASSOCIES	48
ANNEXE 2 : SURFACES PROSPECTEES PAR EOLIENNE AU COURS DU SUIVI	50
ANNEXE 3 : SYNTHESE DES CADAVRES DECOUVERTS LORS DU SUIVI DE MORTALITE	51

ANNEXE 4 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR D'EOLAPP	52
ANNEXE 5 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR DE GENEST	53
ANNEXE 6 : PARAMETRES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE AVEC 55	
ANNEXE 7 : DEMANDE DE DEROGATION POUR LA CAPTURE OU L'ENLEVEMENT DE CADAVRES PROTEGES	56

RESUME

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

❖ Présentation du parc éolien suivi

Le parc éolien de Marchéville, géré par EDPR, se situe à l'ouest de la Beauce, à proximité du Perche, dans le département de l'Eure-et-Loir (28). Il se trouve à 19 km au sud-ouest de Chartres, à 27 km au nord-ouest de Châteaudun et à 41 km au sud-ouest de Dreux.

Le parc est composé de 6 éoliennes Vestas V100 implantées en cultures et a été mis en service en 2020.

❖ Méthodes de travail

Suivi acoustique des chiroptères à hauteur de nacelle

Un Batmode S+ a été installé sur l'éolienne E3 et a fonctionné du 30 avril au 29 novembre 2021.

Pour le suivi acoustique sur l'éolienne E3, le micro a été globalement opérationnel, à l'exception de la première partie du suivi (de fin avril à début juin) où la sensibilité était un peu plus élevée que la valeur de calibration du fournisseur (supérieure à -16,7 dBFS). On notera également que le BATmode a été involontairement déconnecté (débranché) du 04/06/2021 au 17/06/2021, et du 10/07/2021 au 25/07/2021.

Mortalité

Le premier suivi ayant débuté en avril 2021, les préconisations du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) s'appliquent au parc de Marchéville.

Les **6 éoliennes du parc**, se trouvant toutes dans un contexte agricole de grandes cultures, ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un protocole standardisé. Un total de **51 passages a été réalisé entre le 15 avril et le 29 octobre 2021** (semaines 15 à 43), avec un **intervalle entre les passages de 3 j tout au long du suivi**. Les passages ont été effectués sur **3 périodes distinctes** : de mi-avril à mi-mai (semaines 15 à 19), de début juin à mi-juillet (semaines 22 à 28) et de mi-août à fin octobre (semaines 32 à 43), entrecoupé de laps de temps sans suivi (de mi-mai à début juin et de mi-juillet à mi-août).

Les pales mesurant 45 m, les prospections se sont effectuées dans un **carré de 100 mètres sur 100 mètres** autour des mâts des machines (surface parcourue par les prospecteurs d'Eure-et-Loir Nature).

Deux tests de persistance ont été réalisés (les 21/04 et 29/09/21) avec un suivi de la persistance des 4 à 5 leurres répartis sur chacune des 6 éoliennes à J+1, J+3, J+6, J+9, J+12 et J+15. Les **deux tests d'efficacité** des observateurs (01/07 et 29/09/21) ont consisté en la dépose de 40 leurres sur les différentes zones prospectables autour des éoliennes.

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

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

❖ Résultats du suivi acoustique à hauteur de nacelle

Au total, durant ce suivi 2021, 271 contacts de chauves-souris ont été enregistrés par le Batmode S+ au niveau de l'éolienne E3. **L'activité annuelle est donc considérée comme très faible** sur cette éolienne. Les espèces les plus contactées sont dans l'ordre la Noctule de Leisler, la Noctule commune, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius. Trois nuits sortent du lot quant à l'activité, à savoir celles du 1^{er} août, du 3 et du 5 septembre. Les mois d'août et de septembre sont donc les plus largement fréquentés par l'ensemble des espèces de chiroptères grâce à ces 3 nuits. Les Pipistrelles de Nathusius sont très peu représentées, avec seulement 2,95 % des contacts totaux.

❖ Résultats du suivi de la mortalité

Résultats bruts

La mortalité constatée entre avril et octobre 2021 se compose de **27 individus** :

- **6 oiseaux appartenant à 4 espèces** : 3 Roitelets huppés [migrateurs], 1 Roitelet à triple-bandeau [migrateur], 1 Martinet noir [migrateur] et 1 Etourneau sansonnet [local ou migrateur] ;
- **21 chiroptères appartenant à au moins 3 espèces** : 11 Pipistrelles communes [locales], 3 Pipistrelles de Nathusius [migratrices], 3 Noctules de Leisler [migratrices], 3 pipistrelles indéterminées [statut indéterminé] et 1 chiroptère indéterminé [statut indéterminé].

Les cadavres découverts sont distribués de manière hétérogène entre les éoliennes, 26 des 27 cadavres ayant été repérés sur les 3 éoliennes les plus au sud (E4, E5 et E6).

Persistance des cadavres

Les tests de persistance réalisés à partir de 55 leurres montrent un **taux de persistance de 84 % (première période) à 37 % (troisième période)** durant l'intervalle (3 j). Aucun test de persistance n'a été réalisé en deuxième période.

La persistance est très supérieure en première partie de suivi (de mi-avril à mi-mai) et diminue en troisième partie (de mi-août à fin octobre). **L'intervalle réduit et constant tout au long du suivi entre les passages (un passage tous les 3 jours), limite les biais liés à la disparition rapide des cadavres en fin de suivi et permet de ne pas trop augmenter le degré d'imprécision**. Le temps moyen de persistance est ainsi d'environ les deux-tiers de l'intervalle en fin de suivi.

Déteçabilité (efficacité de l'observateur)

Le taux d'efficacité (ou de détection) est de 0,25 pour les périodes 1 et 2 et de 0,65 pour la période 3.

Le taux moyen de détection est considéré comme mauvais, avec 54 % [IC 80 %¹ : 0,42-0,65] de leurres découverts sur l'ensemble de la période de prospection. Les périodes 1 et 2 présentent des taux de

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.

¹ IC 80 % = Intervalle de Confiance à 80 %. L'intervalle de confiance encadre la valeur de mortalité estimée par une borne supérieure et une borne inférieure. Ici, le niveau de confiance de cet intervalle est de 80%. Ce qui

détection particulièrement mauvais, malgré une bonne visibilité globale (résultats obtenus uniquement sur des plateformes).

Surface prospectée

La surface moyenne de prospection est de 58 % sur l'intégralité du suivi, avec une variabilité importante au cours de l'année (15 % de surface prospectable en période 1 et 2, 100 % en période 3).

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 **195 chiroptères [IC 80 % : 111 - 436] et 12 oiseaux [IC 80 % : 8 – 19] sur l'ensemble du suivi** (avril – octobre).

La mortalité des chiroptères est globalement constante sur le parc d'après les estimations, avec 55 cadavres entre mi-avril et mi-mai (1 mois), 62 entre début juin et mi-juillet (1 mois et demi), 55 entre mi-août et fin octobre (2 mois et demi). Au contraire, la mortalité des oiseaux n'a été détectée qu'en période 3. Toutefois, les très faibles surfaces prospectées en période 1 et 2 (15 %), associées à un faible taux de détection des observateurs, génèrent de grandes incertitudes. En conséquence, **les estimations concernant ces deux périodes sont peu fiables statistiquement, d'autant plus qu'elles sont basées sur des petits nombres de cadavres bruts. Les estimations en période 1 et 2 sont de ce fait probablement surestimées.**

❖ Evaluation des impacts par collision

Pour les oiseaux, le niveau d'impact avéré est négligeable pour toutes les espèces dont des cadavres ont été découverts au niveau du parc. Ce niveau d'impact toutes espèces confondues est négligeable d'avril à septembre et faible en octobre au sud du parc (E4, E5 et E6). Il est négligeable tout au long de l'année au nord du parc (E1, E2 et E3).

Pour les chauves-souris, le niveau d'impact avéré est **moyen pour la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius et la Noctule de Leisler**. Le niveau d'impact toutes espèces confondues est négligeable en avril, octobre et novembre, ainsi que faible en juin et juillet, **moyen en mai et assez fort en août et septembre au sud du parc (E4, E5 et E6). Au nord du parc (E1, E2 et E3), le niveau d'impact est négligeable toute l'année, sauf en septembre où il est faible.**

❖ Mesures de réduction des risques de collision et de suivi

Bridage nocturne

La mortalité constatée en 2021 est significative, avec un total de 21 chiroptères découverts appartenant à au moins trois espèces différentes. **Ce chiffre dénote complètement avec les résultats du suivi acoustique à hauteur de nacelle qui montre une activité très faible tout au long de l'année.** Les collisions ont possiblement eu lieu majoritairement dans la partie basse de la rotation des pales, hors de portée du micro en nacelle.

Le parc de Marchéville peut être séparé en deux rangées d'éoliennes distinctes : une au nord (E1, E2 et E3) et une au sud (E4, E5 et E6). Ces deux rangées n'ont pas impacté de la même manière les chiroptères

et les oiseaux. En effet, une activité annuelle très faible a été enregistrée sur la rangée du nord, et un seul cadavre de chauve-souris y a été trouvé. En revanche, on dénombre 20 cadavres de chauve-souris au niveau de la rangée au sud. Un bridage différencié semble pertinent à mettre en place sur le parc de Marchéville pour l'année 2022.

Le tableau ci-dessous détermine pour chaque mois les paramètres de bridage établis pour les deux rangées d'éoliennes afin de réduire les risques de collision des chauves-souris à partir de 2022.

Préconisations de bridage pour réduire les risques de collision des chiroptères issues des suivis de 2021

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

	E1, E2 et E3	E4, E5 et E6
Janvier	Aucun bridage (hivernage)	Aucun bridage (hivernage)
Février	Aucun bridage (hivernage)	Aucun bridage (hivernage)
Mars	Aucun bridage (hivernage)	Aucun bridage (hivernage)
Avril	Aucun bridage (faible activité)	≤ 6 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 9h30 > 9°C
Mai	Aucun bridage (faible activité)	≤ 6 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 9h30 > 9°C
Juin	Aucun bridage (faible activité)	≤ 6 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 9h30 > 9°C
Juillet	Aucun bridage (faible activité)	≤ 6 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 9h30 > 9°C
Août	Aucun bridage (faible activité)	≤ 7 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 11h > 17°C
Septembre	Aucun bridage (faible activité)	≤ 7 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 10h > 19°C
Octobre	Aucun bridage (faible activité)	≤ 7 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 10h > 19°C
Novembre	Aucun bridage (faible activité)	Aucun bridage (faible activité)
Décembre	Aucun bridage (hivernage)	Aucun bridage (hivernage)

Suivi de l'efficacité des mesures

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

Au vu des risques de collision pour les chauves-souris qui existent sur le parc de Marchéville, **nous estimons qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives préconisées en fin de suivi par un autre suivi de mortalité couplé à un suivi chiroptérologique à hauteur de nacelle.**

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 alors permis d'aboutir à un nouveau consensus. Sur cette base, une décision ministérielle a été publiée le 5 avril 2018² avec un nouveau protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres.

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

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

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

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

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

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

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

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

² Décision du 5 avril 2018, NOR : TREP1807992S

2. PRESENTATION DU PARC EOLIEN

2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ECOLOGIQUE

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

Le parc éolien de Marchéville se situe à l'ouest de la Beauce, à proximité du Perche, dans le département de l'Eure-et-Loir (28). Il se trouve à 19 km au sud-ouest de Chartres, à 27 km au nord-ouest de Châteaudun et à 41 km au sud-ouest de Dreux.

Ce parc s'inscrit dans un contexte d'openfield, dominé par l'agriculture intensive. Quelques bosquets sont toutefois recensés à l'ouest et au nord, le plus proche se trouvant à 400 m au nord-ouest de l'éolienne E1. Par ailleurs, le Loir s'écoule à l'ouest du parc, notamment à 250 m de l'éolienne E1.



Vue du contexte paysager depuis la nacelle de l'éolienne E3 (H. Auclair)



Vue du parc situé dans un contexte de grandes cultures (H. Auclair)

2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES

Le parc éolien de Marchéville est composé de 6 éoliennes et a été mis en service en 2020. Les caractéristiques techniques des éoliennes sont résumées dans le tableau suivant.

Caractéristiques techniques des éoliennes du parc de Marchéville

Modèle	Vestas V100
Puissance nominale	2,2 MW
Puissance cumulée du parc	13,2 MW
Hauteur du moyeu	125 m
Diamètre du rotor	100 m
Zone de balayage du rotor	6 362 m ²
Vitesse de connexion (cut-in wind speed)	4 m/s
Vitesse max d'arrêt (10 min en moyenne)	25 m/s
Vitesse de rotation maximale	14,9 tours/minute

Un premier bridage acoustique (pour réduire les nuisances sonores au voisinage) a été mis en place préventivement sur le parc de Marchéville. Ce bridage (modération de la vitesse du rotor et orientation des pales spécifique) concerne les éoliennes E1 à E5, pour des vitesses de vent à hauteur de nacelle comprises entre 7 et 12,5 m/s, entre 22h00 et 7h00 :

- E1 bridée entre 7 et 9,7 m/s ;
- E2 et E3 bridées entre 7 et 12,5 m/s ;
- E4 et E5 bridées entre 7 et 11,1 m/s ;
- E6 non bridée.

Bridage acoustique (nuisances sonores) mis en place sur le parc de Marchéville (source : EDPR)

Parc Eolien de Marchéville								
	ALL WIND DIRECTIONS				NIGHT TIME (22h00 - 7h00)			
V (m/s) @10m	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
V (m/s) @HH	4.2 m/s	5.6 m/s	7 m/s	8.3 m/s	9.7 m/s	11.1 m/s	12.55 m/s	13.95 m/s
E1	FULL	FULL	MODE 2	MODE 2	FULL	FULL	FULL	FULL
E2	FULL	FULL	MODE 2	MODE 2	MODE 2	MODE 2	FULL	FULL
E3	FULL	FULL	MODE 2	MODE 2	MODE 2	MODE 2	FULL	FULL
E4	FULL	FULL	MODE 2	MODE 2	MODE 2	FULL	FULL	FULL
E5	FULL	FULL	MODE 2	MODE 2	MODE 2	FULL	FULL	FULL
E6	FULL	FULL	FULL	FULL	FULL	FULL	FULL	FULL



Eolienne 1



Eolienne 1



Eolienne 6



Vue du parc



Vue du parc

Contexte écologique aux abords des éoliennes (Eure-et-Loir Nature)



Vue du parc

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

2.3.1 RAPPEL DE L'ETUDE D'IMPACT

L'étude d'impact écologique a été réalisée en 2005 par les Naturalistes Orléanais, avec le soutien d'Eure-et-Loir Nature. Le premier permis de construire pour le parc de Marchéville a été refusé en 2006. L'arrêté préfectoral autorisant l'exploitation du parc a finalement été obtenu en 2012. Par la suite, une demande de bénéfice d'antériorité a été acceptée en 2017. Enfin, une prorogation du permis de construire a été obtenue en 2019.

L'étude d'impact généraliste intègre la description des impacts potentiels sur le milieu naturel, dont l'avifaune et les chiroptères, ainsi que les mesures proposées. Il y est fait mention du niveau de fréquentation et de la diversité spécifique observée par les Naturalistes Orléanais. Les effectifs précis des espèces contactées et la distinction entre données bibliographiques et observations de terrain ne sont toutefois peu ou pas précisés.

L'étude d'impact met en avant plusieurs éléments liés à l'exploitation des machines sur le parc de Marchéville :

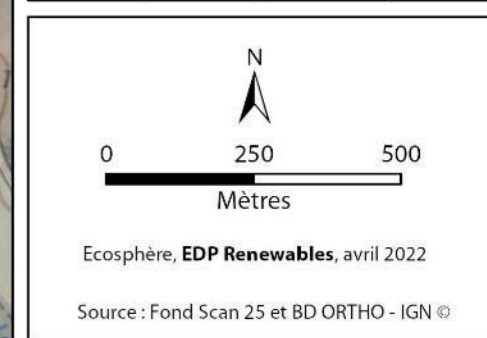
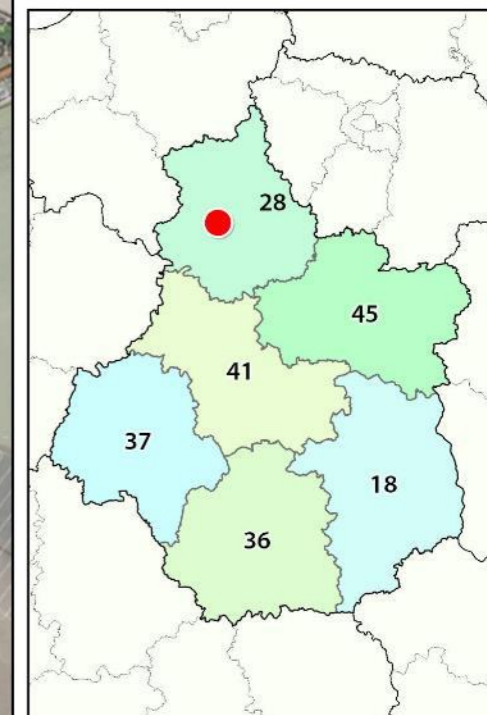
- Les oiseaux nicheurs à enjeu dans le secteur (Alouette des champs, Busard Saint-Martin, Caille des blés, Cochevis huppé, Perdrix grise) pouvaient être amenés à désertifier la zone par perturbation visuelle ou auditive liée au mouvement des pales. Cependant, les effectifs de ces différentes espèces étaient déjà faibles dans la zone en 2005. En outre, la plupart des oiseaux cités s'accommodent à la présence d'éoliennes. **Le risque de collision était considéré comme trop faible pour menacer les populations locales d'oiseaux.** Ces conclusions étaient similaires pour les populations hivernantes ;
- L'impact le plus significatif du parc était liée à l'avifaune migratrice d'après les Naturalistes Orléanais. Toutefois, le parc ne se situe pas dans un couloir significatif de migration des oiseaux, même si des espèces telles que certains rapaces peuvent ponctuellement entrer en collision avec les pales ;
- Les chiroptères ont fait l'objet d'études séparées, menées par Nature Recherche en 2004. Une seule espèce a été contactée sur le secteur : la Pipistrelle commune. 2 populations réduites étaient présentes sur les bourgs de Marchéville et Magny. D'après ce rapport, les potentialités de la zone étaient réduites pour les chiroptères, tant pour les gîtes que pour la chasse. Cette étude évaluait un **faible risque d'impact du parc de Marchéville sur les chauves-souris.** Aucune mesure particulière n'a donc été préconisée dans l'étude d'impact généraliste, si ce n'est un suivi de la mortalité après la mise en service du parc.

Les mesures préconisées dans l'étude d'impact concernaient surtout la disposition des éoliennes les unes par rapport aux autres. Un suivi de mortalité et un suivi de fréquentation de l'avifaune étaient recommandés.

2.3.2 ARRETE PREFECTORAL D'AUTORISATION D'EXPLOITER

L'arrêté préfectoral du 26 octobre 2012 ne stipule aucune mesure relative aux chiroptères et aux oiseaux en phase d'exploitation sur le parc éolien de Marchéville.





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 E3. Cette méthode permet d'enregistrer l'activité à hauteur de pales, soit dans la zone la plus à risque pour les chauves-souris.



Batmode S+ installé en nacelle de l'éolienne E3 (H. Auclair)

L'éolienne E3 a été équipée d'un système de détection/enregistrement des ultrasons du 30 avril au 29 novembre 2021. L'appareil utilisé est un Batmode S+ de Bioacoustics technology GmbH™. Cet appareil enregistre les ultrasons au format WAV non compressé avec le micro de haute qualité « Ultrasound gate » d'Avisoft Bioacoustics™ et permet la connexion et le contrôle à distance du suivi (accès via internet, réseau mobile, Wifi). Les données recueillies ont ainsi permis d'apprécier le peuplement chiroptérologique présent sur le site sur plus de 7 mois consécutifs.

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

Simultanément aux enregistrements ultrasonores, les équipements intégrés de l'éolienne ont permis d'enregistrer les données météorologiques à hauteur de nacelle, telles que les vitesses de vent et la température. Celles-ci ont été utilisées dans les analyses de corrélation avec les activités afin de

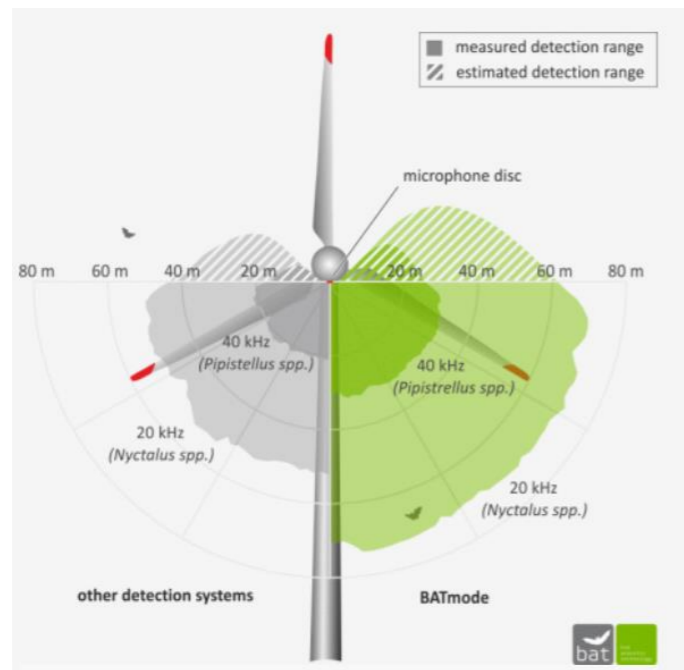
déterminer des paramètres de bridage visant à protéger les chauves-souris volant dans la zone de rotation des pales.

3.1.1 LIMITES LIEES AU MATERIEL UTILISE

De manière générale, les résultats obtenus par le suivi d'activité chiroptérologique ne représentent qu'un échantillon pour un volume d'espace aérien donné d'une activité réelle quelle qu'elle soit. Dans le cadre de ce suivi, le micro était placé à environ 75 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, considérant que plus un signal est élevé en fréquence, plus il s'atténue vite dans l'air. Ainsi, les Noctules émettent des ultrasons à basse fréquence (15-25 kHz) qui parcourent d'assez grandes distances en milieu ouvert, tandis que les petites espèces (Pipistrelles) émettent des ultrasons de moyenne fréquence (35-55 kHz) qui parcourent des distances plus courtes. Les distances maximales de détection des espèces ne sont qu'approximatives car les mesures dépendent de nombreux paramètres environnementaux et ne peuvent être chiffrées avec précision à la dizaine de mètres près. Bio Acoustic Technology annonce une distance de captation de 30 m environ pour les pipistrelloïdes et de 70 m environ pour les nyctaloïdes (cf. première figure).
- **les conditions météorologiques.** 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 (cf. seconde figure). Un test de calibration quotidien a automatiquement été effectué pour vérifier la qualité du micro tout au long du suivi.

³ www.plume-de-naturalistes.fr/wp-content/uploads/2018/11/08_JAY_10-2018_Identification-chiropteres-SonoChiro_PJume2_99-118.pdf



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>

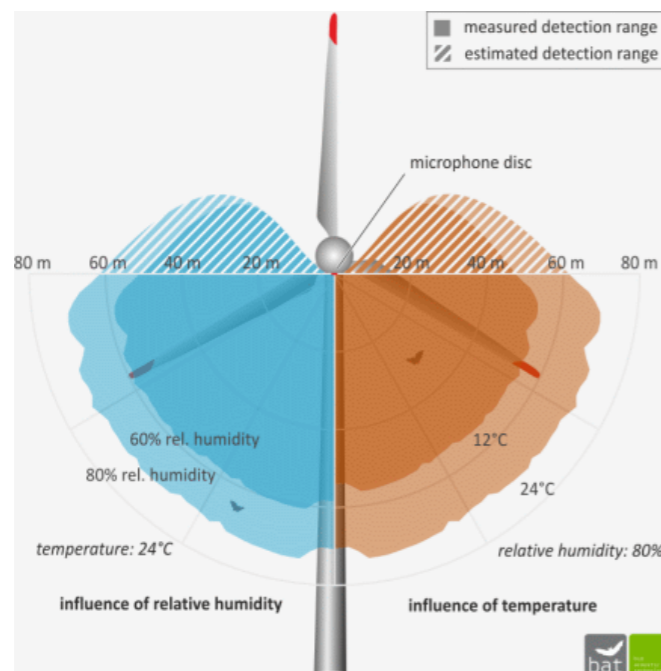


Schéma présentant les volumes de détection du micro « Ultrasoundgate » d'Avisoft Bioacoustics™ selon les conditions de température et d'humidité. Les couleurs foncées correspondent à la détection d'espèces émettant dans les 40 kHz (Pipistrelles), les claires aux espèces émettant dans les 20 kHz (Noctules, 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 et, dans certains cas, ils adoptent des signaux très semblables, rendant impossible toute discrimination spécifique. Ainsi, des associations

d'espèces ont pu être constituées lorsque l'analyse des signaux n'a pu déboucher sur une identification spécifique :

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

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

On ajoutera enfin que **l'identification des chauves-souris par l'acoustique est encore en développement**. Les méthodes de détermination sont récentes et reposent pour certains groupes (les murins en particulier) sur des probabilités. Une des méthodes les plus robustes en Europe a été définie par Michel Barataud et repose partiellement sur des éléments subtils liés à l'écoute. Une typologie des types de signaux acoustiques a été produite mais les limites atteintes par chaque espèce font encore l'objet de découvertes régulières, qui remettent parfois en question la méthodologie d'identification. Les méthodes d'identification automatique en sont quant à elles à leurs balbutiements et leur fiabilité est faible (risques d'erreurs non négligeables). Elles n'ont pas été utilisées dans le cadre de cette étude.

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

3.2 SUIVI DE MORTALITÉ DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX

3.2.1 PRESSION D'ÉCHANTILLONNAGE

3.2.1.1 Éoliennes suivies

Les **6 éoliennes du parc**, se trouvant toutes dans un contexte de grandes cultures, ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un standard conforme au protocole ministériel de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres en vigueur depuis avril 2018.

3.2.1.2 Calendrier du suivi

Les préconisations du Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) recommandent 20 passages au minimum par éolienne par an. Dans une volonté d'EDPR d'aller au-delà de ces préconisations, **un total de 51 passages a été réalisé pour chaque éolienne. Ces passages sont répartis des semaines 15 à 43 (de mi-avril à fin octobre). Les passages ont été réalisés à raison de 2 par semaine sur 3 périodes distinctes : de mi-avril à mi-mai (semaines 15 à 19), de début juin à mi-juillet (semaines 22 à 28) et de mi-août à fin octobre (semaines 32 à 43).** Le suivi de 2021 a ainsi fait l'objet de laps de temps sans prospections. Les périodes suivies ou non sont résumées dans le tableau suivant.

Périodes suivies sur le parc de Marchéville en 2021

Date	01/01-14/04	15/04-12/05	13/05-31/05	01/06-13/07	14/07-14/08	15/08-29/10	30/10-31/12
Période suivie	Non (3,5 mois)	Oui (1 mois)	Non (0,5 mois)	Oui (1,5 mois)	Non (1 mois)	Oui (2,5 mois)	Non (2 mois)

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

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 sensibles au risque de collision. Différentes vagues de migration se poursuivent pour les oiseaux au cours de l'automne, avec des pics de passage d'autres espèces sensibles en octobre (Milan royal, Alouette des champs...), alors que l'activité des chiroptères diminue fortement avec les premiers coups de froids.

La fréquence des passages a été constante au cours des différentes périodes, avec un **intervalle moyen entre chaque passage de 3 j.**

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

3 périodes d'étude ont également été définies pour l'analyse et l'interprétation des résultats :

- **la période 1** : ici, de mi-avril à mi-mai. Elle correspond principalement à la fin de la migration pré-nuptiale et à la période de reproduction et des oiseaux, ainsi qu'aux mouvements pré-nuptiaux des chauves-souris ;
- **la période 2** : ici, de début juin à mi-juillet. Elle correspond principalement à la période de reproduction des oiseaux, ainsi qu'à la parturition des chauves-souris ;
- **la période 3** : ici, de mi-août à fin octobre. Elle correspond principalement à la période de migration post-nuptiale et aux dispersions des jeunes.

3.2.2 RECUEIL DES DONNEES BRUTES DE MORTALITE

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

3.2.2.1 Méthode pour la recherche des cadavres et surfaces prospectées

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

Pour le parc éolien de Marchéville, les prospecteurs d'Eure-et-Loir Nature ont décidé d'effectuer des recherches dans un carré de 100 mètres sur 100 mètres, centré sur chaque mât d'éolienne.

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 de part et d'autre de chaque éolienne, 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 ensuite intégrées dans le calcul des taux de détection afin d'interpréter correctement les résultats.

Classes de végétation relevées sur le terrain

Classe de végétation	Type de végétation	Suivi de mortalité
Classe 1	Végétation haute et dense, sans visibilité au sol => cultures	Visibilité nulle ou mauvaise = non prospectée
Classe 2	Végétation recouvrante mais de hauteur faible à moyenne ou végétation peu couvrante mais pouvant être haute => bordure des plateformes	Visibilité moyenne = prospectée
Classe 3	Végétation de faible hauteur, peu couvrante à absence de végétation => plateformes, labours	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 1 (faible à nulle ; prospectée par ELN mais non considérée dans les analyses) : orge

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.

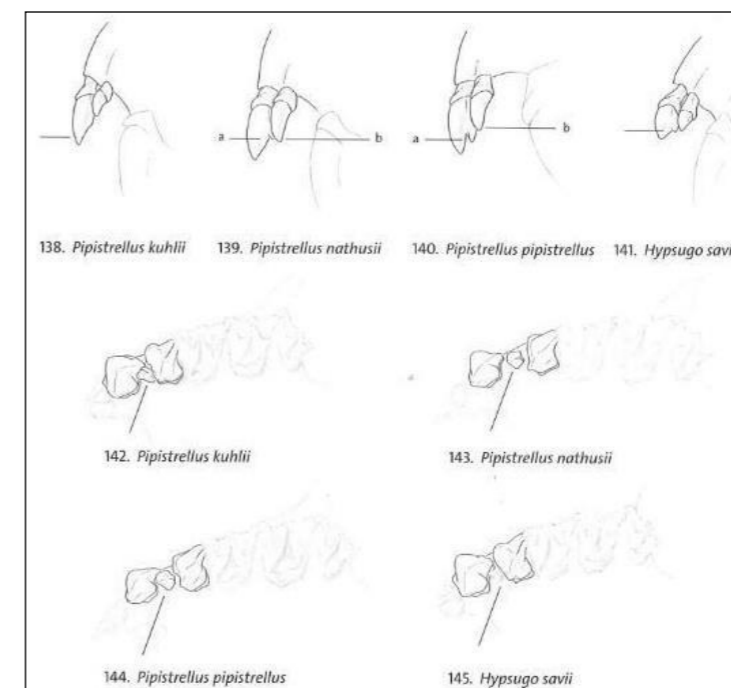
Dans ce cadre, la prise des différentes mesures biométriques nécessaires à l'identification n'est généralement possible qu'avec une manipulation du cadavre de chauve-souris, voire son prélèvement pour l'observation et les mesures de la dentition sous loupe binoculaire. S'agissant d'espèces protégées, **une demande de dérogation pour la capture ou l'enlèvement de cadavres de chiroptères protégés au niveau national a été faite auprès de la Direction Départementale des Territoires de l'Eure-et-Loir (annexe 7).**

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

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

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

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



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

Pour les oiseaux, les ouvrages suivants ont été consultés :

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

Dans certains cas, le cadavre a été dévoré et seules les plumes restent. Elles possèdent pour la plupart des caractéristiques particulières permettant de spécifier l'individu. Dans ce cas, le guide suivant peut aider à l'identification :

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

3.2.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE A PARTIR DES DONNEES BRUTES

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

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

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

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

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

Une deuxième méthode, dite d'Erickson, a mieux pris en compte à partir de l'année 2000 la fréquence des passages ainsi que la persistance des cadavres, mais elle sous-estimait légèrement la mortalité (sauf pour des temps de 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, 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 EolApp⁴ et GenEst⁵ (détaillées ci-après) se basent sur la moyenne des surfaces prospectées durant une période considérée.

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

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

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

⁴ <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>

⁵ <https://www.usgs.gov/centers/fresc/science/a-generalized-estimator-estimating-bird-and-bat-mortality-renewable-energy>

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 consécutifs⁶.

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

Dans le cadre de cette étude, et en accord avec les recommandations du protocole de suivi environnemental, un test de persistance a été effectué à deux reprises. Le premier test a eu lieu au printemps (date de dépose des cadavres : 21/04/2021), le second en automne (date de dépose des cadavres : 29/09/2021).

Le test a consisté à déposer 4 à 5 cadavres de souris, souriceaux ou poussins fraîchement décongelés autour de la totalité des 6 éoliennes du parc (soit 55 cadavres au total sur l'année). Aussi, les leurres ont été déposés aléatoirement sur l'emprise de la surface théorique à prospecter, et répartis sur l'ensemble des types d'habitats présents.

Ensuite, la persistance de ces cadavres « non naturels » a été contrôlée à raison d'un premier passage le lendemain de la dépose (J+1), puis de 2 passages par semaine jusqu'à disparition des cadavres ou après une période de 15 jours, soit à J+3, J+6, J+9, J+12 et J+15 (voir l'annexe 1 pour le détail des dates de suivi).



Poussins, souris et souriceaux disposés sur les différentes surfaces prospectées (Eure-et-Loir Nature)

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

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

Pour évaluer le taux d'efficacité, il convient habituellement de réaliser des tests de détectabilité. Ils sont effectués en fonction de classes de végétation définies par la combinaison de la hauteur de végétation, de la visibilité du site et de la topographie (Rodrigues *et al.* 2014). Le principe est de dissimuler des cadavres et de compter le nombre de leurres retrouvés par l'enquêteur testé qui effectue sa prospection comme lors d'une recherche normale.

L'efficacité des observateurs à détecter des cadavres a été testée à deux reprises, les 01/07 et 29/09/2021. Pour ce faire, des chiffons ont été déposés aléatoirement dans le périmètre prospecté en amont des recherches de mortalité, au sein des classes de végétation praticables (visibilité bonne et moyenne) ou non dans le cas présent. Chaque personne testée l'a été sur 4 éoliennes (E1, E2, E3 et E4). Un total de 40 leurres a été déposé (20 leurres par test d'efficacité). Il est toutefois à noter que l'efficacité a été testée en partie au sein des parcelles appartenant à la classe de visibilité nulle (blé et orge avant moissons) par les prospecteurs d'Eure-et-Loir Nature, le 01/07. Aucun des 16 leurres déposés n'a été retrouvé par les observateurs au sein des parcelles sans visibilité. Ces leurres n'ont donc pas été pris en compte pour les estimations de mortalité, les surfaces appartenant à la classe de visibilité nulle n'étant par ailleurs pas considérées pour les analyses.

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.

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

⁶ Dans l'idéal, des cadavres de chauves-souris ou de petits passereaux préalablement décongelés devraient être utilisés. Pour des raisons juridiques (dérogation, espèces protégées), de commodité et d'approvisionnement, ils sont couramment remplacés par des poussins d'un jour ou des rongeurs de couleur sombre.



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

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

❖ [Modèle de Jones \(2009\)](#)

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

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

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

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

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

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

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
- \hat{I} : Intervalle effectif moyen
- \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 :

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

D'où la formule :

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

Avec :

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

3.2.3.3 EolApp (Besnard & Bernard, 2018)

Les différents modèles de calculs présentés ci-dessus ont été exploités avec une application web Shiny (EolApp) faisant tourner un script R sur le serveur⁷. L'ensemble du code est dans le langage R, très utilisé aujourd'hui du fait de son caractère gratuit. Les applications ont été programmées par Aurélien Besnard et Cyril Bernard, chercheurs du Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (UMR5175) de Montpellier. L'utilisation de cette application permet notamment d'éviter les éventuelles erreurs d'application des formules.

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

Estimation des mortalités induites par les éoliennes

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :
Browse... cadavres_9.csv
Upload complete

Nb lignes lues = 27

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

Nombre de lignes lues = 40

Méthode de calcul des intervalles de confiance
 Non-paramétrique
 Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =
4

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =
20

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =
10

Pourcentage de la surface prospectée =
0.7

CALCULER

Données en entrée
Nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes (une valeur par visite de terrain) :
1, 0, 1, 0, 0, ..., 0, 0, 0, 0, 1
Durée de présence de cadavres déposés par les expérimentateurs (une valeur par cadavre déposé) :
7, 4, 8, 5, 9, ..., 5, 8, 6, 7, 9

Estimations avec leurs intervalles de confiance

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

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

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

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

aléatoires. Tous ces processus impliquent une incertitude sur les estimations qui se doit d'être quantifiée.

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

Les limites de cette méthode sont les suivantes :

- La correction surfacique (les zones prospectées n'étant pas toujours égales à la surface théorique du protocole) se fait sur l'ensemble des éoliennes tout au long du suivi ou d'une sous-période. Cela a tendance à approximer et/ou lisser la réalité de terrain ;
- L'absence de prise en compte de la taille des carcasses sur leur probabilité de disparition et de détection, que cela soit pour les cadavres comme pour les leurres ;
- Les résultats du test 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** »⁸ et fonctionnant sous le logiciel⁹ 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...).**

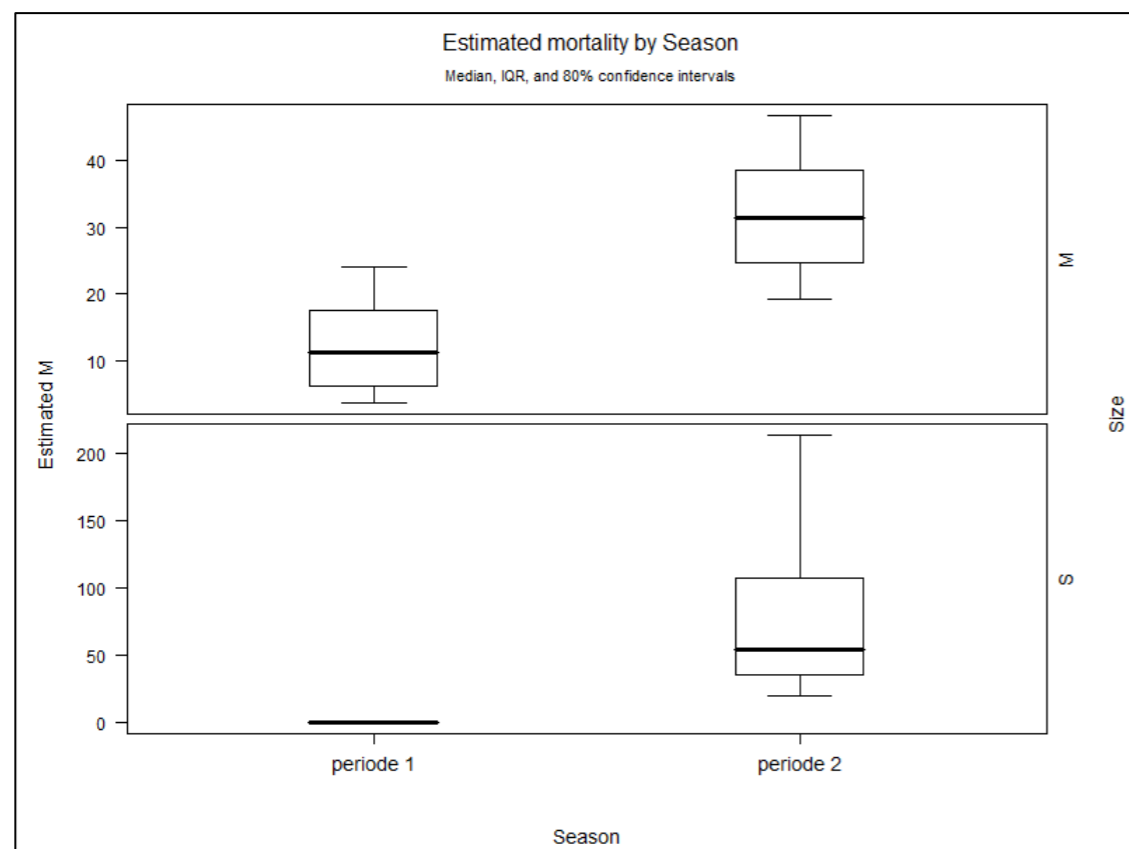
Comme demandé par le protocole national 2018, cette application permet d'obtenir une médiane et les intervalles de confiance à 80 % ou 95 % des estimations de mortalité obtenues.

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

⁷ <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>

⁸ <https://www.usgs.gov/centers/fresc/science/a-generalized-estimator-estimating-bird-and-bat-mortality-renewable-energy>

⁹ <https://www.r-project.org/>



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

3.3 METHODE D'ÉVALUATION DES ESPÈCES FREQUENTANT LE PARC

3.3.1 ÉVALUATION DE L'ENJEU DE CONSERVATION DES ESPÈCES

Un enjeu de conservation est attribué principalement à partir des listes rouges régionales, nationales et européennes¹⁰ 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 ¹¹ 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 ¹² 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 SENSIBILITÉ DES ESPÈCES À L'ÉOLIEN

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

La sensibilité est donc définie comme le rapport entre le nombre de cas de collision connus et la taille de la population européenne. On notera que c'est bien l'Europe au sens biogéographique qui est prise

¹⁰ 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.

¹¹ Certaines espèces vulnérables communes ou très communes peuvent voir leur enjeu abaissé au niveau moyen.

¹² Certaines espèces quasi menacées communes ou très communes peuvent voir leur enjeu abaissé au niveau faible.

en compte dans l'estimation des tailles de populations car une partie des nicheurs de pays comme la Suisse, la Norvège ou la Russie traversent annuellement la France.

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

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

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

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

Les sources de données sont celles d'Eurobats et celles de l'allemand Tobias Dürr (voir ci-avant). La dernière mise à jour est de juin 2018 pour Eurobats et mai 2021 pour T. Dürr. C'est ainsi la valeur maximale par pays qui est prise en compte (pour éviter les comptes-doubles). On a ainsi un total maximal de **10 760 cadavres de chiroptères recensés dans toute l'Europe**. Ceci permet ensuite d'obtenir comme donnée de référence le pourcentage entre « nombre de cadavres pour une espèce donnée » par rapport au « nombre total de cadavres en Europe toutes espèces confondues ». Cette information a été complétée par une analyse bibliographique reposant en particulier sur les avis de la SFEPM (2016) et d'Eurobats.

Le principe est le suivant : **plus la proportion est élevée, plus les espèces concernées sont dites sensibles au risque de collision avec les éoliennes**. Néanmoins, ces taux de mortalité ont plus ou moins d'impact sur les espèces si l'on tient compte **des niveaux de populations dans chaque pays européen**. Les sensibilités de chaque espèce ainsi obtenues sont présentées dans le tableau suivant.

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

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

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

3.3.3 ÉVALUATION DE LA PORTEE DE L'IMPACT

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

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

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

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

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

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

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

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

Les intermédiaires sont étudiés au cas par cas.

3.3.4 ÉVALUATION DES NIVEAUX D'IMPACTS

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

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

Définition des niveaux d'intensité de l'effet négatif

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

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

Définition des niveaux d'impacts

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

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

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

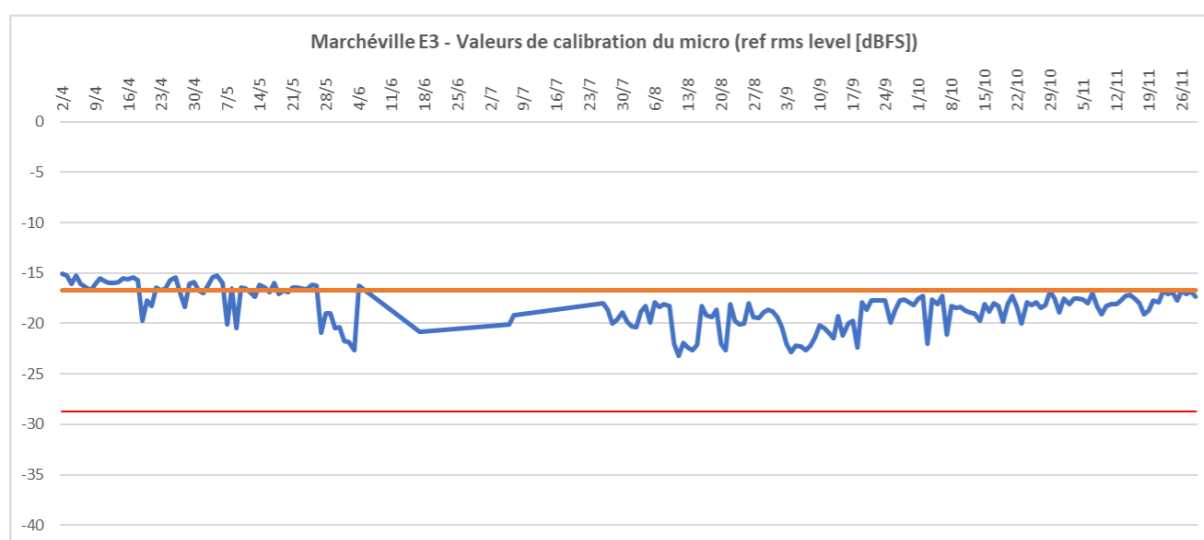
Des algorithmes de bridage sont ainsi définis en fonction des périodes d'activité des espèces (mois de l'année, heures de la nuit) et des **conditions météorologiques dans lesquelles se déroule cette activité** (vitesse du vent et température).

4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE

4.1 VALIDITE DU MATERIEL UTILISE

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

Pour le suivi acoustique sur l'éolienne E3, le micro a été globalement opérationnel, à l'exception de la première partie du suivi (de fin avril à début juin) où la sensibilité était un peu plus élevée que la valeur de calibration du fournisseur (supérieure à -16,7 dBFS). Ce léger dépassement n'engendre pas de dégradation significative des résultats obtenus sur cette période. On notera également que le BATmode a été involontairement déconnecté (débranché) du 04/06/2021 au 17/06/2021, et du 10/07/2021 au 25/07/2021.



Valeurs de calibration quotidienne du micro du Batmode S+ placé dans E3 (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.

Activités mensuelles enregistrées du 30 avril au 29 novembre 2021 depuis la nacelle de E3

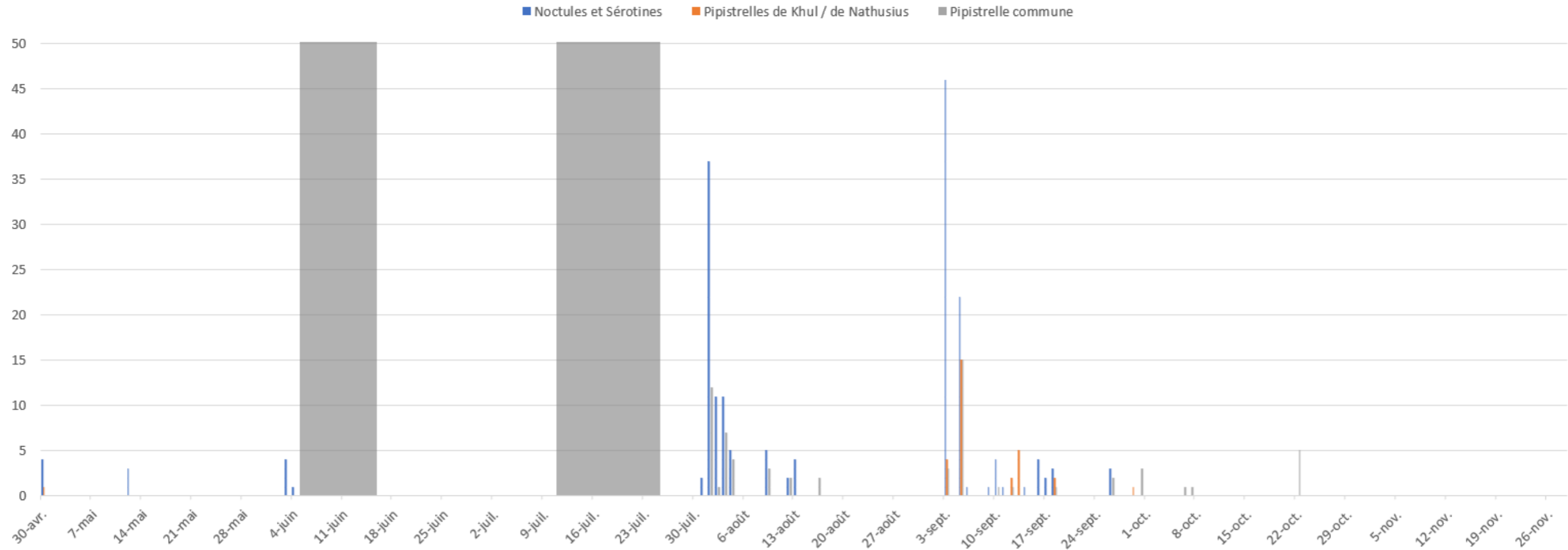
Mois	Noctule de Leisler	Noctule commune	Sérotules	Pipistrelle commune	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle de Nathusius	Total
Avril (1 nuits)	3	1	-	-	1	-	5
Mai (31 nuits)	3	-	-	-	-	-	3
Juin (16 nuits)	4	-	1	-	-	-	5
Juillet (15 nuits)	2	-	-	-	-	-	2
Août (31 nuits)	58	17	-	31	-	-	106
Septembre (30 nuits)	26	55	7	26	21	8	143
Octobre (31 nuits)	-	-	-	7	-	-	7
Novembre (28 nuits)	-	-	-	-	-	-	0
Total général	96	73	8	64	22	8	271

Au total, durant ce suivi 2021, 271 contacts de chauves-souris ont été enregistrés par le Batmode S+ placé au niveau de l'éolienne E3. Une plus forte fréquentation est visible du mois d'août au mois de septembre (respectivement 106 et 143 contacts). Sur cette année de suivi, on constate que les espèces les plus contactées sont la Noctule de Leisler, la Noctule commune et la Pipistrelle commune. Le groupe des sérotules (composé des noctules et des sérotines) est le groupe le plus représenté sur l'année 2021. La Pipistrelle de Nathusius n'est contactée qu'au mois de septembre, correspondant à la période de migration des chiroptères. Le mois de septembre est aussi marqué par une augmentation de la fréquentation du parc par la Noctule commune, espèce également migratrice.

4.2.2 CHRONOLOGIE DE L'ACTIVITE

Le graphique suivant présente la chronologie quotidienne du suivi de E3. La plupart des nuits restent sous la barre des 20 contacts par nuit. On constate trois pics de fréquentation les nuits du 1^{er} août, du 3 et 5 septembre, avec respectivement 49, 53 et 52 contacts enregistrés. De la nuit du 6 septembre au 29 novembre, la moyenne retombe à nouveau autour des 2,8 contacts par nuit. Aucun contact n'a été enregistré entre le 23 octobre et le 29 novembre.

Marchéville - suivi sur la nacelle de E3 du 30/04 au 29/11/2021



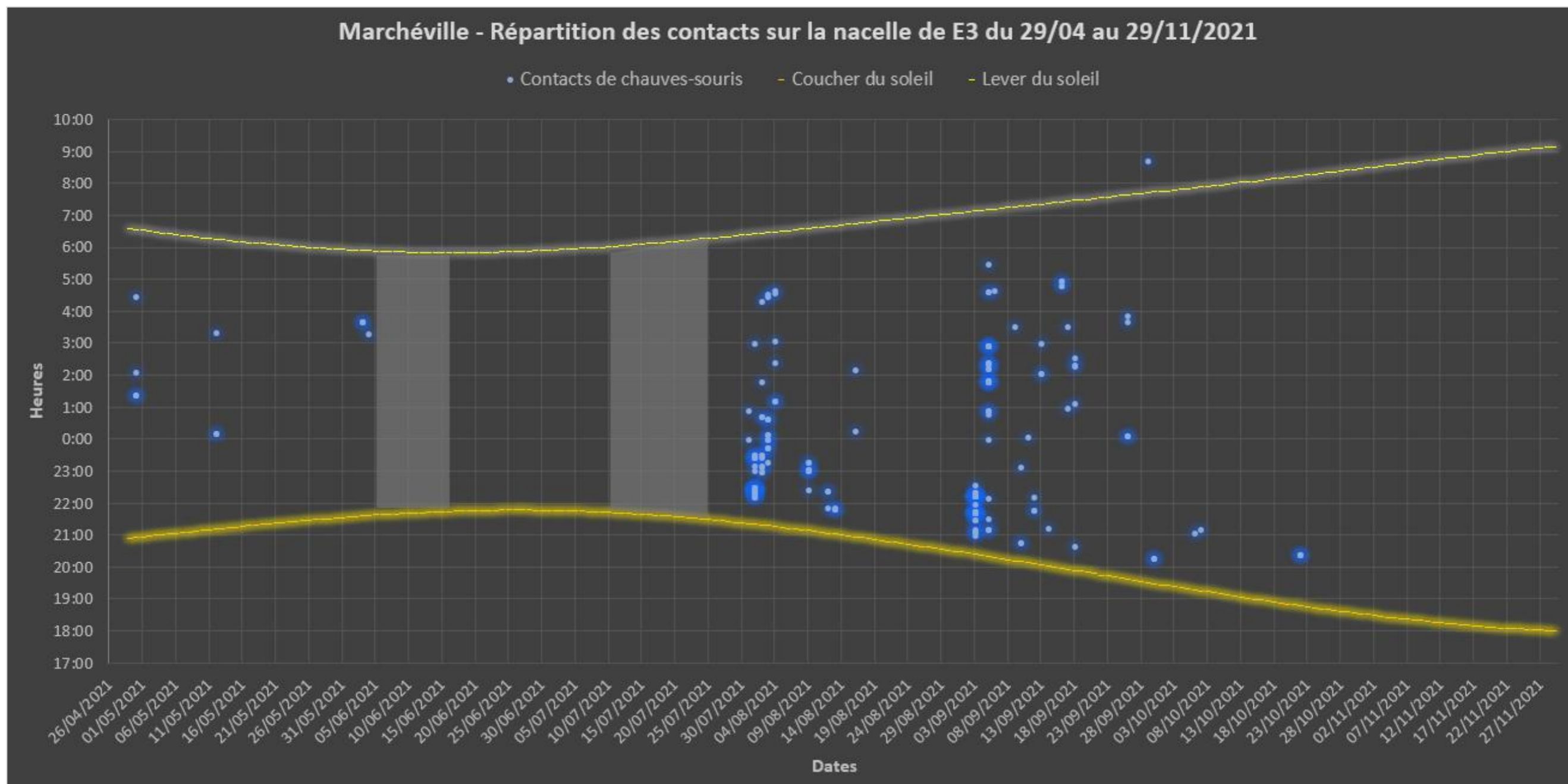
Chronologie de l'activité quotidienne du suivi acoustique depuis la nacelle de E3 (les bandes grisées correspondent aux périodes de déconnexion involontaire du BATmode)



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

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

On constate sur ce graphique les pics d'activité du 1^{er} août, 3 et 5 septembre évoqués précédemment. Le seul contact enregistré après le lever du soleil, est une Pipistrelle de Kuhl contactée à 8h44 le 29 septembre. Aucun contact n'a été enregistré avant le coucher du soleil.



E3 : Distribution des contacts en fonction de la date et de l'heure après le coucher du soleil (les zones grisées représentent les périodes de déconnexion involontaire du BATmode)

4.3 SYNTHÈSE ET ÉVALUATION DES ACTIVITÉS

4.3.1 INDICATEURS DE LA FREQUENTATION

Le tableau suivant synthétise l'ensemble de ces résultats à l'aide de plusieurs indicateurs :

- 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 ;
- les nombres de nuit avec plus de 20 ou 100 contacts (pics d'activité) ;
- le maximum de contact par nuit obtenu sur le mois.

Bilan statistique du suivi de E3 entre le 29 avril et le 29 novembre 2021

Mois	Nuits suivies	Nuits "positives" avec au moins un contact	Moyenne de contacts par nuit suivie	Moyenne de contacts d'espèces migratrices de haut vol par nuit suivie	Maximum de contacts en une nuit
Avril	2	1	2,5	2,0	5
Mai	31	1	0,1	0,1	3
Juin	16	2	0,3	0,3	4
Juillet	15	1	0,1	0,1	2
Août	31	8	3,4	2,4	49
Septembre	30	15	4,8	3,2	53
Octobre	31	3	0,2	0,0	5
Novembre	28	0	0,0	0,0	0

On constate que le mois de septembre est le mois avec la densité de contacts la plus forte, avec un maximum de 53 contacts en une nuit, suivi de près par le mois d'août avec un maximum de 49 contacts en une nuit. Au niveau de l'activité, les autres mois sont assez similaires entre eux. Seul le mois d'avril se démarque avec une moyenne de 2,5 contacts par nuit. Les moyennes de contacts d'espèces migratrices de haut vol par nuit suivie les plus hautes restent celles du mois d'août et du mois de septembre, avec respectivement 2,4 et 3,2 contacts moyens par nuit.

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

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

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

- les moyennes mensuelles inférieures à 2 contacts par nuit correspondent à une activité de fond considérée comme relativement commune.
- les moyennes mensuelles comprises approximativement entre 2 et 5 contacts par nuit sont considérées comme des activités significatives (au-dessus de l'activité de fond) mais restant modérées.

- les moyennes mensuelles comprises approximativement entre 5 et 10 contacts par nuit sont considérées comme des activités supérieures à la moyenne, et donc assez importantes.
- les moyennes mensuelles supérieures à 10 contacts par nuit sont donc considérées comme des activités importantes, sans être néanmoins exceptionnelles (supérieures à 15, voire 20 contacts par nuit).

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

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

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

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

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

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

E3 : Évaluation des résultats du suivi (toutes espèces) en fonction du référentiel d'activité des suivis nacelles en milieu ouvert dans la moitié nord de la France (Ecosphère, 2014-2019)

E3 2021	Q1-25	Q25-50	Q50-75	Q75-95	Q95-100
Avril	0	0	1	0	0
Mai	0	1	0	0	0
Juin	1	1	0	0	0
Juillet	1	0	0	0	0
Août	1	2	2	2	1
Septembre	6	3	4	0	2
Octobre	2	0	1	0	0
Novembre	0	0	0	0	0

Le tableau suivant résume le nombre de nuits « positives » par classe d'activité et par espèce. **Les cas d'activité forte sont rares et éparpillés parmi toutes les espèces contactées.**

E3 : Évaluation des résultats du suivi pour chaque espèce en fonction du référentiel d'activité des suivis nacelles en milieu ouvert dans la moitié nord de la France (Ecosphère, 2014-2019)

Marchéville E3	Q1-25	Q25-50	Q50-75	Q75-90	Q90-100
Noctule commune	1	2	1	2	1
Noctule de Leisler	3	6	6	2	1
Sérotule	4	2	0	0	0
Pipistrelle commune	6	6	2	2	1
Pipistrelle de Kuhl	0	2	1	0	2
Pipistrelle de Nathusius	0	0	1	1	1
Toutes espèces confondues	8	6	11	3	3

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 **61 % de l'activité globale sur l'ensemble du suivi a été enregistrée durant les trois premières heures de la nuit, et 39 % le reste de la nuit.** Aucun contact n'a été enregistré avant l'heure du coucher du soleil.

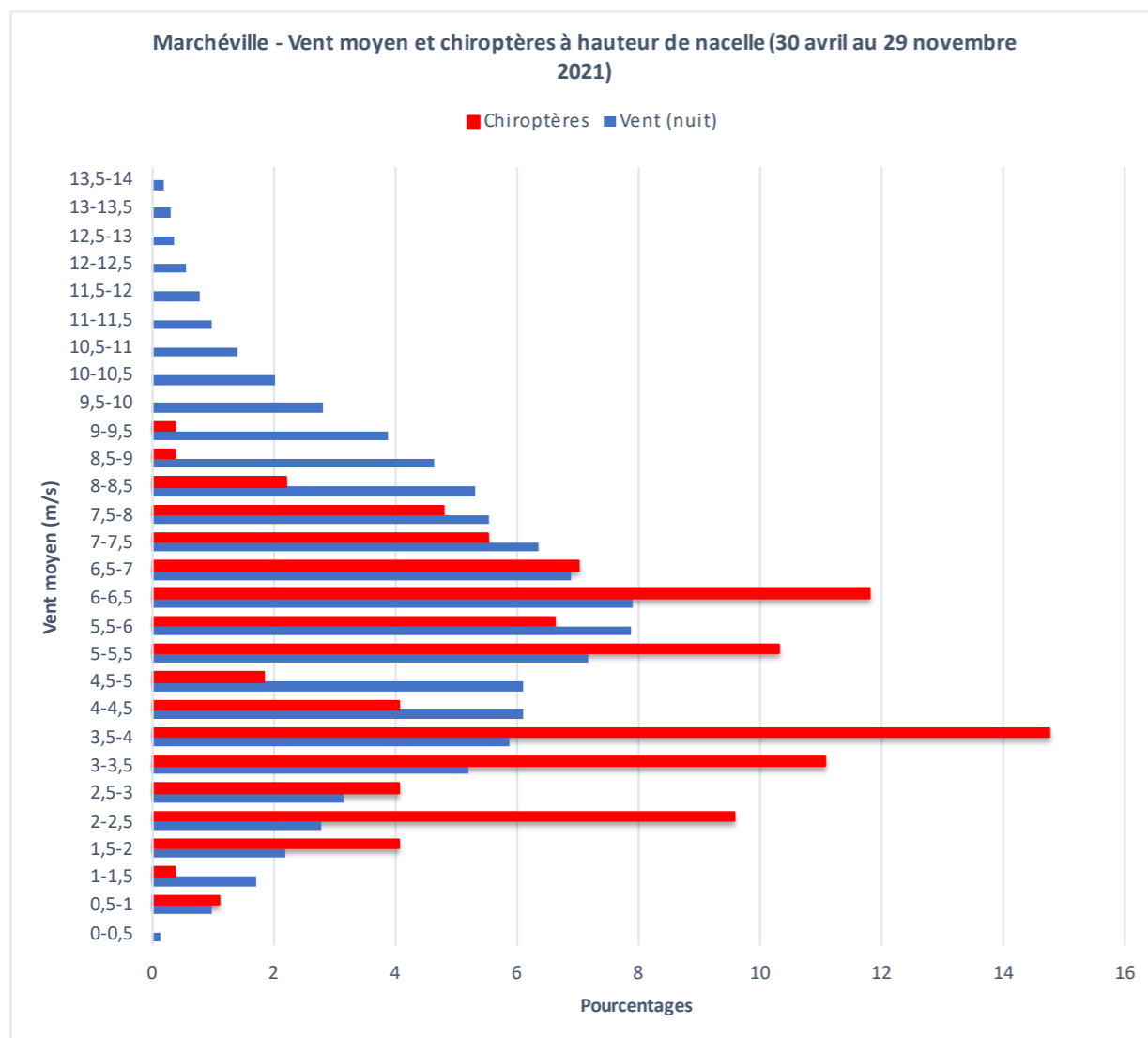
E3 : Nombre de contacts en fonction de l'heure après le coucher du soleil pour toute la période du suivi

Heure après le coucher du soleil	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Total général
-1h à l'heure du coucher du soleil	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Heure du coucher du soleil à +1h	-	-	-	-	16	17	-	-	33
+1h à +2h	-	-	-	-	40	50	7	-	97
+2h à +3h	-	2	-	1	29	4	-	-	36
+3h à +4h	-	-	-	1	10	2	-	-	13
+4h à +5h	3	-	-	-	1	8	-	-	12
+5h à +6h	1	-	1	-	5	21	-	-	28
+6h à +7h	-	1	4	-	1	28	-	-	34
+7h à +8h	1	-	-	-	4	2	-	-	7
+8h à +9h	-	-	-	-	-	9	-	-	9
+9h à +10h	-	-	-	-	-	1	-	-	1
+10h à +11h	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Total général	5	3	5	2	106	143	7	0	271

4.5 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LES VITESSES DE VENT

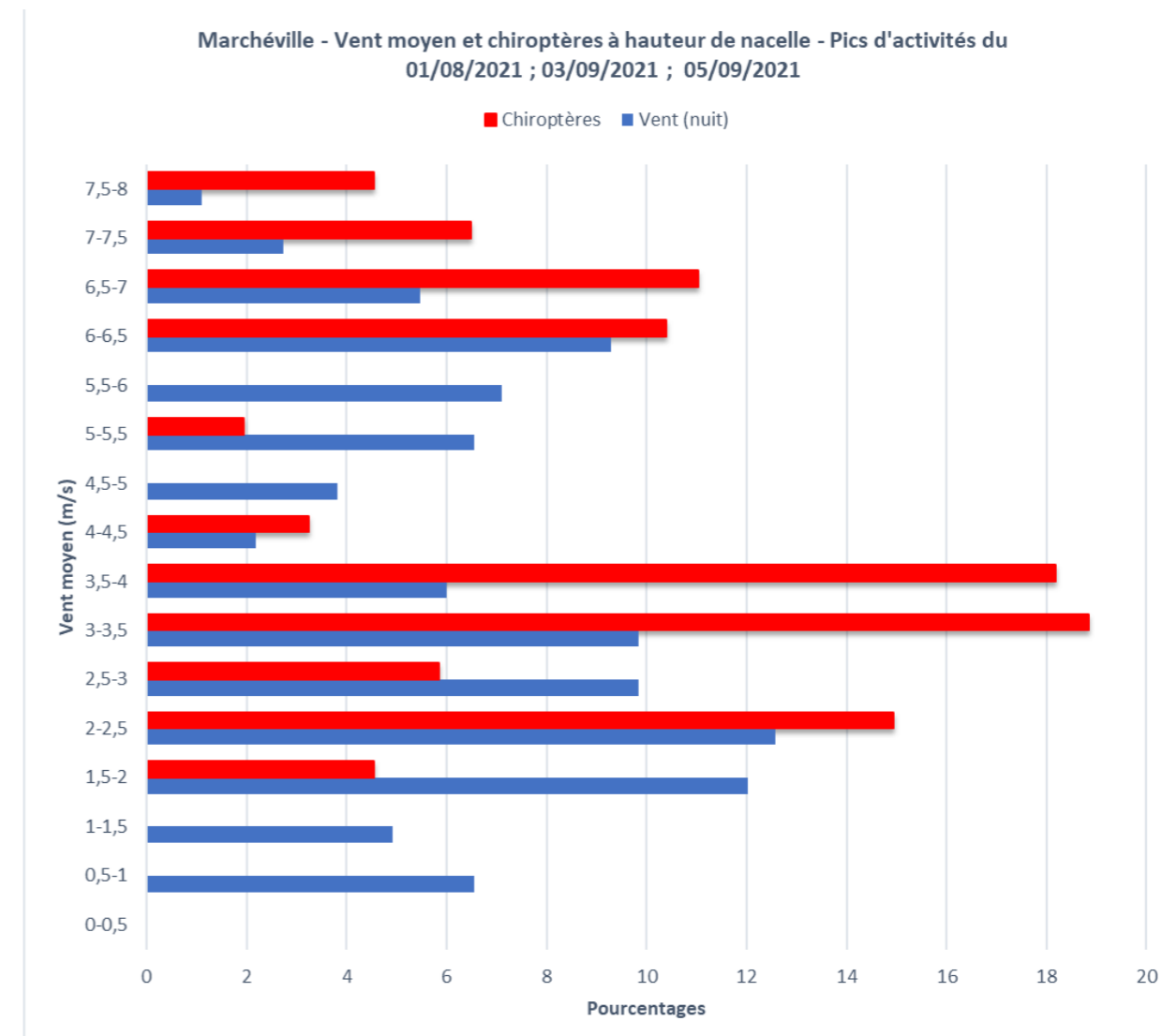
Le graphique ci-dessous montre comment les contacts de chauves-souris se distribuent par rapport aux vitesses moyennes de vent enregistrées la nuit sur l'ensemble de la période de suivi.

Environ 97 % de l'activité a été enregistrée pour des vents moyens inférieurs à 8 m/s, alors que 24 % de mesures de vent enregistrées la nuit ont atteint des maxima supérieurs à 8 m/s. En effet, la répartition des contacts montre une utilisation des vitesses comprises entre 0 et 9,5 m/s, avec un pic entre 1,5 et 8 m/s (96 % des contacts).



E3 : Distribution de l'activité selon les vitesses moyennes de vent (de nuit seulement)

L'activité enregistrée durant le suivi de l'année 2021 étant vraiment faible, elle dénote complètement avec les résultats du suivi mortalité. Afin d'appréhender un bridage plus efficacement, un graphique avec les mêmes facteurs a été créé avec seulement les données des trois pics d'activité (à savoir la nuit du 1^{er} août, 3 et 5 septembre 2021).



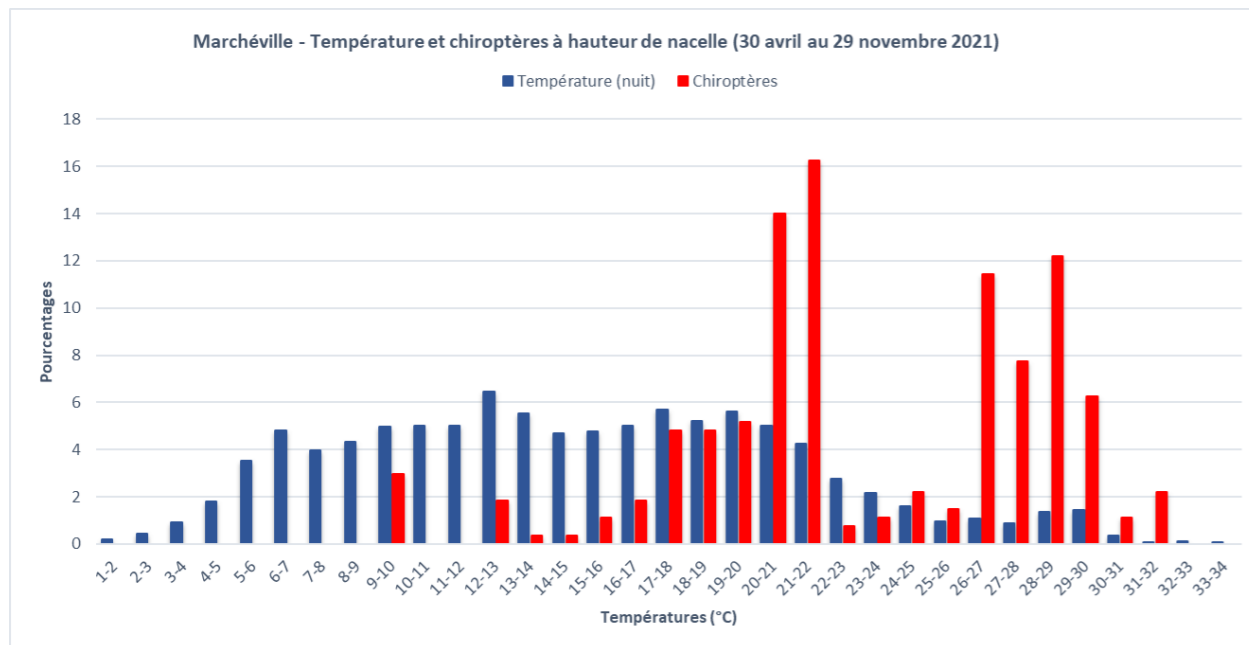
E3 : Distribution de l'activité des nuits du 1^{er} août, 3 et 5 septembre 2021 selon les vitesses moyennes de vent (de nuit seulement)

On constate que 62 % de l'activité se situe entre 1,5 et 4 m/s, et 32 % se situe entre 6 et 8 m/s.

4.6 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LA TEMPERATURE

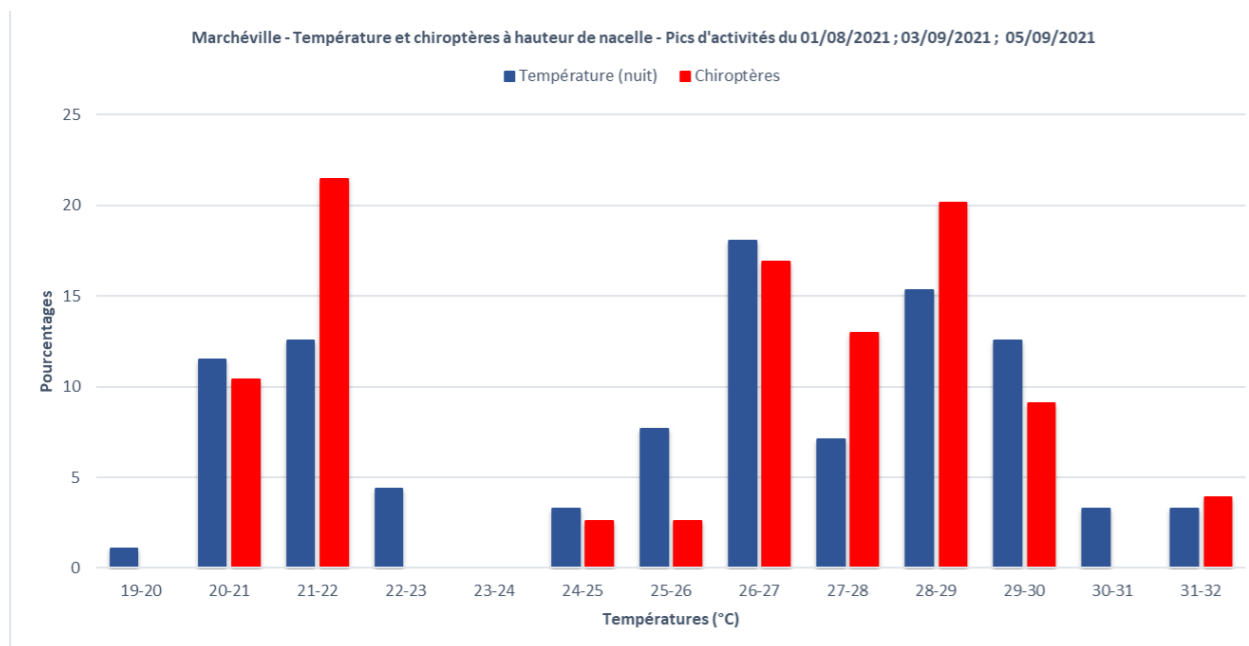
Le graphique ci-dessous montre comment les contacts de chauves-souris se distribuent par rapport aux températures moyennes enregistrées la nuit sur l'ensemble de la période de suivi.

90 % de l'activité globale a été enregistrée pour des températures supérieures à 16°C et jusqu'à 30°C.



E3 : Distribution de l'activité selon les températures (de nuit seulement)

Comme pour le graphique de la distribution de l'activité en fonction des températures, afin d'appréhender un bridage plus efficacement, un graphique avec les mêmes facteurs que le graphique ci-dessus a été créé avec les données des trois pics d'activité (à savoir la nuit du 1^{er} août, 3 et 5 septembre 2021).



E3 : Distribution de l'activité selon les températures (de nuit seulement)

Des contacts de chiroptères ont été enregistrés à quasiment toutes valeurs de températures nocturnes supérieures à 20°C durant ces trois nuits.

4.7 CONCLUSION

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

- L'activité chiroptérologique est très faible tout au long du suivi ;
- Trois pics d'activité sont présents sur trois nuits : celle du 1^{er} août, 3 et 5 septembre ;
- Par conséquent, le mois d'août et le mois de septembre sont les plus fréquentés de l'année ;
- Tous mois confondus, les chauves-souris ont été en majorité contactées durant les trois premières heures après le coucher du soleil ;
- 97 % de l'activité a été enregistrée pour des vents moyens inférieurs à 8 m/s ;
- 90 % de l'activité globale a été enregistrée pour des températures supérieures à 16°C et jusqu'à 30°C.

5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE MORTALITE

5.1 RESULTATS BRUTS

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

Sur les 6 éoliennes du parc de Marchéville, **27 cadavres** ont été découverts : **6 oiseaux** et **21 chauves-souris**.

5.1.1 REPARTITION SPATIALE

Voir la carte « Localisation des cadavres ».

Les cadavres découverts sur le parc de Marchéville sont distribués de manière hétérogène entre les éoliennes. **20 cadavres de chauves-souris et 6 d'oiseaux ont été repérés sous les 3 éoliennes les plus au sud (E4, E5 et E6), tandis qu'un seul cadavre de chauve-souris a été découvert au niveau des 3 éoliennes les plus au nord (E1, E2 et E3) pour l'ensemble de la période de suivi.**

Le contexte paysager est néanmoins **homogène** sur le parc, avec une topographie et une occupation du sol similaires entre les différentes machines. Pour rappel, le parc de Marchéville fait l'objet d'un bridage acoustique visant à réduire les nuisances sonores pour le voisinage. Ce bridage (modération de la vitesse du rotor et orientation des pales spécifique) concerne les éoliennes E1 à E5, pour des vitesses de vent à hauteur de nacelle comprises entre 7 et 12,5 m/s, entre 22h00 et 7h00 :

- E1 bridée entre 7 et 9,7 m/s ;
- E2 et E3 bridées entre 7 et 12,5 m/s ;
- E4 et E5 bridées entre 7 et 11,1 m/s ;
- E6 non bridée.

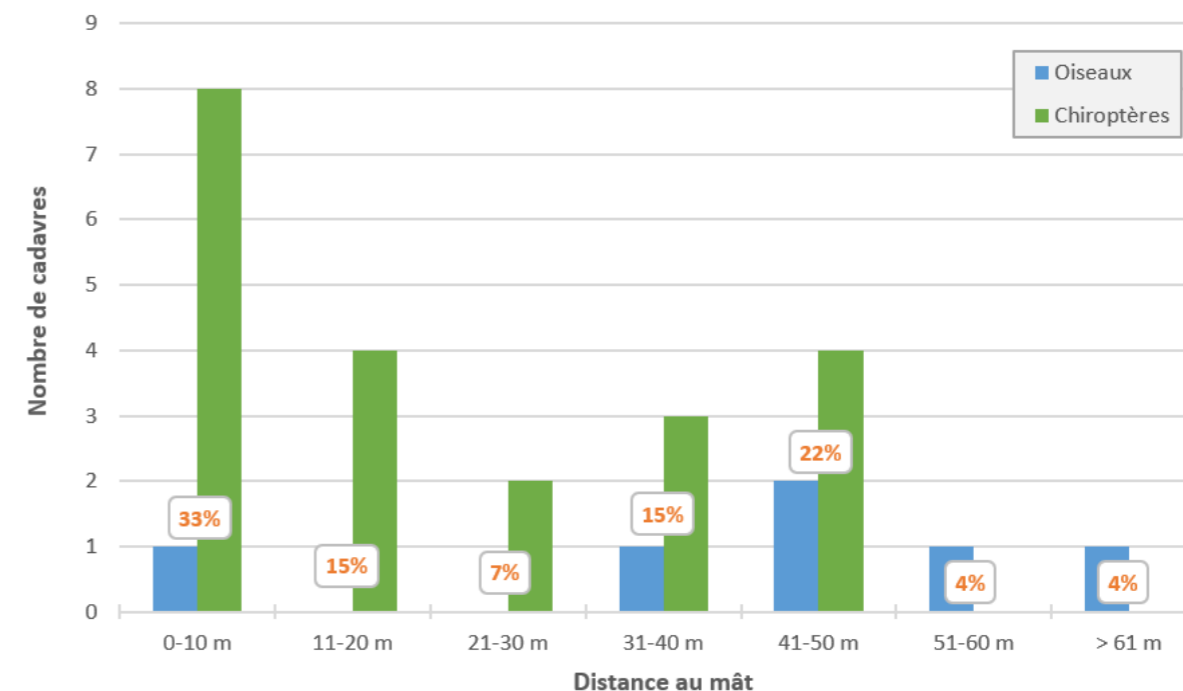
Ce bridage a probablement joué un rôle négligeable dans la protection des chauves-souris, les éoliennes étant bridées à des vitesses de vent élevées.

Répartition des cadavres découverts en 2021 (n = 27)

Éolienne n°	Nombre de cadavres découverts	Chiroptères	Oiseaux
1	1	1	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	10	7	3
5	10	7	3
6	6	6	0
	27	21	6

Par rapport à la distance au mât, les cadavres sont principalement disposés dans les 20 premiers mètres ainsi qu'entre 31 et 50 mètres, 85 % des cadavres ayant été retrouvés dans ces deux tranches. Les chiroptères sont répartis de manière plus homogène, avec 2 à 8 cadavres observés dans chacune des tranches de 10 mètres entre 0 et 50 mètres, même s'il est à noter que 38 % d'entre eux sont concentrés autour du mât. Les oiseaux ont pour la plupart été retrouvés loin du mât, avec 83 % des cadavres présents entre 31 et 61 mètres.

Les résultats obtenus sont probablement quelque peu biaisés pour les chauves-souris, du fait qu'une partie des surfaces n'a pu être prospectée et que les 10 premiers mètres autour des mâts sont généralement constitués de surface de très bonne visibilité (plateformes, voire zones herbacées rases).



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

5.1.2 REPARTITION TEMPORELLE ET ESPECES CONCERNEES

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

Répartition temporelle de la mortalité (n = 26 + 1 Pipistrelle commune ayant été trouvée sous E6 le 25/05/2021, hors protocole). 3 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° passage	Date	Chiroptères	Oiseaux	Total
1	1	15/04/2021	0	0	0
	2	18/04/2021	0	0	0
	3	21/04/2021	0	0	0
	4	24/04/2021	0	0	0
	5	27/04/2021	0	0	0
	6	30/04/2021	0	0	0
	7	03/05/2021	0	0	0
	8	06/05/2021	0	0	0
	9	09/05/2021	0	0	0
	10	12/05/2021	3	Noctule de Leisler (E4)	0

Période	N° passage	Date	Chiroptères	Oiseaux	Total		
			Pipistrelle de Nathusius (E5) Pipistrelle indéterminée (E5)				
2	11	01/06/2021	0	0	0		
	12	04/06/2021	0	0	0		
	13	07/06/2021	2	0	2		
	14	10/06/2021	0	0	0		
	15	13/06/2021	0	0	0		
	16	16/06/2021	0	0	0		
	17	19/06/2021	0	0	0		
	18	22/06/2021	0	0	0		
	19	25/06/2021	0	0	0		
	20	28/06/2021	0	0	0		
	21	01/07/2021	0	0	0		
	22	04/07/2021	1	Pipistrelle commune (E6)	0	1	
	23	07/07/2021	0	0	0		
	24	10/07/2021	0	0	0		
	25	13/07/2021	0	0	0		
3	26	15/08/2021	2	Noctule de Leisler (E5, E6)	0	2	
	27	18/08/2021	0	0	0		
	28	21/08/2021	0	0	0		
	29	24/08/2021	0	0	0		
	30	27/08/2021	1	Chiroptère indéterminé (E6)	0	1	
	31	30/08/2021	2	Pipistrelle commune (E5, E6)	0	2	
	32	02/09/2021	0	0	0		
	33	05/09/2021	1	Pipistrelle commune (E4)	0	1	
	34	08/09/2021	2	Pipistrelle commune (E4) Pipistrelle indéterminée (E5)	0	2	
	35	11/09/2021	2	Pipistrelle commune (E1) Pipistrelle indéterminée (E4)	0	2	
	36	14/09/2021	2	Pipistrelle commune (2*E4)	1	Martinet noir (E4)	3
	37	17/09/2021	0	0	0		
	38	20/09/2021	1	Pipistrelle de Nathusius (E5)	0	1	
	39	23/09/2021	1	Pipistrelle de Nathusius (E4)	0	1	
	40	26/09/2021	0	0	0		
	41	29/09/2021	0	0	0		
	42	02/10/2021	0	0	1	Roitelet huppé (E5)	1
	43	05/10/2021	0	0	1	Etourneau sansonnet (E4)	1
	44	08/10/2021	0	0	1	Roitelet huppé (E5)	1
	45	11/10/2021	0	0	0	0	
	46	14/10/2021	0	0	0	0	
	47	17/10/2021	0	0	0	0	
	48	20/10/2021	0	0	1	Roitelet huppé (E5)	1
	49	23/10/2021	0	0	0	0	
	50	26/10/2021	0	0	1	Roitelet à triple-bandeau (E4)	1
	51	29/10/2021	0	0	0	0	



Pipistrelle commune, sous E5 le 7 juin 2021 (E. Chatel, Eure-et-Loir Nature)



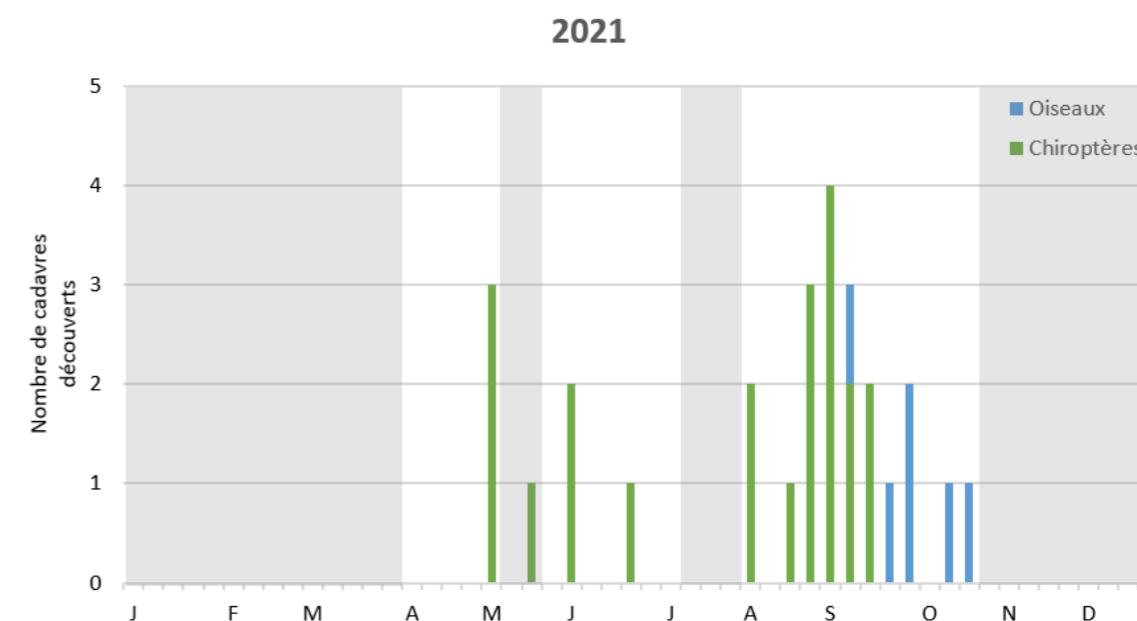
Pipistrelle de Nathusius, sous E5 le 20 septembre 2021 (E. Chatel, Eure-et-Loir Nature)



Martinet noir, sous E4 le 14 septembre 2021 (R. Chauvel, Eure-et-Loir Nature)



Roitelet à triple-bandeau, sous E4 le 26 octobre 2021 (E. Guéret, Eure-et-Loir Nature)



Répartition de la mortalité au cours de l'année 2021 (n=27). La période non suivie apparaît grisée.

Des cadavres ont été trouvés durant la majorité du suivi, entre le 12 mai et le 26 octobre 2021. L'ensemble des oiseaux a été trouvé en automne, entre le 14 septembre et le 26 octobre. Il s'agit vraisemblablement d'individus migrateurs. Deux tiers des chauves-souris (14 sur les 21) ont été impactées entre mi-août et fin octobre. Certains des cadavres identifiés correspondent à des migrateurs

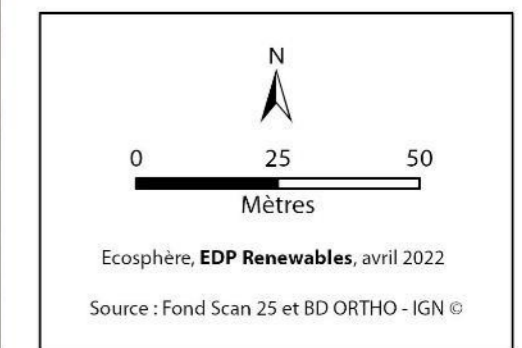
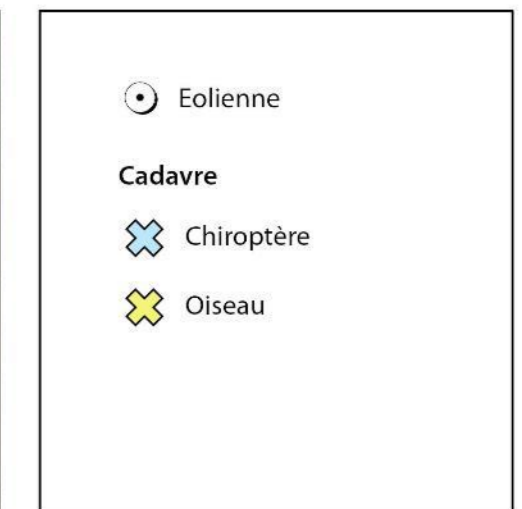
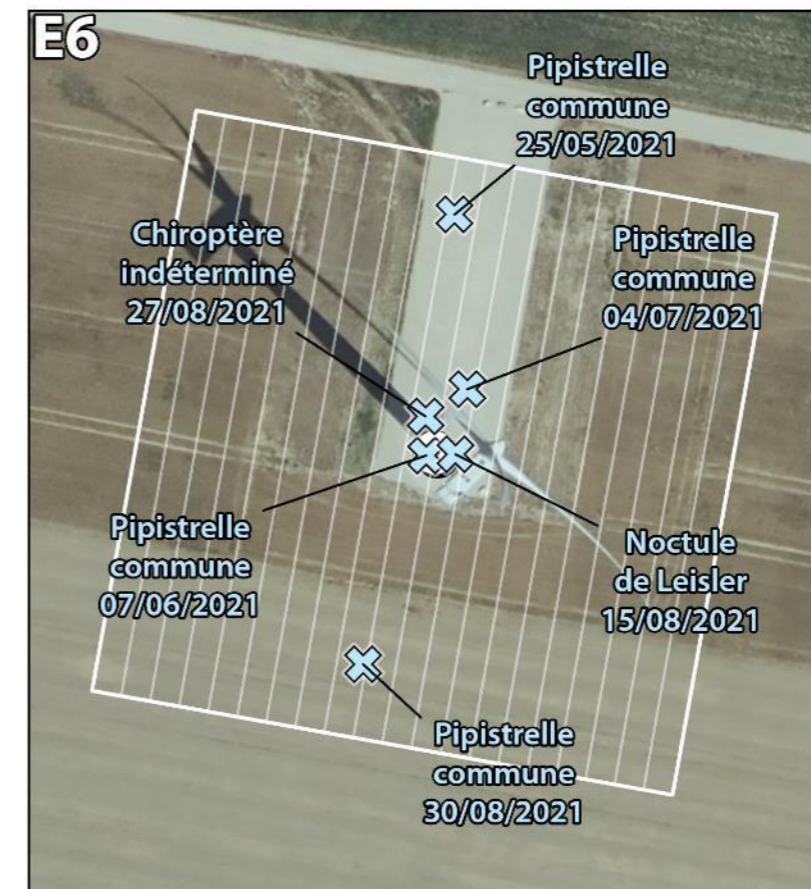
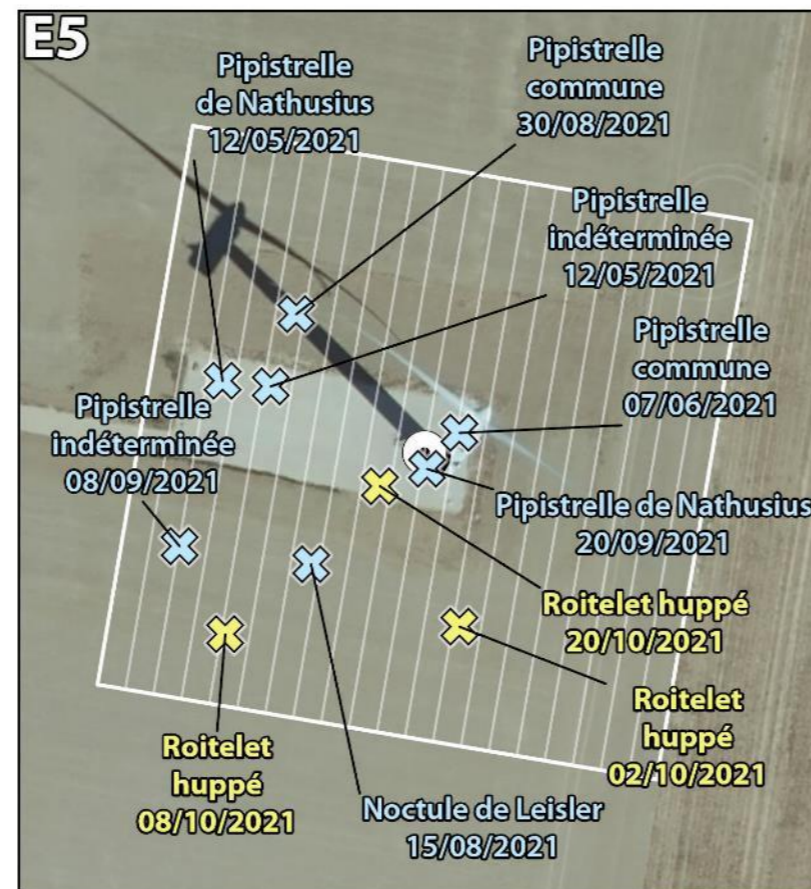
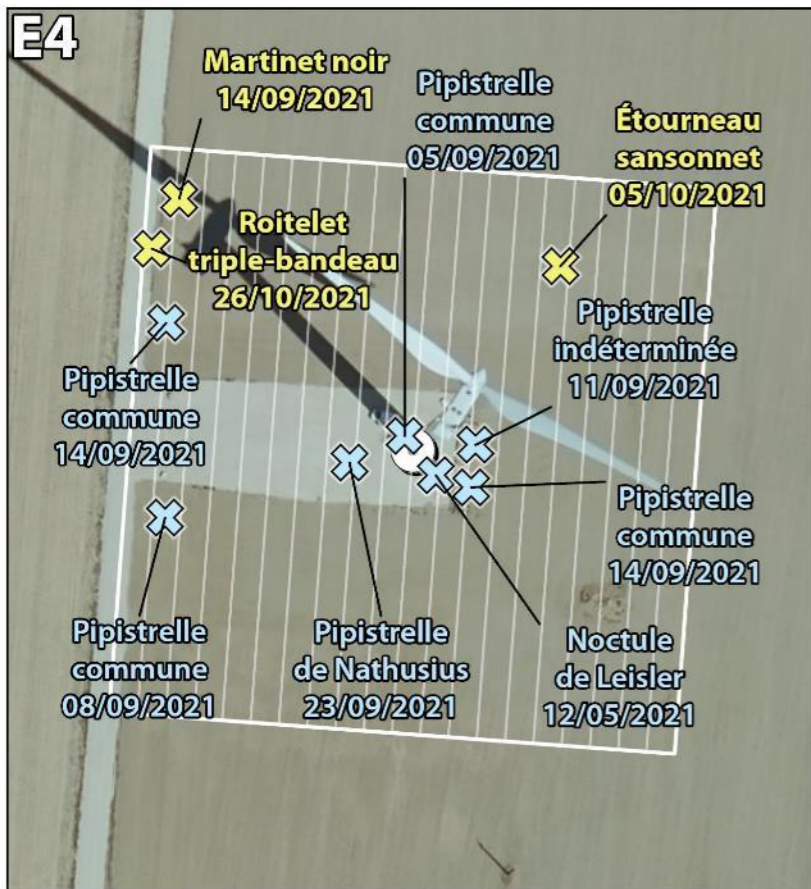
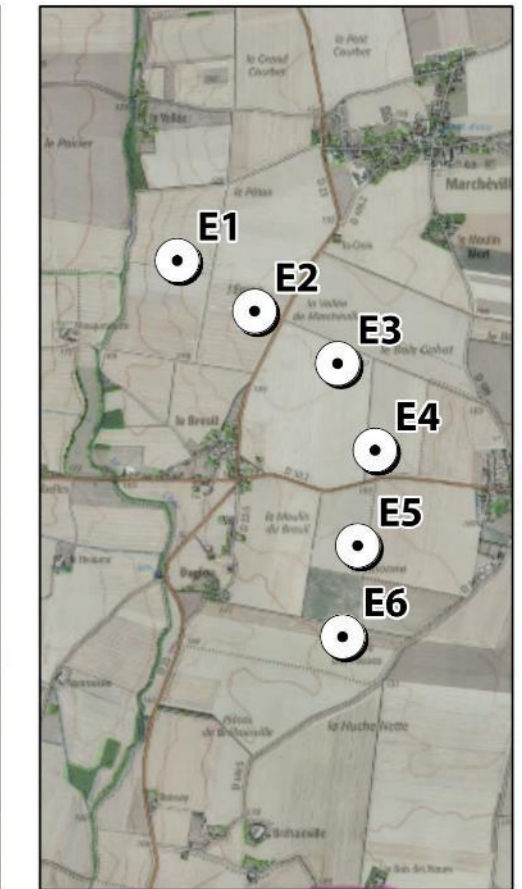
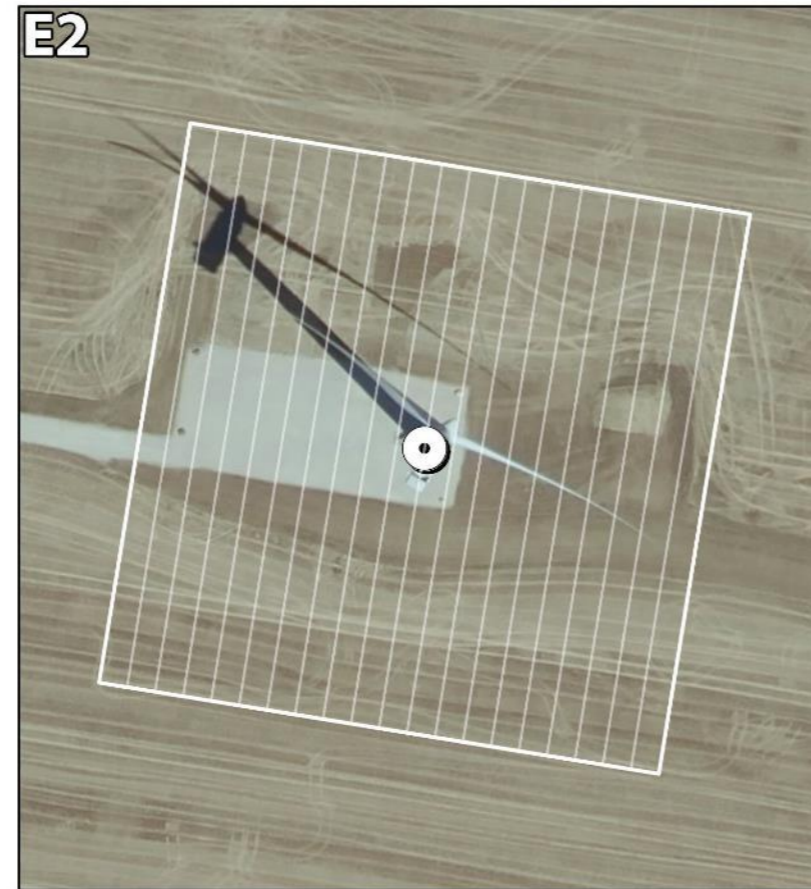
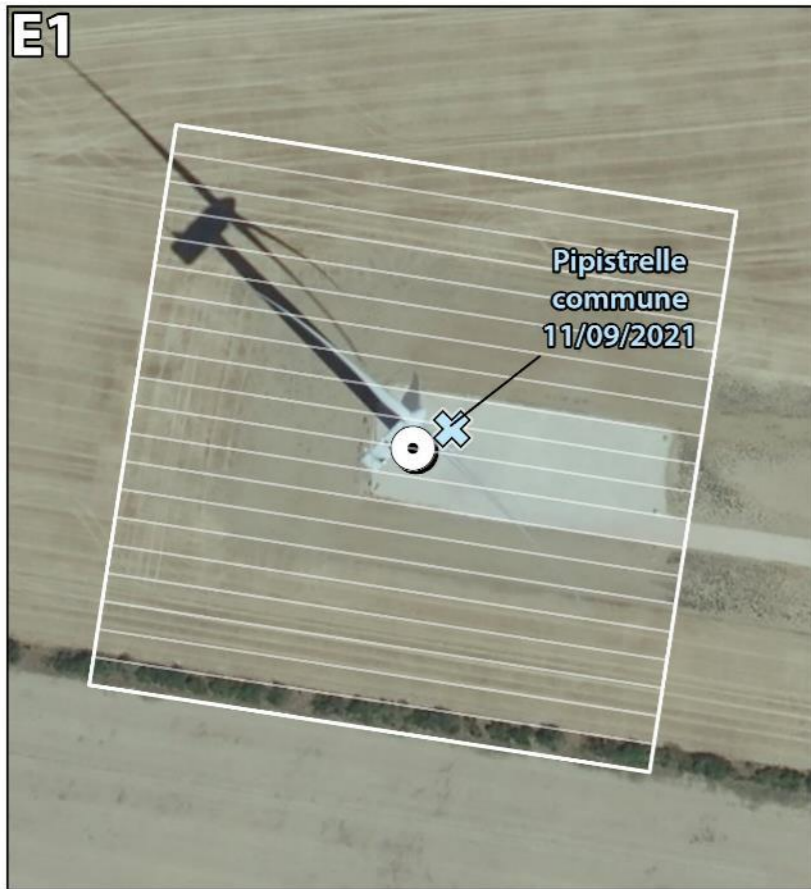
(Noctule de Leisler, Pipistrelle de Nathusius), mais la plupart des individus contactés sont des Pipistrelles communes probablement issues de populations locales.

La mortalité constatée en 2021 se compose ainsi de :

- **6 oiseaux appartenant à 4 espèces** : 3 Roitelets huppés [migrateurs], 1 Roitelet à triple-bandeau [migrateur], 1 Martinet noir [migrateur] et 1 Etourneau sansonnet [local ou migrateur] ;
- **21 chiroptères appartenant à au moins 3 espèces** : 11 Pipistrelles communes¹³ [locales], 3 Pipistrelles de Nathusius [migratrices], 3 Noctules de Leisler [migratrices], 3 pipistrelles indéterminées [statut indéterminé] et 1 chiroptère indéterminé [statut indéterminé].

¹³ La totalité des cadavres correspond très certainement à de la Pipistrelle commune, beaucoup plus abondante et commune que la Pipistrelle pygmée, par ailleurs jamais contactée sur le parc de Marchéville à hauteur de nacelle.

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



5.2 VARIABLES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE

5.2.1 PERSISTANCE DES CADAVRES

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

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

Les résultats des deux tests de persistance sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Taux de persistance des leurres déposés au pied des éoliennes.

Moyenne (55 leurres)		J+1		J+3		J+6		J+9		J+12		J+15	
		p	Tm	p	Tm	p	Tm	p	Tm	p	Tm	p	Tm
		P1	0,96	1,0 j	0,84	2,8 j	0,56	4,9 j	0,52	6,5 j	0,48	8,0 j	0,48
	P3	0,77	0,9 j	0,37	2,0 j	0,07	2,7 j	0,03	2,8 j	0,03	2,9 j	0,00	3,0 j
	Moy	0,85	0,9 j	0,58	2,4 j	0,29	3,7 j	0,25	4,5 j	0,24	5,2 j	0,22	5,9 j

Tm j+3 = temps moyen de persistance (en jours) durant un intervalle de 3 jours

p j+3 = taux de persistance durant l'intervalle (proportion de cadavres présents après 3 jours)

Les résultats bruts des tests de persistance ont également été implémentés dans l'application GenEst, en indiquant pour chaque faux-cadavre utilisé le dernier jour d'observation et le premier jour où il a été noté disparu/prédaté. Une probabilité de persistance « r » a ensuite été modélisée à partir de modèles statistiques dits d'analyse de survie et basés sur la méthode du maximum de vraisemblance¹⁴. Cette variable « r » correspond à la probabilité estimée qu'un cadavre qui arrive à un instant aléatoire et uniforme dans l'intervalle de x jours persiste jusqu'à la fin de cet intervalle. La variable « période » a été considérée et retenue comme variable influençant la persistance dans le cas de ce parc. Ces valeurs sont ensuite utilisées par l'application pour les estimations globales présentées au chapitre 5.3.2.

Dans le cas de la persistance des cadavres, les résultats obtenus en première période ont aussi été appliqués à la deuxième période (aucun test de persistance réalisé en période 2). La persistance de la période 1 a été retenue également pour la période 2 car les occupations du sol étaient identiques à ces deux périodes, alors que les surfaces de bonne visibilité étaient beaucoup plus importantes en période 3 (ce qui modifie potentiellement le comportement des charognards sur le parc). De plus, le laps de temps sans suivi est moins important entre les périodes 1 et 2 (2 semaines) qu'entre les périodes 2 et 3 (1 mois). Le test de persistance réalisé en période 1 reflète donc probablement mieux la persistance en période 2 que celui effectué en période 3.

¹⁴ Dalthorp, D., Madsen, L., Huso, M., Rabie, P., Wolpert, R., Studyvin, J., Simonis, J., and Mintz, J., 2018, GenEst statistical models—A generalized estimator of mortality: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 7, chap. A2, 13 p., <https://doi.org/10.3133/tm7A2>.

Probabilité de persistance r calculée avec GenEst

GenEst	Périodes 1/2		Période 3	
	Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]
Probabilité de persistance (r)	0,91 à j+3	0,85, 0,96	0,68 à j+3	0,61, 0,74

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

- Temps moyen de persistance (Tm) = 2,8 j (première période) et 2,0 j (troisième période) à j+3, pour un temps moyen sur l'année de 2,4 j à j+3 ;
- Taux de persistance (p) = 84 % (première période) et 37 % (troisième période) à j+3, pour un taux moyen sur l'année de 58 % à j+3.
- Probabilité de persistance (r) = 0,91 [IC 80 % : 0,85 – 0,96] (première période) et r = 0,68 [IC 80 % : 0,61 – 0,74] (troisième période) à j+3.

La persistance est très supérieure en première partie de suivi (de mi-avril à mi-mai) et diminue en troisième partie (de mi-août à fin octobre). **L'intervalle réduit et constant tout au long du suivi entre les passages (un passage tous les 3 jours) limite les biais liés à la disparition rapide des cadavres en fin de suivi et permet de ne pas trop augmenter le degré d'imprécision.** Le temps moyen de persistance est ainsi d'environ les deux-tiers de l'intervalle en fin de suivi.

5.2.2 EFFICACITE DE L'OBSERVATEUR OU DETECTABILITE

L'efficacité des observateurs a été testée au sein des parcelles prospectables, à deux reprises. L'efficacité a également été testée par les prospecteurs d'Eure-et-Loir Nature au sein des parcelles appartenant à la classe de visibilité nulle (blé et orge avant moissons). Toutefois, aucun des 16 leurres déposés n'a été retrouvé par les observateurs au sein des parcelles sans visibilité. **Ces leurres n'ont donc pas été pris en compte pour les estimations de mortalité, les surfaces appartenant à la classe de visibilité nulle n'étant par ailleurs pas considérées pour les analyses.**

Ainsi, dans des conditions normales de recherche, **14 leurres ont été retrouvés par les observateurs sur les 24 disposés en deux sessions** (les 01/07 et 29/09) au sein des différents types de végétation (plateformes, chaumes ou labours). Le nombre de leurres considéré est faible et génère des incertitudes.

Dans le cas de l'efficacité des observateurs, les résultats obtenus en deuxième période ont aussi été appliqués à la première période (aucun test d'efficacité réalisé en période 1). Les occupations du sol étaient identiques entre les périodes 1 et 2, l'efficacité des observateurs peut donc être extrapolée à la première période, ce paramètre influençant grandement la découverte de cadavres par les observateurs.

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. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après :

Résultats des tests de détectabilité par période obtenus avec GenEst

	Périodes 1/2		Période 3			TOTAL	
	Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]	
Nombre de leurres déposés	4		20			24	
Nombre de leurres trouvés	1		13			14	
Bonne	0,25	0,07 - 0,59	0,65	0,51 - 0,77	0,54	0,42 - 0,65	

En moyenne, il en ressort un **taux d'efficacité (ou de détection) de 0,25 pour les périodes 1 et 2 et de 0,65 pour la période 3.**

Le taux moyen de détection est considéré comme mauvais, avec 54 % [IC 80 % : 0,42-0,65] de leurres découverts sur l'ensemble de la période de prospection. Les périodes 1 et 2 présentent des taux de détection particulièrement mauvais, malgré une bonne visibilité globale (résultats obtenus uniquement sur des plateformes).

5.2.3 AJUSTEMENT DE LA SURFACE REELLEMENT CONTROLEE

Les surfaces de prospection sont globalement variables au cours de l'année, avec une distinction de périodes majeure liée au contexte agricole. L'occupation du sol étant exclusivement constituée de cultures céréalières (blé et orge) autour du parc de Marchéville, les passages effectués avant les moissons (périodes 1 et 2, de mi-avril à mi-juillet) se sont concentrés uniquement sur les plateformes. L'ensemble des surfaces autour des éoliennes a pu être prospecté après les récoltes (période 3, à partir de mi-août).

Toutefois, les coefficients ont été calculés sur trois périodes, pour être en cohérence avec les passages réalisés et l'activité faunistique distincte sur ces différentes phases (détails en annexe 2).

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

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

Éolienne	Surface moyenne prospectée (%)			
	Période 1 (15/4 -> 12/5)	Période 2 (1/6 -> 13/7)	Période 3 (15/8 -> 29/10)	Moyenne sur l'ensemble du suivi :
E1	15 %	15 %	100 %	58 %
E2	15 %	15 %	100 %	58 %
E3	15 %	15 %	100 %	58 %
E4	15 %	15 %	100 %	58 %
E5	15 %	15 %	100 %	58 %
E6	15 %	15 %	100 %	58 %
Moyenne sur l'ensemble du parc :	15 %	15 %	100 %	58 %

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 **58 %**. C'est cette surface moyennée à l'ensemble du parc pour l'ensemble de la période suivie, ainsi que celles correspondant aux trois grandes périodes (15 %, 15 % et 100 %) qui sont renseignées dans l'application EolApp. L'application GenEst, quant à elle, différencie la surface moyenne prospectée pour chaque éolienne et par période.

La surface de prospection est moyenne et hétérogène entre les périodes. Elle est faible pour les périodes 1 et 2, avec une valeur de 15 %, ce qui est statistiquement non significatif. Elle est en revanche parfaitement **homogène entre les éoliennes, avec 15 % de surface prospectée pour l'ensemble des éoliennes lors des deux premières périodes, puis 100 % en période 3.** Toutes les éoliennes ont une surface moyenne prospectée supérieure à 40 % en période 3 (100 %), ce qui autorise des estimations statistiques robustes (Behr et al., 2011). Comme aucune éolienne n'atteint ce taux de prospection en période 1 et 2, les estimations qui en découlent ne peuvent pas être considérées comme fiables. La probabilité de découverte des cadavres autour des machines au cours des deux premières périodes est faible et engendre un biais dans les estimations de mortalité.

5.2.4 FAISABILITE DES ESTIMATIONS DE LA MORTALITE

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

Le nombre brut de cadavres est tout d'abord analysé, indépendamment de la représentativité des surfaces échantillonnées et de la persistance locale. Si estimation statistique il y avait, il serait nécessaire de traiter les données des 3 périodes, pour des raisons strictement mathématiques (différences de surface prospectée, de persistance, voire d'efficacité) mais également d'analyse des résultats (écologie des espèces différente). Des cadavres ont été détectés à chacune des 3 phases, mais seulement pour les chiroptères. Le nombre de cadavres est suffisamment important pour lancer des estimations par période, avec de plus grandes incertitudes pour les résultats ne prenant en compte que les chauves-souris (pour la période 3). Concernant les oiseaux, des cadavres ont été découverts seulement en période 3, les estimations pour ce taxon ne sont donc pas possibles en dehors de ce laps de temps.

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 de recherche est mauvaise et génère des incertitudes importantes**, liées également au nombre peu conséquent de leurres pris en compte lors de ces tests (une partie des leurres a été déposée dans des parcelles de classe de visibilité nulle et n'ont pas été considérés).

S'agissant de **la persistance**, les deux tests ont été effectués de façon standardisée aux deux phases suivies. L'échantillon de cadavres posés est suffisamment grand pour considérer que les tests soient représentatifs. Différents types de leurres ont été posés (souris, souriceaux et poussins) pour intégrer une différence de persistance entre les chauves-souris et les oiseaux. L'intégration de la persistance locale mesurée d'après ces leurres dans les applications permettra de corriger avec fiabilité les différentes estimations par groupe impacté. Dans le cas du parc de Marchéville, la persistance est bonne en première et seconde période mais modérée en troisième période, ce qui génère de légères incertitudes.

Enfin, s'agissant des **surfaces prospectées**, des biais importants doivent être considérés. La surface de prospection moyenne est de 58 %, ce qui est moyen mais permet des estimations suffisamment robustes. Toutefois, une variabilité importante par période existe (les surfaces prospectées ne sont que de 15 % lors des périodes 1 et 2, ce qui est faible, tandis que ce taux est de 100 % en période 3). Les interprétations faisant suite aux estimations prennent compte de ces biais.

En conséquence de tous ces éléments, des estimations statistiques ont été poursuivies à l'échelle de chacune des phases, en scindant les estimations oiseaux de celles des chiroptères en période 3.

5.2.5 CORRECTIF LIE A LA PERIODE D'ETUDE

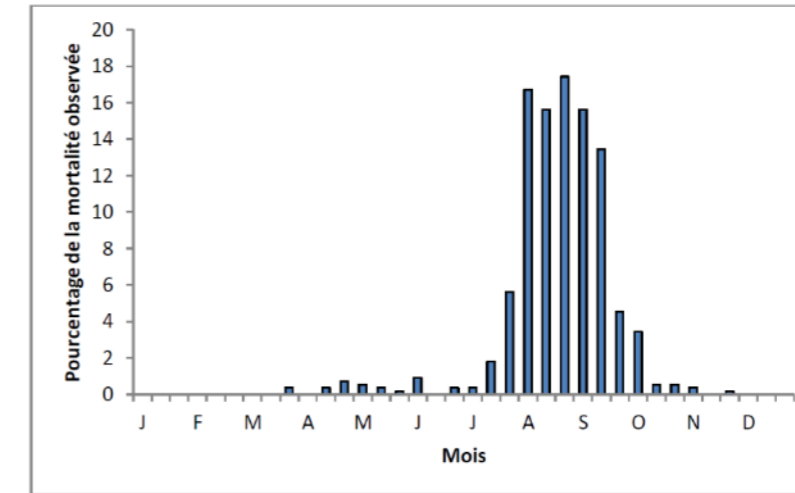
Les estimations de la mortalité ont été réalisées sur la base des 51 passages compris entre le 15/04 et le 29/10/2021 pour l'ensemble des éoliennes, avec des plages temporelles non suivies (du 13/05 au 31/05 et du 14/07 au 14/08). Cette période de suivi correspond à la période principale d'activité pour les chauves-souris et, pour les oiseaux, couvre une partie des migrations pré et postnuptiale, et la majorité de la période de reproduction. Toutefois, des cas de mortalité se produisent également en dehors de cette période, notamment pour les oiseaux, actifs toute l'année.

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

Répartition annuelle de la mortalité chiroptérologique selon différentes sources bibliographiques

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

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

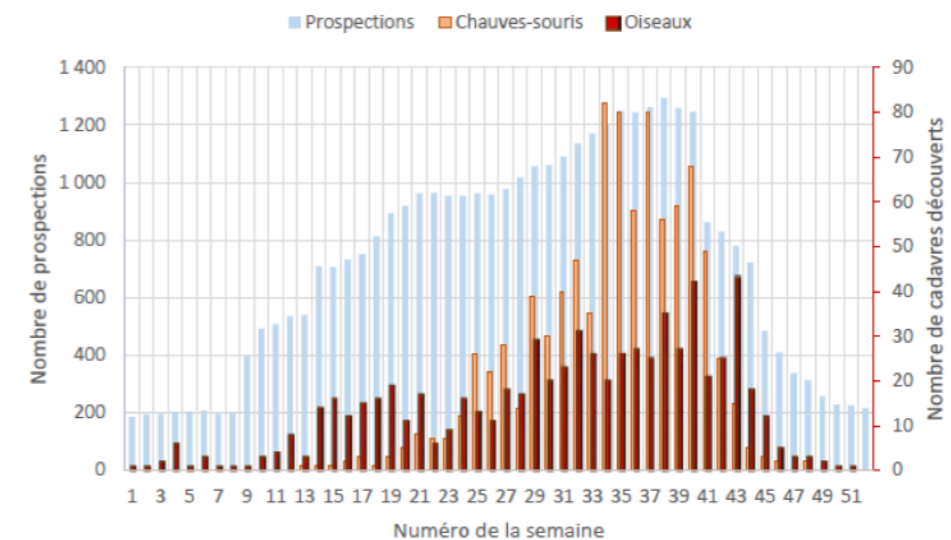


Répartition temporelle des cadavres de chauves-souris récoltés (données Dürr 2007, in Jones *et al.* 2009 ; graphique Heitz & Jung, 2017)

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

Semaine de découverte des cadavres

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



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

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

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

Pourcentage de mortalité (toutes espèces)	Chiroptères		Oiseaux	
Avril à mi-mai (semaines 14 à 19) => période de migration et d'installation des couples	5 %	3 cadavres entre mi-avril et mi-mai, soit 14 %	12 %	0 cadavre entre mi-avril et mi-mai, soit 0 %

Mi-mai à juillet (semaines 20 à 30) => période de reproduction	20 %	4 cadavres entre début juin et mi-juillet, soit 19 % (pas de suivi entre le 13/05 et le 31/05, ainsi qu'entre le 14/07 et le 31/07)	23 %	0 cadavre entre début juin et mi-juillet, soit 0 % (pas de suivi entre le 13/05 et le 31/05, ainsi qu'entre le 14/07 et le 31/07)
Août à octobre (semaines 31 à 43) => migration postnuptiale, mouvements locaux	75 %	14 cadavres entre mi-août et fin octobre, soit 67 % (pas de suivi entre le 01/08 et le 14/08)	52 %	6 cadavres entre mi-août et fin octobre, soit 100 % (pas de suivi entre le 01/08 et le 14/08)
Reste de l'année	0 %	Pas de données entre novembre et fin mars	13 %	Pas de données entre novembre et fin mars

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

Le suivi couvre une période correspondant théoriquement à :

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

Basés sur une compilation de différentes sources bibliographiques, ces coefficients correcteurs ne peuvent être directement appliqués à nos calculs et sont présentés ci-dessus à titre indicatif. Toutefois, ils illustrent un fait important : **le suivi de la mortalité concerne la majeure partie du cycle biologique de la faune volante mais la mortalité engendrée par les éoliennes en dehors des périodes de suivi est inconnue.** Par ailleurs, il peut exister des variables locales qui font que la mortalité sur certains parcs n'est pas comparable à la bibliographie connue. **Les estimations réalisées concernent uniquement la période suivie (correspondant à la période présentant le risque d'impact majeur, selon la bibliographie et l'étude d'impact du parc, voir chapitres 2.3.1 et 3.2.1.2). Aucune extrapolation de la mortalité estimée ne peut néanmoins être réalisée sur la période non suivie.**

5.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE

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

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

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

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

Récapitulatif des différents paramètres généraux pris en compte pour les estimations

Paramètres	Parc de Marchéville					
	mi Avril - fin Octobre 2021	P1 mi Avril - mi Mai 2021	mi Mai - début Juin	P2 début Juin - mi Juillet 2021	mi Juillet - mi Août	P3 mi Août - fin Octobre 2021
Période du suivi						
Nombre d'éoliennes suivies	6	6	Période non suivie	6	Période non suivie	6
C (nombre de cadavres brut découverts sous les éoliennes dans un rayon de 50 m)	26 (+1 hors protocole)	3		3 (+1 hors protocole)		20
d (taux de détection moyen)	0,54	0,25			0,65	
p (taux de persistance durant l'intervalle)	0,58	0,84			0,37	
Tm (durée moyenne de persistance durant l'intervalle)	2,4 jours (intervalle 3j)	2,8 jours (intervalle 3j)			2,0 jours (intervalle 3j)	
r (probabilité de persistance durant l'intervalle)	0,79 [IC 80 % : 0,72 – 0,85] (à j+3)	0,91 [IC 80 % : 0,85 – 0,96] (à j+3)			0,68 [IC 80 % : 0,61 – 0,74] (à j+3)	
l (intervalle moyen entre 2 visites)	3 jours	3 jours	Période non suivie	3 jours		3 jours
n (nombre de passage)	51	10		15	26	
Sk (surface prospectée moyenne)	58%	15%		15%	100%	

Dans le cas du parc de Marchéville, il est important de rappeler que les cadavres ont été trouvés quasi-exclusivement au niveau des 3 éoliennes les plus au sud (26 des 27 cadavres ont été détectés sous E4, E5 et E6). Les estimations obtenues avec EolApp et GenEst concernent donc très majoritairement ces 3 éoliennes, tandis que la mortalité très faible constatée sous les éoliennes E1, E2 et E3 ne permet pas d'obtenir des estimations fiables de mortalité pour le nord du parc (le nombre de cadavres étant trop faible statistiquement).

5.3.1 ESTIMATIONS DE LA MORTALITE AVEC EOLAPP

Les tableaux suivants présentent les résultats des estimations de la mortalité réelle pour le parc de Marchéville (6 éoliennes, dont 3 génèrent l'essentiel de la mortalité, du 15 avril au 29 octobre 2021) décomposés en trois périodes principales. La distinction par groupe impacté a également été réalisée, quand cela s'est avéré possible (en période 3).

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 ¹⁵)	Mortalité brute	Erickson			Huso			Jones		
		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
PERIODE 1	3	18,1	3,0	56,3	61,8	3,0	189,8	62,1	3,0	190,8
PERIODE 2	3	18,1	3,0	47,9	62,9	3,0	158,6	63,2	3,0	159,4
PERIODE 3	20	49,6	31,4	78,6	62,4	42,1	93,1	69,8	46,0	108,7
Chauves-souris (période totale)	20	35,1	21,5	55,8	78,0	49,5	118,7	79,2	50,2	120,7
Chauves-souris (période 3)	14	34,5	19,7	56,8	43,6	26,1	68,2	48,8	28,7	78,9
Oiseaux (période 3)	6	14,7	7,6	25,7	18,6	9,8	30,8	20,8	10,9	35,6
TOTAL	26	45,9	29,9	70,3	101,8	68,7	147,5	103,5	69,8	150,2

Les estimations pour les périodes 1 et 2 donnent des résultats aberrants à intervalles de confiance très larges et ne sont pas exploitables (jeu de données faible, mauvais taux de détection des observateurs et surface prospectée trop faible pour les modèles utilisés).

Le modèle d'Huso donne une valeur médiane de la mortalité d'environ **78 chiroptères [IC 80 % : 50 - 119] et 19 oiseaux [IC 80 % : 10 - 31] impactés sur l'ensemble du parc sur l'ensemble du suivi** (mi-avril à fin octobre, sur 51 passages), avec une médiane totale de **102 cadavres [IC 80 % : 69 - 148]**.

Le modèle de Jones donne une valeur médiane de la mortalité d'environ **79 chiroptères [IC 80 % : 50 - 121] et 21 oiseaux [IC 80 % : 11 - 36] impactés sur l'ensemble du parc sur l'ensemble du suivi** (mi-avril à fin octobre, sur 51 passages), avec une médiane totale de **104 cadavres [IC 80 % : 70 - 150]**.

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

5.3.2 ESTIMATIONS DE LA MORTALITE AVEC GENEST

Les tableaux suivants présentent les résultats des estimations de la mortalité réelle pour le parc de Marchéville (6 éoliennes, dont 3 génèrent l'essentiel de la mortalité, du 15 avril au 29 octobre 2021) obtenus à partir des modélisations faites avec GenEst (Huso & Dalthorp). En annexe 5, est précisé le détail des choix retenus pour les modélisations opérées par GenEst afin d'ajuster au mieux les estimations au jeu de données bruts du parc.

¹⁵ 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

Résultats des estimations de la mortalité réelle obtenus avec GenEst

Estimation avec GenEst	Période	Mortalité brute	Période 1			Période 2			Période 3		
			Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
Chiroptères	Période 1	3	54,9	16,0	197,8						
	Période 2	4				61,7	20,7	199,3			
	Période 3	14							55,4	27,4	94,8
Oiseaux	Période 3	6							12,3	7,5	19,0
			54,9	16,0	197,8	61,7	20,7	199,3	67,4	40,0	108,9

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.

Les résultats obtenus présentent des intervalles de confiance variables selon les périodes étudiées. La mortalité des chiroptères semble relativement constante sur le parc au cours de l'année, mais les estimations n'ont pas le même niveau de fiabilité :

- **Période 1 (entre mi-avril et mi-mai) :** mortalité estimée de **55 chauves-souris [IC 80 % : 16-198]** ; la surface de prospection est de 15 % pour toutes les éoliennes, ce qui ne permet pas des estimations robustes (taux de prospection inférieur à 40 %). En outre, l'efficacité des observateurs est très mauvaise à cette période (25 % de détectabilité), ce qui génère de grandes incertitudes. Le taux de persistance des cadavres est en revanche relativement élevé ;
 - Biais importants, **estimations peu fiables** présentant en particulier des intervalles de confiance très larges ;
- **Période 2 (entre début juin et mi-juillet) :** mortalité estimée de **62 chauves-souris [IC 80 % : 21-199]** ; la surface de prospection est de 15 % et est très inférieure à 40 %. Comme pour la période 1, le taux de détection est de 25 % à cette période, ce qui est très mauvais. De ce fait les incertitudes sont importantes. Le taux de persistance des cadavres est suffisamment important pour ne pas induire de biais supplémentaire ;
 - Forts biais liés à la surface non prospectée et au taux de détection faible. Les intervalles de confiance sont de ce fait très larges. **Les estimations sont peu fiables avec des intervalles de confiance importants ;**
- **Période 3 (entre mi-août et fin octobre) :** mortalité estimée de **55 chauves-souris [IC 80 % : 27-95] et de 12 oiseaux [IC 80 % : 8-19]** ; la surface de prospection est de 100 % pour l'ensemble des éoliennes. Le taux d'efficacité des observateurs est de 65 % dans ce laps de temps, ce qui est moyen et génère encore quelques incertitudes. Le taux de persistance à cette période est relativement faible, ce qui entraîne de légers biais dans les estimations ;
 - Légers biais liés aux taux de détection et de persistance des cadavres. **Les estimations peuvent toutefois être considérées comme fiables, avec notamment un intervalle de confiance resserré pour les oiseaux ;**

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.

- **Période totale** : mortalité estimée de 195 chauves-souris [IC 80 % : 111-436] et de 12 oiseaux [IC 80 % : 8-19] entre avril et octobre ; surface de prospection moyenne de 58 % ;
 - De légers biais sont induits par la surface non prospectée, car seulement 15 % de cette surface a pu être parcourue durant la première moitié des 51 passages (périodes 1 et 2). De plus, le taux de détection global de 54 % génère des incertitudes importantes. Le taux de persistance modéré doit également être considéré pour expliquer le large intervalle de confiance concernant les chiroptères. Le nombre brut de cadavres pris en compte est significatif et permet d'effectuer des estimations réalistes. **Les estimations semblent ainsi fiables pour les deux groupes sur l'ensemble du suivi, malgré des incertitudes liées à divers facteurs, induisant des intervalles de confiance larges pour les chauves-souris.**

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 le parc de Marchéville et au cours du suivi de 2021, les estimations de la mortalité réelle avec GenEst donnent une valeur médiane de la mortalité d'environ **195 chiroptères [IC 80 % : 111 - 436] et 12 oiseaux [IC 80 % : 8 – 19]**. La mortalité des chiroptères est globalement constante sur le parc d'après les estimations, avec 55 cadavres entre mi-avril et mi-mai (1 mois), 62 entre début juin et mi-juillet (1 mois et demi) et 55 entre mi-août et fin octobre (2 mois et demi). Concernant les oiseaux, la mortalité n'a été détectée qu'en période 3. Toutefois, les très faibles surfaces prospectées en période 1 et 2 (15 %), associées à un faible taux de détection des observateurs, génèrent de grandes incertitudes. En conséquence, les estimations concernant ces périodes sont peu fiables statistiquement.

5.4 CONCLUSION SUR LE SUIVI DE MORTALITE

Ce premier suivi réalisé sur le parc de Marchéville a fait l'objet de **51 passages répartis entre le 15 avril et le 29 octobre 2021, avec un intervalle entre les passages de 3 j tout au long du suivi**. Ces passages ont été réalisés selon 3 périodes distinctes, entrecoupées par des laps de temps sans prospections (de mi-mai à début juin et de mi-juillet à mi-août). Les **6 éoliennes** du parc ont été suivies selon le protocole national (2018) sur l'ensemble de la période préconisée. Les recherches ont été réalisées dans un **carré de 100 m sur 100 m** autour du mât. La **surface moyenne de prospection est de 58 % sur l'intégralité du suivi**, avec une variabilité au cours de l'année. Les tests de détection réalisés montrent une **déteçtabilité moyenne de 54 %**. Les tests de persistance réalisés à partir de 55 leurres montrent un **taux de persistance de 84 % (périodes 1 et 2) à 37 % (période 3)** durant l'intervalle (3 j).

27 cadavres ont été découverts, parmi lesquels :

- **6 oiseaux appartenant à 4 espèces** : 3 Roitelets huppés [migrateurs], 1 Roitelet à triple-bandeau [migrateur], 1 Martinet noir [migrateur] et 1 Etourneau sansonnet [local ou migrateur] ;
- **21 chiroptères appartenant à au moins 3 espèces** : 11 Pipistrelles communes [locales], 3 Pipistrelles de Nathusius [migratrices], 3 Noctules de Leisler [migratrices], 3 pipistrelles indéterminées [statut indéterminé] et 1 chiroptère indéterminé [statut indéterminé].

26 des 27 cadavres découverts au cours du suivi l'ont été sous les 3 éoliennes au sud du parc (E4, E5 et E6).

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 **195 chiroptères [IC 80 % : 111 - 436] et 12 oiseaux [IC 80 % : 8 – 19] sur l'ensemble du suivi** (avril – octobre). La mortalité semble relativement constante au cours des périodes du suivi pour les chauves-souris, mais les estimations obtenues pour les deux premières périodes, comptant pour la moitié de tous les passages, présentent de nombreux biais. Ces chiffres doivent donc être analysés avec précaution. Les bornes supérieures des intervalles de confiance, en particulier, paraissent surestimées (y compris concernant l'estimation de la mortalité des chiroptères sur l'ensemble du suivi).

Le suivi réalisé, comprenant 51 passages, avec un intervalle entre les passages de 3 j, doit en théorie conduire à des estimations présentant des intervalles de confiance resserrés. Toutefois, la déteçtabilité mauvaise et le taux de surface prospectée durant les 25 premiers passages (15 % jusqu'à mi-juillet) induisent des imprécisions dans les estimations de mortalité.

Il est tout de même à noter qu'à partir de 21 cadavres de chauves-souris trouvés sur le parc de Marchéville, une valeur médiane de la mortalité de 195 chiroptères est obtenue avec GenEst, ce qui représente un facteur 9 entre les deux valeurs. Ce facteur est élevé pour une estimation de mortalité, sachant qu'EolApp donne une valeur médiane de 78 à 79 chiroptères impactés sur l'ensemble du suivi (modèle d'Huso et Jones).

En conclusion, il est probable que la mortalité réelle soit comprise dans la fourchette basse des estimations, soit une valeur incluse entre 111 et 195 cadavres de chiroptères.

L'écologie des espèces influe sur les cadavres trouvés sur le parc. Ainsi, la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius ne sont trouvées qu'en période de migration, tandis que la Pipistrelle commune est impactée tout au long de l'année. Les oiseaux semblent surtout impactés en migration postnuptiale, bien que les faibles surfaces prospectées en dehors de cette période limitent probablement leur découverte à d'autres moments de l'année.



6. EVALUATION DES IMPACTS PAR COLLISION ET BAROTRAUMATISME

6.1 OISEAUX

De nombreuses espèces d'oiseaux sont susceptibles d'entrer en collision avec les pales, notamment les rapaces de jour et les passereaux de nuit. Au cours du suivi réalisé en 2021, certaines espèces observées au sein ou aux abords du parc font partie des espèces susceptibles d'être impactées, à savoir par exemple le Faucon crécerelle, la Buse variable ou le Busard Saint-Martin. Toutefois, les oiseaux locaux ont été très peu concernés par la mortalité au cours du suivi (seul un Etourneau sansonnet potentiellement issu des populations locales a été impacté). La majorité de la mortalité constatée concerne des individus migrateurs (Martinet noir, Roitelet à triple-bandeau et Roitelet huppé).

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

Statuts et enjeux des espèces d'oiseaux impactées en 2021 (méthode détaillée au chapitre 3.3.4) et niveaux d'impacts associés

	LRE	LRN nich	LRN migr	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
					Sensibilité à l'impact (Dürr, 2021)	Portée de l'impact	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce
Etourneau sansonnet <i>Sturnus vulgaris</i>	LC	LC	NA	LC	Faible (216 cas en Europe, dont 48 en France)	Faible 1 cadavre (E4, 05/10/21) ----- [Local ou migrateur]	Faible	Faible	Négligeable
Martinet noir <i>Apus apus</i>	NT	NT	DD	LC	Faible (412 cas en Europe, dont 121 en France)	Faible 1 cadavre (E4, 14/09/21) ----- [Migrateur]	Faible	Faible	Négligeable
Roitelet à triple-bandeau <i>Regulus ignicapilla</i>	LC	LC	NA	LC	Faible (269 cas en Europe, dont 164 en France)	Faible 1 cadavre (E4, 26/10/21) ----- [Migrateur]	Faible	Faible	Négligeable
Roitelet huppé <i>Regulus regulus</i>	LC	NT	NA	LC	Faible (174 cas en Europe, dont 22 en France)	Moyenne 3 cadavres (E5, 02/10/21, 08/10/21 et 20/10/21) ----- [Migrateurs]	Faible	Faible	Négligeable

Pour l'ensemble des espèces d'oiseaux concernées par la mortalité sur le parc de Marchéville, les chiffres de mortalité à l'échelle nationale et européenne sont probablement très largement inférieurs à la réalité. Cependant, comparativement à la taille de leurs populations européennes, cela ne représente qu'une faible proportion des individus.

Bien que le niveau d'impact constaté par la mortalité soit négligeable, toutes ces espèces (à l'exception de l'Etourneau sansonnet) sont protégées à l'échelle nationale en vertu de l'arrêté du 29 octobre 2009

(publié au J.O. du 5 décembre 2009) modifiant celui du 3 mai 2007, lui-même issu de l'arrêté du 17 avril 1981. Cette protection concerne les individus ainsi que les sites de reproduction et de repos des espèces.

Le tableau ci-dessous synthétise, à partir du tableau précédent, les niveaux d'impacts liés à la collision avec les pales d'éoliennes pour chaque mois du suivi. Pour l'avifaune, tous les cas de mortalité ont été constatés au sud du parc (E4, E5 et E6). Une distinction du niveau d'impact est donc faite entre le nord et le sud du parc de Marchéville.

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

	Mortalité brute - 2021	Mortalité estimée avec GenEst - 2021	Niveau d'impact par mois (E1, E2 et E3)	Niveau d'impact par mois (E4, E5 et E6)
Avril	RAS	Période 1 : Non estimée	Négligeable	Négligeable
Mai	RAS		Négligeable	Négligeable
Juin	RAS	Période 2 : Non estimée	Négligeable	Négligeable
Juillet	RAS		Négligeable	Négligeable
Août	RAS	Période 3 : 12 oiseaux [IC 80 % : 8 - 19]	Négligeable	Négligeable
Septembre	1 Martinet noir		Négligeable	Négligeable
Octobre	1 Etourneau sansonnet 1 Roitelet à triple-bandeau 3 Roitelets huppés		Négligeable	Faible



6.2 CHAUVES-SOURIS

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

Statuts et enjeux des espèces de chauves-souris impactées en 2021 (méthode détaillée au chapitre 3.3.4) et niveaux d'impacts associés

				1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
	LRE	LRN	LRR	Sensibilité à l'impact	Portée de l'impact	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC	NT	LC	Forte (2 437 en Europe, dont 1012 en France)	Forte ----- 11 cadavres (E1, 11/09/21 ; E4, 05/09/21, 08/09/21 et 2 x 14/09/21 ; E5, 07/06/21 et 30/08/21 ; E6, 25/05/21, 07/06/21, 04/07/21 et 30/08/21) ----- Activité nacelle Contactée uniquement durant les mois d'août, septembre et octobre ----- [Locales]	Forte	Faible	Moyen
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	LC	NT	NT	Forte (1 627 en Europe, dont 276 en France)	Forte ----- 3 cadavres (E4, 23/09/21 ; E5, 12/05/21 et 20/09/21) ----- Activité nacelle Contactée uniquement au mois de septembre ----- [Migratrices]	Forte	Moyen	Moyen
Pipistrelle indéterminée <i>Pipistrellus sp.</i>	-	-	-	Forte (741 en Europe, dont 305 en France)	Moyenne ----- 3 cadavres (E4, 11/09/21 ; E5, 12/05/21 et 08/09/21) ----- Activité nacelle L'activité du groupe des pipistrelles est la plus élevée au mois de septembre ----- [Statut indéterminé]	Assez forte	Faible	Faible
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	LC	NT	NT	Forte (721 en Europe, dont 153 en France)	Moyenne ----- 3 cadavres (E4, 12/05/21 ; E5, 15/08/21 ; E6, 15/08/21) ----- Activité nacelle Principalement contactée en août et en septembre ----- [Migratrices]	Assez forte	Moyen	Moyen

				1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
	LRE	LRN	LRR	Sensibilité à l'impact	Portée de l'impact	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce
Chiroptère indéterminé -	-	-	-	Faible	Faible ----- 1 cadavre (E6, 27/08/21) ----- Activité nacelle Les deux mois les plus fréquentés par les chiroptères sont les mois d'août et de septembre ----- [Statut indéterminé]	Faible	Faible	Négligeable

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

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

Le tableau ci-dessous synthétise, à partir du tableau précédent, les niveaux d'impacts liés à la collision avec les pales d'éoliennes pour chaque mois du suivi. Pour les chiroptères, 20 des 21 cas de mortalité ont été constatés au sud du parc (E4, E5 et E6). Une distinction du niveau d'impact est donc faite entre le nord et le sud du parc de Marchéville.

Pour rappel, un premier bridage acoustique a été mis en place préventivement sur le parc, entre 22h00 et 7h00, pour 5 des 6 éoliennes du parc :

- E1 bridée entre 7 et 9,7 m/s ;
- E2 et E3 bridées entre 7 et 12,5 m/s ;
- E4 et E5 bridées entre 7 et 11,1 m/s ;
- E6 non bridée.

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

	Activité à hauteur de nacelle - 2021	Mortalité brute - 2021	Mortalité estimée avec GenEst par périodes - 2021	Niveau d'impact par mois (E1, E2 et E3)	Niveau d'impact par mois (E4, E5 et E6)
Avril	Activité très faible (< 10 contacts par mois) Seules 2 nuits ont été suivies ce mois	RAS	Période 1 : Estimations peu fiables en 2021	Négligeable	Négligeable
Mai	Activité très faible (< 10 contacts par mois)	1 Noctule de Leisler 1 Pipistrelle commune 1 Pipistrelle de Nathusius 1 Pipistrelle sp.		Négligeable	Moyen
Juin	Activité très faible (< 10 contacts par mois)	2 Pipistrelles communes	Période 2 : Estimations peu fiables en 2021	Négligeable	Faible
Juillet	Activité très faible (< 10 contacts par mois)	1 Pipistrelle commune		Négligeable	Faible
Août	Activité faible (< 110 contacts par mois)	2 Noctules de Leisler 2 Pipistrelles communes 1 chiroptère indéterminé	Période 3 : 55,4 chiroptères [IC 80 % : 27,4 – 94,8]	Négligeable	Assez fort
Septembre	Activité faible (< 150 contacts par mois)	5 Pipistrelles communes 2 Pipistrelles de Nathusius 2 Pipistrelles sp.		Faible	Assez fort
Octobre	Activité très faible (< 10 contacts par mois)	RAS		Négligeable	Négligeable
Novembre	Activité nulle	Pas de suivi		Négligeable	Négligeable

Pour rappel, les mois d'avril, mai, juillet et août n'ont pas fait l'objet de suivis de mortalité complets en 2021 (suivi réalisé pendant la moitié des mois cités).

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

En conclusion, le niveau d'impact pour chacune des espèces dont la mortalité a été constatée en 2021 (et, en complément, dont l'activité à hauteur de nacelle a été enregistrée pour les chauves-souris) sur le parc de Marchéville a été défini à partir du croisement entre l'intensité de l'impact et l'enjeu de conservation des espèces. **Ce niveau d'impact est négligeable pour l'ensemble des espèces d'oiseaux trouvées sur le parc, et moyen pour les espèces de chiroptères (Pipistrelle commune, Pipistrelle de Nathusius ainsi que Noctule de Leisler).**

Le niveau d'impact pour les oiseaux (toutes espèces confondues) est faible en octobre au sud du parc (E4, E5 et E6) et négligeable le reste de l'année sur l'ensemble des éoliennes.

Pour les chauves-souris (toutes espèces confondues), il est négligeable en avril, octobre et novembre. Ce niveau d'impact est faible en juin et juillet, **moyen en mai et assez fort en août et septembre au sud du parc (E4, E5 et E6)**. Au nord du parc (E1, E2 et E3), le niveau d'impact est négligeable toute l'année, sauf en septembre où il est faible.

Afin de réduire cet impact avéré, des mesures sont 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 en fonction du niveau d'impact avéré ou risque d'impact déclinées par mois et éolienne

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

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

Comme expliqué précédemment, **les résultats du suivi acoustique en nacelle (au niveau de E3) et ceux du suivi de mortalité montrent des différences notables de fréquentation et de mortalité pour les chiroptères, entre le nord et le sud du parc.** La rangée d'éoliennes la plus au nord, constituée des éoliennes E1, E2 et E3, a généré beaucoup moins de mortalité que la rangée la plus au sud, composée des éoliennes E4, E5 et E6. On peut en déduire que la rangée au nord était beaucoup moins fréquentée par les chauves-souris, tout au long de l'année 2021, comparativement à la rangée au sud.

Un bridage différencié paraît être le plus cohérent au vu des chiffres des différents suivis de l'année 2021. Le tableau ci-dessous indique les facteurs de bridage qui seront mis en place durant l'année 2022 en fonction des éoliennes présentes sur le parc de Marchéville.

Préconisations de bridage pour réduire les risques de collision des chiroptères à partir des suivis nacelle de 2021

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

	E1, E2 et E3	E4, E5 et E6
Janvier	Aucun bridage (hivernage)	Aucun bridage (hivernage)
Février	Aucun bridage (hivernage)	Aucun bridage (hivernage)
Mars	Aucun bridage (hivernage)	Aucun bridage (hivernage)
Avril	Aucun bridage (faible activité)	≤ 6 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 9h30 > 9°C
Mai	Aucun bridage (faible activité)	≤ 6 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 9h30 > 9°C
Juin	Aucun bridage (faible activité)	≤ 6 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 9h30 > 9°C
Juillet	Aucun bridage (faible activité)	≤ 6 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 9h30 > 9°C
Août	Aucun bridage (faible activité)	≤ 7 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 11h > 17°C
Septembre	Aucun bridage (faible activité)	≤ 7 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 10h > 19°C
Octobre	Aucun bridage (faible activité)	≤ 7 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 10h > 19°C
Novembre	Aucun bridage (faible activité)	Aucun bridage (faible activité)
Décembre	Aucun bridage (hivernage)	Aucun bridage (hivernage)

Ecosphère a recommandé de brider *a minima* les éoliennes E1, E2 et E3 à 4 m/s. En effet, bien que l'activité enregistrée soit faible à très faible sur la partie nord du parc et que le niveau d'impact constaté en 2021 soit globalement négligeable pour les chiroptères au niveau de ces éoliennes (niveau d'impact faible en septembre, négligeable le reste de l'année), des variations interannuelles peuvent exister. **EDPR a souhaité ne pas brider les éoliennes E1, E2 et E3 en 2022, mais prendra les mesures correctrices adéquates en 2023 si celles-ci s'avèrent nécessaires.** Il est à noter que le bridage acoustique préventif des éoliennes E1 à E5, mis en place de 22h à 7h en 2021, a probablement joué un rôle négligeable dans la protection des chauves-souris (éoliennes bridées à des vitesses de vent élevées).

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

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

De plus, un bridage nocturne sera aussi bénéfique, indirectement, aux oiseaux migrateurs de nuit, principales victimes avérées par collision sur le parc de Marchéville en 2021.

8. MESURES DE SUIVI

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

Au vu des risques de collision pour les chauves-souris qui existent sur le parc de Marchéville, **nous estimons qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives préconisées en fin de suivi par un autre suivi de mortalité et d'écoute à hauteur de nacelle.** Afin d'avoir une activité acoustique plus représentative des éoliennes ayant causé de la mortalité en 2021 (tout en restant proche du contexte environnemental de E3), le BATmode sera installé sur l'éolienne E4 durant le suivi de l'année 2022.

Compte tenu d'un taux de persistance des cadavres relativement faible noté lors du suivi de 2021 et afin de pouvoir comparer les résultats des différentes années entre elles, il semble pertinent d'appliquer le même protocole pour le suivi de 2022 (1 passage tous les 3 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 à Reims les 15, 16 et 17 septembre 2010. ADEME, MEEDDM, SER/FEE, LPO. 31 p.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Demongin L. 2015. Guide d'identification des oiseaux en main. Les 250 espèces les plus baguées en France. 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 Windkraftopfern. In: *Fachtagung, Kommen Vögel und Fledermäuse unter die (Wind)räder ?* Dresden, 17-18 nov. 2003.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Korner-Nievergelt F., Korner-Nievergelt P., Behr O., Niermann I., Brinkmann R. & Hellriegel B. 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildlife Biology*. NKV 17: 350-363.

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

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

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

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

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

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

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

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

Période	Date de sortie	Objet de la sortie	Observateurs
Période 1	15/04/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL
	18/04/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL
	21/04/2021	Prospection mortalité + test persistance de cadavres	Elodie CHATEL
	22/04/2021	Test persistance de cadavres	Elodie CHATEL
	24/04/2021	Prospection mortalité + test persistance de cadavres	Elodie CHATEL
	27/04/2021	Prospection mortalité + test persistance de cadavres	Elodie CHATEL
	30/04/2021	Prospection mortalité + test persistance de cadavres	Elodie CHATEL
	03/05/2021	Prospection mortalité + test persistance de cadavres	Elodie CHATEL
	06/05/2021	Prospection mortalité + test persistance de cadavres	Elodie CHATEL
	09/05/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL
	12/05/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL
Période 2	01/06/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL
	04/06/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL
	07/06/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL
	10/06/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL
	13/06/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL
	16/06/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL
	19/06/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL
	22/06/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL
	25/06/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL
	28/06/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL
	01/07/2021	Prospection mortalité + test observateur	Elodie CHATEL, Eric GUERET
	04/07/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL
	07/07/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL
	10/07/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL
13/07/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL	
Période 3	15/08/2021	Prospection mortalité	Eric GUERET
	18/08/2021	Prospection mortalité	Eric GUERET
	21/08/2021	Prospection mortalité	Eric GUERET
	24/08/2021	Prospection mortalité	Eric GUERET
	27/08/2021	Prospection mortalité	Eric GUERET
	30/08/2021	Prospection mortalité	Eric GUERET
	02/09/2021	Prospection mortalité	Eric GUERET
	05/09/2021	Prospection mortalité	Eric GUERET
	08/09/2021	Prospection mortalité	Eric GUERET
	11/09/2021	Prospection mortalité	Eric GUERET
	14/09/2021	Prospection mortalité	Raphaël CHAUVEL
	17/09/2021	Prospection mortalité	Eric GUERET
	20/09/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL
23/09/2021	Prospection mortalité	Elodie CHATEL	

Période	Date de sortie	Objet de la sortie	Observateurs
	26/09/2021	Prospection mortalité	Eric GUERET
	29/09/2021	Prospection mortalité + test persistance de cadavres + test observateur	Eric GUERET, Elodie CHATEL
	30/09/2021	Test persistance de cadavres	Eric GUERET
	02/10/2021	Prospection mortalité + test persistance de cadavres	Eric GUERET
	05/10/2021	Prospection mortalité + test persistance de cadavres	Eric GUERET
	08/10/2021	Prospection mortalité + test persistance de cadavres	Eric GUERET
	11/10/2021	Prospection mortalité + test persistance de cadavres	Eric GUERET
	14/10/2021	Prospection mortalité + test persistance de cadavres	Eric GUERET
	17/10/2021	Prospection mortalité	Eric GUERET
	20/10/2021	Prospection mortalité	Eric GUERET
	23/10/2021	Prospection mortalité	Eric GUERET
	26/10/2021	Prospection mortalité	Eric GUERET
	29/10/2021	Prospection mortalité	Eric GUERET



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**.

		E1			E2			E3			E4			E5			E6		
Surface prospectée		Orge	Labours	Parvis	Orge	Labours	Parvis	Blé	Labours	Parvis	Blé	Labours	Parvis	Blé	Labours	Parvis	Blé	Labours	Parvis
Visibilité		Nulle	B	B	Nulle	B	B	Nulle	B	B	Nulle	B	B	Nulle	B	B	Nulle	B	B
Recouvrement (en %)	Période 1 (15/04-12/05)	85		15	85		15	85		15	85		15	85		15	85		15
	Période 2 (01/06-13/07)	85		15	85		15	85		15	85		15	85		15	85		15
	Période 3 (15/08-29/10)		85	15		85	15		85	15		85	15		85	15		85	15

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

Groupe d'espèces	Nom français	Nom scientifique	Sexe	Date ramassage	Commune	Département	Coord_X_L93	Coord_Y_L93	Distance mat	Numéro d'éolienne	Découvreur (ELN 28)	Identificateur (Ecosphère Centre-Bourgogne)
Chiroptère	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	M	12/05/2021	Marchéville	28	570220,527	6806725,88	30	mrV05	Elodie CHATEL	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Pipistrelle sp.	<i>Pipistrellus sp.</i>	Ind	12/05/2021	Marchéville	28	570212,026	6806726,85	38	mrV05	Elodie CHATEL	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	F	12/05/2021	Marchéville	28	570344,984	6807228,64	6	mrV04	Elodie CHATEL	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Ind	25/05/2021	Marchéville	28	570170,034	6806261,58	41	mrV06	Elodie CHATEL	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Ind	07/06/2021	Marchéville	28	570165,22	6806220,7	1	mrV06	Elodie CHATEL	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Ind	07/06/2021	Marchéville	28	570253,815	6806717,66	7	mrV05	Elodie CHATEL	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	F	04/07/2021	Marchéville	28	570172,2	6806231,95	12	mrV06	Elodie CHATEL	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	F	15/08/2021	Marchéville	28	570227,657	6806694,48	28	mrV05	Eric GUERET	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	F	15/08/2021	Marchéville	28	570170,183	6806220,91	4	mrV06	Eric GUERET	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Chiroptère indéterminé	Indéterminé	Ind	27/08/2021	Marchéville	28	570165,094	6806227,34	6	mrV06	Eric GUERET	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	F	30/08/2021	Marchéville	28	570225,006	6806738,6	33	mrV05	Eric GUERET	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Ind	30/08/2021	Marchéville	28	570154,53	6806185,28	38	mrV06	Eric GUERET	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	M	05/09/2021	Marchéville	28	570339,476	6807235,56	3	mrV04	Eric GUERET	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	F	08/09/2021	Marchéville	28	570297,222	6807221,16	45	mrV04	Eric GUERET	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Pipistrelle sp.	<i>Pipistrellus sp.</i>	Ind	08/09/2021	Marchéville	28	570204,455	6806697,69	46	mrV05	Eric GUERET	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Pipistrelle sp.	<i>Pipistrellus sp.</i>	Ind	11/09/2021	Marchéville	28	570351,96	6807234,03	11	mrV04	Eric GUERET	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	F	11/09/2021	Marchéville	28	569275,059	6808266,75	8	mrV01	Eric GUERET	Bastien CORNIAUX
Oiseau	Martinet noir	<i>Apus apus</i>		14/09/2021	Marchéville	28	570299,718	6807277,43	61	mrV04	Raphaël CHAUVEL	Raphaël CHAUVEL
Chiroptère	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	F	14/09/2021	Marchéville	28	570351,192	6807226,54	12	mrV04	Raphaël CHAUVEL	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Ind	14/09/2021	Marchéville	28	570297,414	6807255,54	49	mrV04	Raphaël CHAUVEL	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	F	20/09/2021	Marchéville	28	570166,606	6806220,04	1	mrV05	Elodie CHATEL	Bastien CORNIAUX
Chiroptère	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	F	23/09/2021	Marchéville	28	570329,754	6807230,86	11	mrV04	Elodie CHATEL	Bastien CORNIAUX
Oiseau	Roitelet huppé	<i>Regulus regulus</i>		02/10/2021	Marchéville	28	570253,815	6806683,48	31	mrV05	Eric GUERET	Eric GUERET
Oiseau	Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>		05/10/2021	Marchéville	28	570366,941	6807265,53	42	mrV04	Eric GUERET	Eric GUERET
Oiseau	Roitelet huppé	<i>Regulus regulus</i>		08/10/2021	Marchéville	28	570212,522	6806682,13	48	mrV05	Eric GUERET	Eric GUERET
Oiseau	Roitelet huppé	<i>Regulus regulus</i>		20/10/2021	Marchéville	28	570239,795	6806708,25	10	mrV05	Eric GUERET	Eric GUERET
Oiseau	Roitelet triple-bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>		26/10/2021	Marchéville	28	570294,917	6807268,6	58	mrV04	Eric GUERET	Bastien CORNIAUX

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_Marcheville_Eol_Sv.csv

Upload complete

Nb lignes lues = 51

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

Browse... Persistence_tot_Marcheville_Eol_Sv.csv

Upload complete

Nombre de lignes lues = 55

Méthode de calcul des intervalles de confiance

Non-paramétrique

Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =

3

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =

24

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

14

Pourcentage de la surface prospectée =

0,58

CALCULER

Données en entrée

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

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

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

3, 9, 15, 15, 3, ..., 1, 1, 0, 1, 1

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	45.90	23.27	88.97	29.91	70.28
Huso	101.77	55.08	181.45	68.74	147.49
Winkelmann	132.08	68.57	240.98	86.70	196.68
Jones	103.53	55.89	184.76	69.80	150.17

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

Présentation de quelques captures d'écran.

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

General Inputs
Searcher Efficiency
Carcass Persistence
Mortality Estimation
Detection Probability

Model Inputs:

Carcass ID Column (CO)

Fraction of Facility Surveyed:

Date Found:

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

Search Schedule (SS) Variable:

Carcass Observation (CO) Variable:

Figures Summary

Show entries
Search:

	Group	Season	X	10%	25%	50%	75%	90%
1	chiros	periode_1	3.22	16.02	30.83	54.88	104.78	197.79
2	chiros	periode_2	3.78	20.74	34.75	61.73	110.9	199.29
3	chiros	periode_3	14	27.41	40.8	55.41	73.73	94.78
4	oiseaux	periode_1	0	0	0	0	0	0
5	oiseaux	periode_2	0	0	0	0	0	0
6	oiseaux	periode_3	6	7.54	9.6	12.29	15.75	18.99

Showing 1 to 6 of 6 entries

Previous 1 Next



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

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

Model Inputs:

Carcass ID Column (CO)

Fraction of Facility Surveyed:

Date Found:

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

Search Schedule (SS) Variable:

Carcass Observation (CO) Variable:

Figures Summary

Show entries

Search:

	Group	X	10%	25%	50%	75%	90%
1	chiros	21	110.98	146	194.67	294.48	435.98
2	oiseaux	6	7.54	9.6	12.29	15.75	18.99

Showing 1 to 2 of 2 entries

Previous Next



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

	DATAFILES INPUTS :	DWP_PERIODE		
GENERAL INPUTS	<i>Model inputs</i>			
	Number of iteration	1000		
	Confidence level	0,8		
	Carcass Class Column	SEASON		
	<i>Model inputs</i>	Période 1	Période 2	Période 3
	Observations	Efficacite1	Efficacite1	Efficacite1
	Predictor variables	Aucune	Aucune	Aucune
	Fixed k	0,75	0,75	0,75
	<i>Selection</i>			
	p model /p ~	constant	constant	constant
	k model	0,75	0,75	0,75
CARCASS PERSISTENCE	<i>Model inputs</i>			
	Last time present	LastPresent	LastPresent	LastPresent
	First time absent	FirstAbsent	FirstAbsent	FirstAbsent
	Predictor variables	Visibility	Visibility	Visibility
	Distributions	exp, wei, logn, logl	exp, wei, logn, logl	exp, wei, logn, logl
	<i>Selection</i>			
	Distribution	lognormal	lognormal	lognormal
	Location ~	constant	constant	constant
Scale ~	constant	constant	constant	
MORTALITY ESTIMATION	<i>Model inputs</i>			
	Carcass ID	carclD	carclD	carclD
	Fraction of Facility Surveyed	1	1	1
	DWP	Aucun (Période déjà prise en compte)	Aucun (Période déjà prise en compte)	Aucun (Période déjà prise en compte)
	Date found	DateFound	DateFound	DateFound
	<i>Split mortality</i>			
	Search Schedule (SS) Variable	Season	Season	Season
	Carcass Observation (CO) Variable	Group	Group	Group

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

cerfa
N°13616*01

**DEMANDE DE DEROGATION
POUR LA CAPTURE OU L'ENLEVEMENT *
LA DESTRUCTION *
LA PERTURBATION INTENTIONNELLE *
DE SPECIMENS D'ESPÈCES ANIMALES PROTÉGÉES ***
* cocher la case correspondant à l'opération faisant l'objet de la demande

Titre I du livre IV du code de l'environnement
Arrêté 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

A. IDENTIFICATION DU DEMANDEUR

Nom et prénom :
ou Dénomination (pour les personnes morales) : **Association Eure-et-Loir Nature**
Nom et prénom du mandataire (le cas échéant) : **Girard Laurie**
Adresse : N° **9** Rue de Chavannes
Commune **Morancez**
Code postal **28630**

Nature des activités : **Études naturalistes, actions d'information et de sensibilisation à la nature**
Qualification : **Association départementale d'étude et de protection de la nature et de l'environnement**

B. IDENTIFICATION DES SPECIMENS

	Nom scientifique Nom commun	Quantité	Description (1)
B1	<i>Pipistrellus nathusii</i> Pipistrelle de Nathusius		
B2	<i>Eptesicus serotinus</i> Serotine commune		
B3	<i>Nyctalus noctula</i> Noctule commune		
B4	<i>Nyctalus leisleri</i> Noctule de Leisler		
B5	<i>Pipistrellus pipistrellus</i> Pipistrelle commune		
B6	<i>Myotis myotis</i> Grand Murin		
B7	<i>Myotis mystacinus</i> Murin à moustaches		
B8	<i>Myotis emarginatus</i> Murin à oreilles échancrées		
B9	<i>Myotis bechsteinii</i> Murin de Bechstein		
B10	<i>Myotis daubentonii</i> Murin de Daubenton		

(1) Nature des spécimens, sexes, signes particuliers

C. QUELLE EST LA FINALITÉ DE L'OPÉRATION *

Protection de la faune ou de la flore	Prévention de dommages aux cultures
Sauvetages de spécimens	Prévention de dommages aux forêts
Conservation des habitats	Prévention de dommages aux eaux
Inventaire de population	Prévention de dommages à la propriété
Étude écoéthologique	Protection de la santé publique
Étude génétique ou biométrique	Protection de la sécurité publique
Étude scientifique autre	Motif d'intérêt public majeur
Prévention de dommages à l'élevage	Détention en petites quantités
Prévention de dommages aux pêcheries	Autres :

Préciser l'action générale dans laquelle s'inscrit l'opération, l'objectif, les résultats attendus, la portée locale, régionale ou nationale : **Suivi de mortalité du Parc éolien de Marchéville**

D. QUELLES SONT LES MODALITÉS ET LES TECHNIQUES DE L'OPÉRATION
(renseigner l'une des rubriques suivant en fonction de l'opération considérée)
D1. CAPTURE OU D'ENLEVEMENT *

Capture définitive Préciser la destination des animaux capturés : **Détention temporaire des cadavres pour identification puis transport au muséum d'histoire naturelle de Bourges.**

Capture temporaire avec relâcher différé
S'il y a lieu, préciser les conditions de conservation des animaux avant le relâcher :

S'il y a lieu, préciser la date, le lieu et les conditions de relâcher :

Autres moyens de capture Préciser :
Utilisation de sources lumineuses Préciser :
Utilisation de sources sonores Préciser :
Modalités de marquage des animaux (description et justification) :

D2. DESTRUCTION

Destruction des nids Préciser :
Destruction des œufs Préciser :
Destruction des animaux Par des animaux prédateurs Préciser :
Par pièges létaux Préciser :
Par capture et euthanasie Préciser :
Par armes de chasse Préciser :
Autres moyens de destruction Préciser :

D3. PERTURBATION INTENTIONNELLE *

Utilisation d'animaux sauvages prédateurs Préciser :
Utilisation d'animaux domestiques Préciser :
Utilisation de sources lumineuses Préciser :
Utilisation d'émissions sonores Préciser :
Utilisation de moyens pyrotechniques Préciser :
Utilisation d'armes de tir Préciser :
Utilisation d'autres moyens de perturbation intentionnelle Préciser :

E. QUELLE EST LA QUALIFICATION DES PERSONNES CHARGÉES DE L'OPÉRATION

Formation initiale en biologie animale Préciser : **Eva CHERAMY, Laurie GIRARD, Elodie CHATEL**
Formation continue en biologie animale Préciser :
Autre formation Préciser : **Eric GUERET**

F. QUELLE EST LA PERIODE OU LA DATE DE L'OPÉRATION
Préciser la période : **15 avril 2021 au 31 octobre 2021**
ou la date :

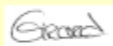
G. QUELS SONT LES LIEUX DE L'OPÉRATION
Régions administratives : **Centre**
Départements : **Eure-et-Loir**
Cantons :
Communes :

H. EN ACCOMPAGNEMENT DE L'OPÉRATION, QUELLES SONT LES MESURES PRÉVUES POUR LE MAINTIEN DE L'ESPÈCE CONCERNÉE DANS UN ÉTAT DE CONSERVATION FAVORABLE *

Relâcher des animaux capturés	Mesures de protection réglementaires
Renforcement des populations de l'espèce	Mesures contractuelles de gestion de l'espace
Préciser éventuellement à l'aide de cartes ou de plans les mesures prises pour éviter tout impact défavorable sur la population concernée :	

II. COMMENT SERA ETABLI LE COMPTE RENDU DE L'OPERATION

Bilan d'opérations antérieures (s'il y a lieu) :
Modalités de compte rendu des opérations à réaliser :

La loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux données nominatives portées dans ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour ces données auprès des services préfectoraux.	Fait à Morancez le 12 janvier 2021 
	Votre signature

