



BORALEX



Parc éolien de la Vallée (36)

Suivi post-implantation 2021

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

11/08/2022

INFORMATIONS & CONTACTS ●●●

Parc éolien de la Vallée (36) Suivi post-implantation 2021

Étude réalisée pour : BORALEX France

 **Gersende DANGOISSE**
 06 07 63 85 85
 gersende.dangoisse@boralex.com

Étude réalisée par : ÉCOSPHÈRE Agence Centre-Bourgogne

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

Coordination, contrôle qualité

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

Suivi de mortalité

Hugo AUCLAIR, Hervé GAUCHE, Margot
JODET
Chargés d'études faune

Analyses faunistiques

Hugo AUCLAIR, Bastien CORNIAUX
Chargés d'études faune

SIG et cartographie

Ulysse BOURGEOIS
Géomaticien

Le parc éolien de la Vallée est constitué de 16 éoliennes de type Gamesa 70, réparties en trois alignements. Il a été mis en service en décembre 2013. Ce parc se situe sur les communes de Lizeray et de Ménétréols-sous-Vatan, dans le département de l'Indre (36), en contexte agricole.

Deux suivis post-implantation ont été réalisés sur le parc de la Vallée, en 2016 et en 2019, aboutissant à la détermination d'algorithmes de bridage nocturne.

Le suivi effectué en 2021 a pour objet de vérifier l'efficacité de l'algorithme de bridage mis en œuvre à partir des résultats obtenus en 2019.

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 mi-mars à fin novembre, soit près de 8,5 mois) ;
- Effectuer des recherches de cadavres au sol de début août à début novembre (soit 3 mois) ;
- Évaluer les impacts par collision ou barotraumatisme ;
- Proposer le cas échéant des mesures de réduction proportionnées.

CONTEXTE ●●●

SOMMAIRE

INFORMATIONS & CONTACTS	2
CONTEXTE	2
SOMMAIRE	3
RESUME	4
1. CADRE TECHNIQUE ET REGLEMENTAIRE D'UN SUIVI POST-IMPLANTATION.....	7
1.1 CADRE REGLEMENTAIRE	7
1.2 DEFINITION DU PROTOCOLE NATIONAL	7
1.3 APPLICATION DU PROTOCOLE NATIONAL A L'ECHELLE DU PARC SUIVI	7
2. PRESENTATION DU PARC EOLIEN	8
2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ECOLOGIQUE.....	8
2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES.....	8
2.3 SITUATION ECOLOGIQUE ANTERIEURE – RAPPEL DE L'ETUDE D'IMPACT ET DES SUIVIS POST-IMPLANTATION.....	9
3. METHODES DE TRAVAIL	13
3.1 SUIVI DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE	13
3.2 SUIVI DE MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX	14
3.3 METHODE D'EVALUATION DES ESPECES FREQUENTANT LE PARC.....	20
3.4 METHODE DE DEFINITION DES IMPACTS ET DES MESURES DE REDUCTION ADAPTEES AU PARC	22
4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE	23
4.1 VALIDITE DU MATERIEL UTILISE	23
4.2 DESCRIPTION DES ACTIVITES ENREGISTREES	23
4.3 SYNTHESE ET EVALUATION DES ACTIVITES.....	26
4.4 REPARTITION DE L'ACTIVITE SELON L'HEURE DE LA NUIT	27
4.5 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LES VITESSES DE VENT.....	28
4.6 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LA TEMPERATURE	28
4.7 CONCLUSION DU SUIVI ACOUSTIQUE A HAUTEUR DE NACELLE.....	28
5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE MORTALITE	29
5.1 RESULTATS BRUTS.....	29
5.2 VARIABLES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE	33
5.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE	35
5.4 CONCLUSION DU SUIVI DE LA MORTALITE	38
6. EVALUATION DES IMPACTS PAR COLLISION ET BAROTRAUMATISME	39
6.1 OISEAUX	39
6.2 CHAUVES-SOURIS	39
6.3 ELEMENTS DE COMPARAISON AVEC LE PRECEDENT SUIVI DE MORTALITE (2019)	40
7. MESURES DE REDUCTION DES RISQUES DE COLLISION.....	43
7.1 PROTECTION DES CHAUVES-SOURIS FREQUENTANT LE PARC PAR UN BRIDAGE NOCTURNE DIFFERENCIE	43
8. SUIVI DE L'EFFICACITE DES MESURES	44
9. BIBLIOGRAPHIE	45
ANNEXE 1 : DATES DE PROSPECTION DU SUIVI DE MORTALITE ET DES TESTS ASSOCIES.....	50
ANNEXE 2 : SURFACES PROSPECTEES PAR EOLIENNE AU COURS DU SUIVI	51

ANNEXE 3 : SYNTHESE DES CADAVRES DECOUVERTS LORS DU SUIVI DE MORTALITE	52
ANNEXE 4 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR D'EOLAPP.....	53
ANNEXE 5 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR DE GENEST	54
ANNEXE 6 : PARAMETRES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE AVEC GENEST	56
ANNEXE 7 : DEMANDE DE DEROGATION POUR LA CAPTURE OU L'ENLEVEMENT DE CADAVRES	57
PROTEGES.....	57



RESUME

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

❖ Présentation du parc éolien suivi

Le parc éolien de la Vallée est situé sur les communes de Lizeray et de Ménétréols-sous-Vatan, au nord-est du département de l'Indre (36), en région Centre-Val de Loire. Il se trouve à environ 7 km au nord-ouest d'Issoudun, 19,5 km au nord-est de Châteauroux, 25 km au sud-ouest de Vierzon et 34,5 km à l'ouest de Bourges.

Le parc éolien de la Vallée est composé de 16 éoliennes, implantées dans un contexte de cultures intensives.

Ce parc a été mis en service en décembre 2013 et un premier suivi post-implantation a été réalisé dans le courant de l'année 2016. Celui-ci a conclu à un **impact significatif** sur la faune volante et a débouché sur des **mesures de réduction des impacts** (bridage des éoliennes de mai à octobre, différencié entre les alignements ouest, est et central, pour des températures supérieures à 13°C et des vitesses de vent comprises entre 3 et 5 m/s, toute la nuit ou 6 à 7 h après le coucher du soleil selon la période de l'année). **Un second suivi, réalisé entre le 17/05/2019 et le 29/10/2019**, a mis en évidence l'**insuffisance du bridage en place** sur la période 2017-2019. Aussi, les algorithmes de bridage ont été modifiés avec un bridage des éoliennes identique pour les trois alignements, à 3 m/s et pour des températures supérieures à 13°C entre mai et juillet (sur l'ensemble de la nuit), à 6 m/s et pour des températures supérieures à 13°C entre le 1^{er} août et le 15 septembre (7 h après le coucher du soleil) et à 6 m/s pour des températures supérieures à 10°C entre le 15 septembre et le 31 octobre (7 h après le coucher du soleil).

Conformément à l'arrêté du 22/06/2020 et afin de vérifier l'efficacité des mesures correctives mises en place, un troisième suivi post-implantation (de mortalité et acoustique en nacelle) a été réalisé au cours de l'année 2021.

❖ Méthodes de travail

Suivi à hauteur de nacelle

Un Batmode S+ a été installé sur l'éolienne E12 et a fonctionné du 19 mars au 30 novembre 2021.

Pour le suivi acoustique sur l'éolienne E12, le micro a été pleinement opérationnel du début du suivi à la fin mai 2021. En effet, à partir de cette date, le micro nécessitait une recalibration manuelle presque quotidienne pour garder des valeurs correctes. Ces légers dépassements n'engendrent pas de dégradation significative des résultats obtenus sur cette période. Les valeurs sont revenues à la normale à partir du 09/08/2021. **Cependant, suite à une fuite d'huile dans la nacelle, le micro a été complètement hors service du 19/09/2021 jusqu'à la fin du suivi, le 30/11/2021.**

Mortalité

12 des 16 éoliennes du parc ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un protocole standardisé. Un total de **20 passages a été réalisé entre le 4 août et le 2 novembre 2021** (semaines 31 à 44), avec un **intervalle moyen entre les passages de 4,7 jours**.

Les prospections se sont effectuées dans un rayon de **50 mètres** autour des mâts des machines.

Un test de persistance a été réalisé (date de dépose des cadavres : 07/09/2021) avec un suivi de la persistance des 2 à 5 leurres répartis autour de 8 éoliennes du parc à J+1, J+3, J+7, J+10 et J+14. **Les tests d'efficacité** des observateurs (11/10/21 et 27/10/21) ont consisté en la dépose de 111 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, **804 contacts de chauves-souris** ont été enregistrés par le Batmode S+ au niveau de l'éolienne E12. Les espèces les plus contactées sont dans l'ordre **la Noctule de Leisler, la Noctule commune et la Pipistrelle commune**. Les mois d'août et de septembre sont les plus fréquentés par l'ensemble des espèces de chiroptères. Au total, 350 contacts de Noctule commune ont été enregistrés durant le suivi, dont 236 au mois d'août. Ces résultats démontrent une importante fréquentation de cette espèce sur le parc, notamment à cette période. Les Pipistrelles de Nathusius sont quant à elles très peu représentées, avec seulement 3 contacts enregistrés dans l'année.

❖ Résultats du suivi de la mortalité

Résultats bruts

La mortalité constatée entre début août et début novembre 2021 se compose ainsi de **9 individus** :

- **3 oiseaux d'espèces différentes** : 1 Buse variable [locale ou migratrice], 1 Faucon crécerelle [local ou migrateur] et 1 Faucon hobereau [migrateur] ;
- **6 chiroptères appartenant à 3 espèces** : 3 Noctules communes [migratrices probables], 2 Sérotines communes [locales] et 1 Noctule de Leisler [migratrice].

Les cadavres découverts sont distribués de manière hétérogène entre les alignements d'éoliennes. **Les cas de mortalité sont concentrés sur l'alignement ouest pour les oiseaux, tandis que des cadavres de chauves-souris ont été trouvés autant à l'est qu'à l'ouest du parc. Aucun cadavre n'a été observé sur l'alignement central.**

Persistance des cadavres

Les tests de persistance réalisés à partir de 30 leurres montrent un **taux de persistance de 7 %** durant l'intervalle considéré (à 3 j comme à 7 j).

La persistance est faible sur la période suivie (de début août à début novembre). **L'intervalle modéré entre les passages (un passage tous les 4,7 j) limite cependant les biais liés à la disparition rapide des cadavres et permet de ne pas trop augmenter le degré d'imprécision.**

Déteabilité (efficacité de l'observateur)

Le taux d'efficacité (ou de détection) est de 0,92 pour les surfaces de bonne visibilité et de 0,70 pour les surfaces de visibilité moyenne.

Le taux moyen de détection est considéré comme très bon, avec une médiane de 80 % [IC 80 % : 72 % - 86 %] de leurres découverts sur l'ensemble de la période de prospection. Classiquement, on notera que la détectabilité est moins bonne dans les surfaces de moyenne visibilité.

Surface prospectée

La surface de prospection sur l'ensemble du parc est élevée. Elle est assez homogène entre les éoliennes, avec 68 à 100 % de surface prospectée par éolienne. Toutes les éoliennes ont une surface moyenne prospectée supérieure à 40 %, ce qui autorise des estimations statistiques robustes.

Estimations de la mortalité

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

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

Pour les 12 éoliennes prospectées sur le parc de la Vallée et au cours du suivi de 2021, les estimations de la mortalité réelle avec GenEst donnent une valeur médiane de la mortalité d'environ 24 chiroptères [IC 80 %¹ : 13 - 38] et 17 oiseaux [IC 80 % : 6 - 30] entre début août et début novembre. Les estimations concernant la période suivie sont fiables statistiquement et présentent peu d'incertitudes.

La mortalité estimée par alignement est de 11 chauves-souris [IC 80 % : 4 - 19] et 16 oiseaux [IC 80 % : 5 - 30] pour l'alignement ouest (éoliennes E12, E13, E14, E15 et E16) et de 13 chauves-souris [IC 80 % : 4 - 24] pour l'alignement est (éoliennes E35, E36 et E37). Ces estimations sont robustes et présentent peu de biais. Toutefois, il est important de noter qu'un quart des éoliennes du parc de la Vallée n'a pas été suivi en 2021. La mortalité par alignement est donc supérieure aux valeurs des estimations, car ces dernières ne concernent que les éoliennes suivies.

❖ Evaluation des impacts par collision

Pour les oiseaux, le niveau d'impact avéré est négligeable pour les différentes espèces d'oiseaux dont des cadavres ont été découverts au niveau du parc. Ce niveau d'impact est ainsi négligeable pour l'ensemble de l'avifaune sur la période suivie en 2021 (début août à début novembre), sauf au niveau de l'alignement ouest, où le niveau d'impact est faible au mois d'août.

Pour les chauves-souris, le niveau d'impact avéré est moyen pour la Noctule commune, faible pour la Noctule de Leisler et négligeable pour la Sérotine commune. Le niveau d'impact est ainsi moyen en août et septembre pour les alignements est et ouest et faible pour l'alignement central sur ces deux mois. Il est négligeable en octobre et novembre pour l'ensemble du parc.

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

Bridage nocturne

Le bridage a pour objectif de réduire les risques de collision, tout en maintenant l'éolienne active, en augmentant le seuil de vent (« cut-in speed ») à partir duquel elle commence à produire. Dans le

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

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

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

La mortalité résiduelle constatée en 2021 est encore significative pour les chiroptères. Les niveaux d'impact sont moyens en août pour les alignements est et ouest.

Ainsi, le bridage est à renforcer durant cette période pour les alignements du parc générant de la mortalité. Le tableau ci-dessous détermine pour chaque mois les paramètres de bridage à établir afin de réduire les niveaux d'impact pour les chauves-souris, à partir de 2022.

L'impact résiduel défini sur la période d'août et septembre est de niveau moyen, nécessitant un taux de protection de 70 à 80 % des contacts enregistrés sur ces mois. Dans un souci d'aller au-delà des préconisations faites par Ecosphère, Boralex a sélectionné des paramètres de bridage plus conservateurs vis-à-vis de l'activité chiroptérologique. Ainsi, le taux de protection est de 93 % (calculé sur l'activité enregistrée en 2021 à hauteur de nacelle, pour chacun des 2 mois, sur les alignements est et ouest).

Préconisations de bridage pour réduire les risques de collision des chiroptères issues du suivi de 2021, en incluant la température à hauteur de nacelle et la durée du bridage à la suite de l'heure du coucher du soleil

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

	Éoliennes	Mai - juillet	Août	Septembre	Octobre
Alignement Ouest	12 à 18	3 m/s Toute la nuit T>13°C	6,5 m/s 7 h après le coucher T>13°C	6,5 m/s 7 h après le coucher T>10°C	6 m/s 7 h après le coucher T>10°C
Alignement Central	21 à 25	3 m/s Toute la nuit T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>10°C	6 m/s 7 h après le coucher T>10°C
Alignement Est	34 à 37	3 m/s Toute la nuit T>13°C	6,5 m/s 7 h après le coucher T>13°C	6,5 m/s 7 h après le coucher T>10°C	6 m/s 7 h après le coucher T>10°C

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.

Or, sur le parc de la Vallée, nous estimons qu'un prochain suivi sur l'année 2023 n'est pas nécessaire (or suivi décennal imposé par l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011), pour les raisons suivantes :

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.

- Le parc de la Vallée a été suivi sur 3 années, ce qui permet d'intégrer une certaine variabilité interannuelle, avec :
 - Un suivi de mortalité minimal en 2016 mais accompagné d'un suivi nacelle de juillet à octobre ;
 - Un suivi de mortalité allant nettement au-delà des préconisations nationale (39 passages) mais sans suivi en nacelle en 2019 ;
 - Un suivi de mortalité sur la période présentant un impact résiduel – début août à fin octobre – et faisant l'objet du bridage le plus important et d'un suivi en nacelle de mars à fin novembre en 2021 ;
- Un bridage proportionné aux impacts constatés et à l'activité enregistré a été défini sur l'ensemble des éoliennes et sur l'ensemble de la période d'activité des chauves-souris ;
- Lors du dernier suivi, ce bridage a été revu à la hausse pour devenir particulièrement conservateur sur les mois ayant un impact résiduel en 2021 (en allant au-delà des préconisations faites par Ecosphère) ;
- La mortalité sur les années à venir avec un bridage fonctionnel est estimée faible.



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

1.1 CADRE REGLEMENTAIRE

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

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

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

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

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

1.2 DEFINITION DU PROTOCOLE NATIONAL

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

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

² Décision du 5 avril 2018, NOR : TREP1807992S

base, une décision ministérielle a été publiée le 5 avril 2018² avec un nouveau protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres.

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

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

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

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

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

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

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

Dans le cas du parc éolien de la Vallée, le suivi ayant été contractualisé en décembre 2020 et débuté en mars 2021, les préconisations du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) s'y appliquent.

Le parc de la Vallée a été mis en service en décembre 2013. Deux suivis post-implantation, composés d'un suivi de la mortalité (en 2016 et en 2019) et d'un suivi acoustique à hauteur de nacelle (en 2016 seulement) ont été réalisés. Ceux-ci ont conclu à la mise en place d'un bridage sur le parc.

Conformément à l'arrêté du 22/06/2020, un troisième suivi (mortalité et nacelle) a été réalisé au cours de l'année 2021 afin de vérifier l'efficacité des mesures correctives.



2. PRESENTATION DU PARC EOLIEN

2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ECOLOGIQUE

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

Le parc éolien de la Vallée est situé au nord-est du département de l'Indre (36), à environ 7 km au nord-ouest d'Issoudun, 19,5 km au nord-est de Châteauroux, 25 km au sud-ouest de Vierzon et 34,5 km à l'ouest de Bourges.

Ce parc s'inscrit dans un contexte agricole de cultures intensives. Des boisements et des haies sont présents ponctuellement à proximité des éoliennes.



Vue sur le parc depuis la nacelle de l'éolienne 12 (G. Marchais, Ecosphère)



Vue du contexte paysager au pied de l'éolienne 12 (H. Auclair, Ecosphère)

2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES

Le parc éolien de la Vallée est composé de 16 éoliennes, mises en service en décembre 2013 et exploitées par BORALEX. Leurs caractéristiques techniques sont résumées dans les tableaux suivants.

Caractéristiques du parc de « La Vallée »

Date de mise en service	Décembre 2013
Modèle	GAMESA 90
Nombre d'éoliennes	16
Exploitant	BORALEX
Puissance cumulée	32 000 kW

Caractéristiques des éoliennes GAMESA 90/2000KW

Hauteur du moyeu	67 m
Diamètre du rotor	90 m
Garde au sol	22 m
Zone de balayage du rotor	6 362 m ²
Puissance nominale	2 MW
Vitesse de connexion (cut-in wind speed)	3 m/s
Vitesse max d'arrêt (10 min en moyenne)	21 m/s



Eolienne 15



Eolienne 16



Eolienne 21



Eolienne 24



Eolienne 34



Eolienne 36

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

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

2.3.1 RAPPEL DE L'ETUDE D'IMPACT

L'étude d'impact écologique a été réalisée en 2006 par 3 structures : le bureau d'étude GAUDRIOT (avifaune), l'association BATS (chiroptères) et le bureau d'étude SAUNIER & Associés (habitats naturels et flore). Les inventaires de terrain ont été réalisés en 2004 et 2005. L'arrêté préfectoral autorisant l'exploitation du parc date du 14 juin 2011.

Concernant l'avifaune, le bureau d'étude a réalisé des observations à poste fixe pour étudier les espèces migratrices et les lieux de halte migratoire entre septembre 2004 et septembre 2005, avec un total de 12 passages répartis sur un cycle annuel. Les espèces hivernantes ont été étudiées par contact visuel et auditif. Les individus nicheurs ont été suivis par la méthode d'IPA (Indices Ponctuels d'Abondance). D'après l'auteur, 8 espèces sensibles au dérangement ou à l'éolien ont été recensées à proximité du projet, toutes étant des rapaces diurnes : Busard Saint Martin, Buse variable, Circaète Jean-le-Blanc, Épervier d'Europe, Faucon crécerelle, Faucon émerillon, Faucon hobereau et Milan royal.

Pour les chiroptères, les recherches acoustiques au sol ont été menées à l'aide d'un détecteur d'ultrasons (15 points d'écoute de 5 min sur 3 soirées en septembre 2004). Ces points d'écoute ont permis de contacter 3 espèces au sein et à proximité du site d'implantation : Murin de Daubenton, Pipistrelle commune et Sérotine commune. Cette faible richesse spécifique est due en partie au contexte paysager du secteur, qui présente peu de haies, de bosquets et de points d'eau. Toutefois, c'est surtout la faible pression d'échantillonnage qui explique les résultats obtenus.

D'après l'étude d'impact, le parc présente une sensibilité forte liée à l'avifaune recensée à proximité des éoliennes (rapaces diurnes notamment). En phase travaux, les périodes hors nidification ont été privilégiées pour limiter le dérangement des espèces sensibles. En outre, afin de limiter les impacts sur l'avifaune migratrice en phase exploitation, les machines ont été placées parallèlement au sens de migration et les éoliennes ont été regroupées au maximum. Les espèces de chiroptères inventoriées n'étant pas considérées comme sensibles à l'éolien au moment où l'étude a été effectuée, aucune mesure n'a été définie pour ce groupe.

2.3.2 ARRETE PREFECTORAL D'AUTORISATION D'EXPLOITER

L'arrêté préfectoral du 14 juin 2011 ne stipule aucune mesure relative aux chiroptères et aux oiseaux en phase d'exploitation sur le parc éolien de la Vallée.

2.3.3 SUIVI POST-IMPLANTATION 2016

Le suivi réalisé en 2016 sur le parc de la Vallée a fait l'objet de **4 passages répartis entre le 16/08 et le 26/08/2016**, avec un intervalle de 3 à 4 jours entre chaque passage, soit un **intervalle moyen entre les passages de 3,3 jours**. **10 des 16 éoliennes** du parc ont été suivies (soit les éoliennes 12, 14, 16, 18, 21, 23, 25, 34, 35 et 37). Les recherches ont été réalisées dans un **rayon de 50 m** autour du mât. La **surface moyenne de prospection était de 98 % sur l'intégralité du suivi**. Aucun test d'efficacité ou de persistance n'a été mené en 2016.

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

- **2 chiroptères** : 2 Noctules de Leisler [migratrices] ;
- **3 oiseaux appartenant à 2 espèces** : 1 Bruant proyer [local] et 2 Faucons crécerelles [locaux].

Dans le détail, deux cadavres ont été trouvés sous E14 (1 Noctule de Leisler et 1 Faucon crécerelle), tandis qu'un Faucon crécerelle a été observé sous E18, une Noctule de Leisler a été détectée sous E35 et un Bruant proyer a été trouvé sous E37.

Les résultats bruts de mortalité n'ont pas été corrigés selon les modèles statistiques habituellement utilisés (Erickson, Huso et Jones). En effet, les 4 passages réalisés en l'espace de 2 semaines ne sont pas suffisants pour obtenir des estimations statistiques fiables. **Sans corrections statistiques, les chiffres moyens de 0,3 oiseau et 0,2 chiroptère par éolienne (pour 10 jours de suivi) ont été obtenus pour les machines du parc de la Vallée.**

Par ailleurs, un suivi à hauteur de nacelle a été réalisé en 2016 sur le parc de la Vallée, au niveau des éoliennes 12, 21 et 34.

Pour chacune des trois éoliennes suivies en hauteur, les tableaux suivants présentent la répartition mensuelle des contacts par espèce. Sur l'ensemble de la période de suivi (4 juillet au 31 octobre 2016, soit 118 nuits), les éoliennes E12 et E21 ont au total enregistré 88 et 141 contacts respectivement. Pour E34, une panne technique a malencontreusement stoppé le suivi à partir du 27 septembre ; un total de 96 contacts a néanmoins été enregistré.

Contacts enregistrés sur l'éolienne E12 en 2016 (alignement ouest)

Mois (jours d'enregistrement / jours)	Nyclei ³	Nycnoc	Nycsp	Sérotule	PipKN	Pipkuh	Pippip	Total général	Moyenne toutes espèces*
Juillet (26 j /31)	3	1	1	3			7	15	0,6
Août (31 j /31)	15	11	1		1		1	29	0,9
Septembre (30 j /30)	11	13	1		3		11	39	1,3
Octobre (31 j /31)	1	1				1	2	5	0,2
Total (118 j /123)	30	26	3	3	4	1	21	88	0,7

*nombre total de contacts / jours d'enregistrement

Pour E12, les contacts de noctules étaient globalement plus nombreux que ceux des pipistrelles (70 % / 30 % respectivement), avec une fréquentation proche entre la Noctule de Leisler et la Noctule commune. Les activités les plus importantes ont été enregistrées en août et septembre.

Contacts enregistrés sur l'éolienne E21 en 2016 (alignement central)

Mois (jours d'enregistrement / jours)	Nyclei	Nycnoc	Sérotule	Pipkuh	Pippip	Total général	Moyenne toutes espèces*
Juillet (26 j /31)	1				1	2	0,1
Août (31 j /31)	50	34	5		13	102	3,3
Septembre (30 j /30)	7	5		2	13	27	0,9
Octobre (31 j /31)	7	2	1			10	0,3
Total (118 j /123)	65	41	6	2	27	141	1,2

*nombre total de contacts / jours d'enregistrement

Pour E21, les contacts de noctules étaient également plus nombreux que ceux des pipistrelles (76 % / 24 % respectivement), avec une fréquentation un peu supérieure de la Noctule de Leisler, en août particulièrement. Contrairement à E12, c'est la Pipistrelle de Kuhl qui a été plus régulièrement

contactée. Les activités les plus importantes ont été enregistrées surtout en août, et en septembre dans une moindre mesure.

Contacts enregistrés sur l'éolienne E34 en 2016 (alignement est)

Mois (jours d'enregistrement / jours)	Nyclei	Nycnoc	Nycsp	Sérotule	PipKN	Pipkuh	Pippip	Total général	Moyenne toutes espèces*
Juillet (26 j /31)	11	2	1	3			9	26	1,0
Août (31 j /31)	26	32			1	1	9	69	2,2
Septembre (27 j /30)					1			1	0,0
Octobre (0 j /31)	Panne technique à partir du 27 septembre								0,0
Total (84 j /123)	37	34	1	3	2	1	18	96	0,8

*nombre total de contacts / jours d'enregistrement

Pour E34, les contacts de noctules étaient aussi plus nombreux que ceux des pipistrelles (78 % / 22 % respectivement), avec une fréquentation un peu supérieure de la Noctule de Leisler, en août particulièrement. En revanche, la Pipistrelle de Kuhl était très peu contactée, comme pour E12.

Sur E12, les chauves-souris ont été enregistrées pour des vitesses de vent (moyennes sur 10 min) allant jusqu'à 7,5 m/s. 73,8 % des contacts ont été enregistrés par des vents moyens inférieurs à 4 m/s. Ces contacts ont quasiment tous été enregistrés à des températures supérieures de 19°C, avec un minimum à 13°C, et 50 % d'entre eux l'ont été à plus de 24°C.

Sur E21, les chauves-souris ont été enregistrées pour des vitesses de vent (moyennes sur 10 min) allant jusqu'à 8 m/s. 76,6 % des contacts ont été enregistrés par des vents moyens inférieurs à 4 m/s. Ces contacts ont quasiment tous été enregistrés à des températures supérieures de 19°C, avec un minimum à 15°C, et 50 % d'entre eux l'ont été à plus de 30°C.

Sur E34, les chauves-souris ont été enregistrées pour des vitesses de vent (moyennes sur 10 min) allant jusqu'à 8,5 m/s. 82,3 % des contacts ont été enregistrés par des vents moyens inférieurs à 4 m/s. Ces contacts ont quasiment tous été enregistrés à des températures supérieures de 18°C, avec un minimum à 13°C, et 50 % d'entre eux l'ont été à plus de 26°C.

Un premier bridage a été mis en place à la suite du suivi réalisé en 2016 sur le parc de la Vallée. Ce bridage est résumé dans le tableau suivant.

Algorithme de bridage différencié préconisé pour mise en application dès 2017

	Éoliennes	Mai – Juin – Juillet	Août	Septembre	Octobre
Alignement Ouest	12 à 18	3 m/s Toute la nuit T>13°C	5 m/s 7h après le coucher T>13°C	4,5 m/s 7h après le coucher T>13°C	3 m/s Toute la nuit T>13°C
Alignement Central	21 à 25	3 m/s Toute la nuit T>13°C	3 m/s Toute la nuit T>13°C	4 m/s 6h après le coucher T>13°C	3 m/s Toute la nuit T>13°C
Alignement Est	34 à 37	3 m/s Toute la nuit T>13°C	5 m/s 7h après le coucher T>13°C	3 m/s Toute la nuit T>13°C	3 m/s Toute la nuit T>13°C

³ Nyclei : Noctule de Leisler ; Nycnoc : Noctule commune ; Nycsp : Noctule indéterminée ; Sérotule : groupe des noctules et sérotines ; Pipkuh : Pipistrelle de Kuhl ; PipKN : Pipistrelle de Kuhl ou Nathusius ; Pippip : Pipistrelle commune.

2.3.4 SUIVI POST-IMPLANTATION 2019

Le suivi réalisé en 2019 sur le parc de la Vallée a fait l'objet de **38 passages répartis entre le 17/05 et le 29/10/2019**, avec une fréquence d'un passage tous les 7 jours entre mi-mai et fin juillet et de 2 passages tous les 7 jours d'août à octobre. Les **16 éoliennes** du parc ont été suivies selon le protocole expérimental « Roads & Pads », sur l'ensemble de la période. Les recherches ont été réalisées dans un **rayon de 50 m** autour du mât. La **surface moyenne de prospection était de 33 % sur l'intégralité du suivi**, avec des surfaces variant de 26 à 44 % selon les éoliennes. Le test de détection réalisé montrait une **détectabilité moyenne de 88 %**. Les tests de persistance réalisés révélaient une **persistance moyenne de 3 % pour les deux périodes** durant l'intervalle (7 j pour la période 1, de mi-mai à fin juillet ; 3,5 j pour la période 2, d'août à octobre).

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

- **4 chiroptères appartenant à 2 espèces** (2 Pipistrelles de Nathusius [migratrices] et 2 Noctules communes [migratrices]) ;
- **11 oiseaux appartenant à au moins 6 espèces** (3 Rougegorges familiers [migrateurs], 2 Bruants proyers [1 local et 1 migrateur], 1 Fauvette grisette [locale], 1 Alouette lulu [migratrice], 1 Roitelet à triple-bandeau [migrateur], 1 pigeon indéterminé [local probable] et 2 passereaux indéterminés [migrateurs possibles]).

Dans le détail, deux cadavres ont été trouvés sous E12 (1 Noctule commune et 1 Pipistrelle de Nathusius), un Bruant proyer a été observé sous E14, une Alouette lulu a été détectée sous E15, un passereau indéterminé était présent sous E16, une Pipistrelle de Nathusius a été trouvée sous E17, trois cadavres ont été détectés sous E21 (1 Bruant proyer, 1 Rougegorge familier et 1 Noctule commune), un Roitelet à triple-bandeau a été observé sous E22, une Fauvette grisette a été trouvée sous E23, un passereau indéterminé était présent sous E24, un Rougegorge familier et un pigeon indéterminé ont été détectés sous E34 et un autre Rougegorge familier était présent sous E35.

Les résultats bruts de mortalité ont été corrigés selon 3 modèles statistiques (Erickson, Huso et Jones) à partir des calculs d'Ecosphère et de l'application EolApp développée par Besnard et Bernard (CEFE CNRS). Les estimations obtenues aboutissaient à une valeur médiane de la mortalité d'environ **46 oiseaux** (IC 80 % : 2 à 98) **pour le modèle d'Huso en période 1** (mi-mai – fin juillet ; le modèle de Jones n'a pas été retenu pour cette période). **En période 2** (août - octobre), les estimations obtenues aboutissaient à une valeur médiane de la mortalité d'environ **46 chiroptères** (IC 80 % : 22 à 77) **et 88 oiseaux** (IC 80 % : 12 à 190) **pour le modèle d'Huso, ou 71 chiroptères** (IC 80 % : 33 à 120) **et 135 oiseaux** (IC 80 % : 19 à 296) **pour le modèle de Jones**.

Des estimations ont également été obtenues à partir de l'application Genest. La valeur médiane de mortalité obtenue en **période 1 était de 11 cadavres pour les oiseaux [IC 80 % : 2 - 23]**. **En période 2, l'estimation de la mortalité était de 55 cadavres pour les chiroptères [IC 80 % : 20 - 240] et 31 cadavres pour les oiseaux [IC 80 % : 20 - 45]**.

Aucun suivi à hauteur de nacelle n'a été réalisé en 2019 sur le parc de la Vallée.

Du fait d'une mortalité résiduelle significative constatée pour les chauves-souris en 2019, un nouvel algorithme de bridage a été préconisé. Celui-ci est détaillé dans le tableau ci-dessous.

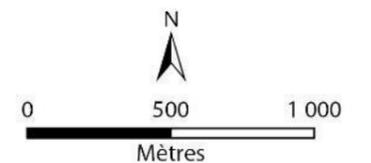
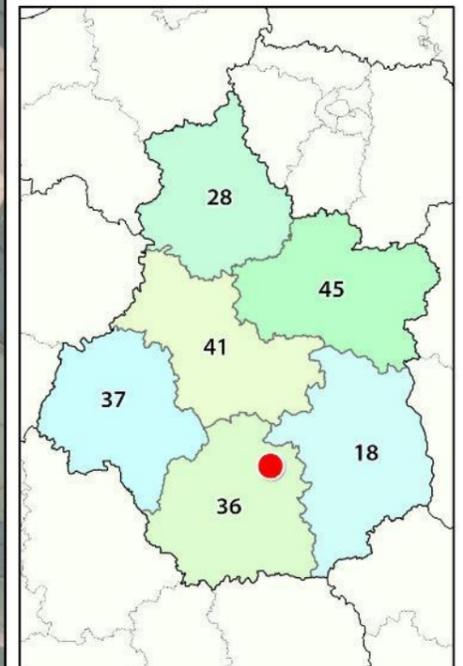
Algorithme simplifié de bridage préconisé pour mise en application dès 2020

	Éoliennes	1 ^{er} mai au 31 juillet	1 ^{er} août au 15 septembre	15 septembre au 31 octobre
Alignement Ouest	12 à 18	3 m/s Toute la nuit T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>10°C
Alignement Central	21 à 25	3 m/s Toute la nuit T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>10°C
Alignement Est	34 à 37	3 m/s Toute la nuit T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>10°C





- Eolienne suivie
- Eolienne non suivie



Ecosphère, BORALEX, mai 2022

Source : Fond Scan 25 et BD ORTHO - IGN ©

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 E12. Cette méthode permet d'enregistrer l'activité à hauteur de pales, soit dans la zone la plus à risque pour les chauves-souris.



Batmode S+ installé dans la nacelle de l'éolienne E12 (Écosphère)

L'éolienne E12 a été équipée d'un système de détection/enregistrement des ultrasons du 19 mars au 30 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 8 mois consécutifs.

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

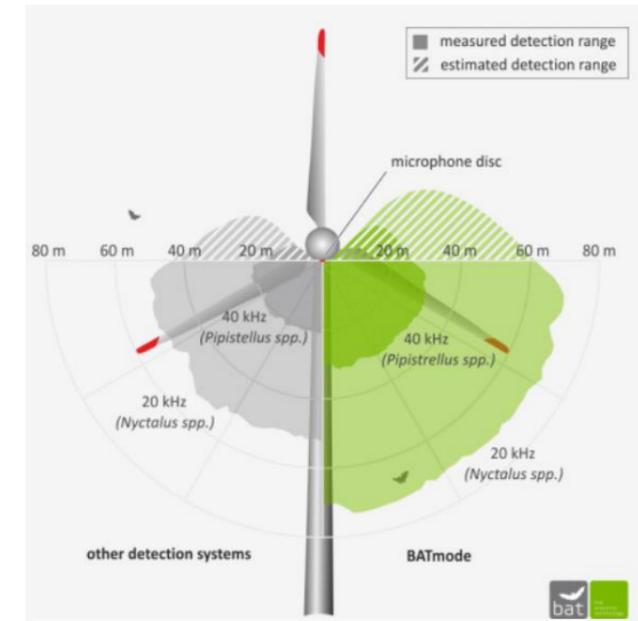
Simultanément aux enregistrements ultrasonores, les équipements intégrés de l'éolienne ont permis d'enregistrer les données météorologiques à hauteur de nacelle, telles que les vitesses de vent et la température. Celles-ci ont été utilisées dans les analyses de corrélation avec les activités afin de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

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

3.1.1 LIMITES LIEES AU MATERIEL UTILISE

De manière générale, les résultats obtenus par le suivi d'activité chiroptérologique ne représentent qu'un échantillon pour un volume d'espace aérien donné d'une activité réelle, quelle qu'elle soit. Dans le cadre de ce suivi, le micro était placé à environ 67 m de hauteur et orienté dans une direction pointant vers le sol. Cela signifie que les cris venant d'autres directions n'ont pas forcément été perçus. De plus, le micro a un volume de détection qui dépend de plusieurs variables, mais dont les plus importantes sont les suivantes :

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



Variation du volume de captation du micro en fonction de la fréquence d'émission des signaux ultrasonores, de l'hygrométrie et de la température. Source :

<http://www.bioacoustictechnology.de/nacelle-monitoring-of-bats-at-wind-turbines/?lang=en>

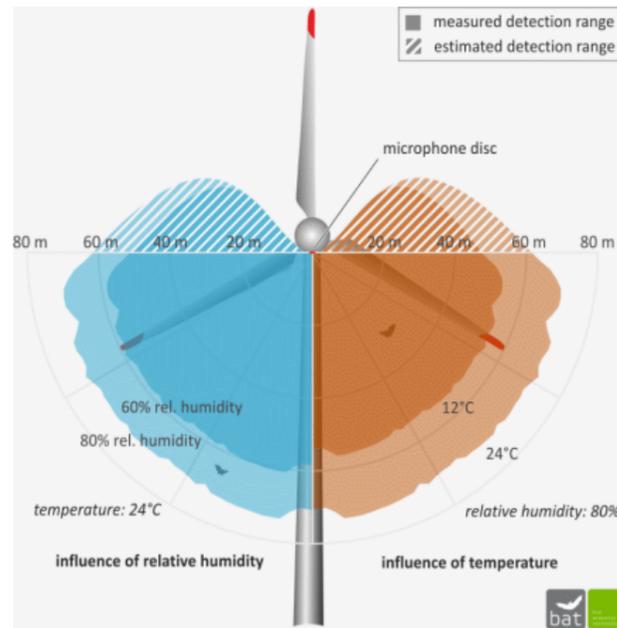


Schéma présentant les volumes de détection du micro « Ultrasoundgate » d'Avisoft Bioacoustics™ selon les conditions de température et d'humidité. Les couleurs foncées correspondent à la détection d'espèces émettant dans les 40 kHz (Pipistrelles), les claires aux espèces émettant dans les 20 kHz (Noctules,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

3.1.2 LIMITES LIÉES A L'IDENTIFICATION DES ESPÈCES

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

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

Les autres espèces de bas vol comme les murins, rhinolophes et 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

12 des 16 éoliennes du parc ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un standard conforme au protocole ministériel de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres en vigueur depuis avril 2018.

3.2.1.2 Calendrier du suivi

Afin de vérifier l'efficacité des mesures de régulation mises en place à partir de 2020, **un total de 20 passages a été réalisé pour chaque éolienne. Ces passages sont répartis des semaines 31 à 44 (de début août à début novembre).**

Le suivi de la mortalité a ainsi été réalisé sur la période liée à la migration postnuptiale, **entre août et début novembre**. 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 du suivi, avec un **intervalle moyen entre chaque passage de 4,7 j.**

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

3.2.2 RECUEIL DES DONNÉES BRUTES DE MORTALITÉ

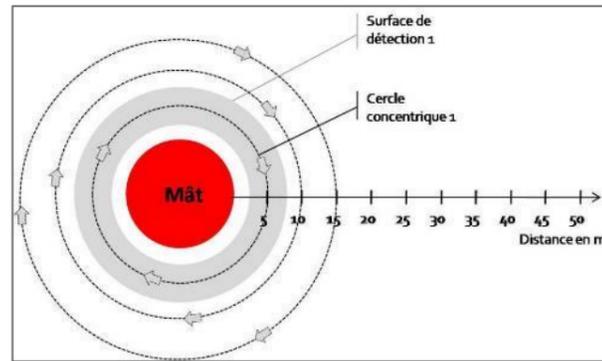
Le protocole d'étude directe de la mortalité implique la recherche de cadavres d'oiseaux et de chiroptères au sol.

3.2.2.1 Méthode pour la recherche des cadavres et surfaces prospectées

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

Pour le parc éolien de la Vallée, les prospections ont été effectuées dans un rayon de 50 mètres autour des mâts des machines.

Cette surface a été prospectée en réalisant des transects autour des mâts. Chaque transect est espacé de 5 m, ce qui permet à l'observateur de rechercher la présence de cadavre sur une largeur de 2,5 mètres de part et d'autre de sa ligne de déplacement. En effet, **Arnett et al., (2005)** ont démontré que l'efficacité chute fortement au-delà d'une distance de 3 mètres. De la sorte, l'observateur a réalisé **10 transects pour s'éloigner au maximum de 50 mètres des mâts**. Précisons que ces itinéraires ont été réalisés d'un pas lent et régulier, pour une détectabilité optimale et quand les conditions lumineuses sont suffisantes.



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

Classes de végétation relevées sur le terrain

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

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



Classe de visibilité 3 (bonne) : plateforme



Classe de visibilité 2 (moyenne) : plateforme enherbée



Classe de visibilité 1 (faible à nulle ; non prospectée) : betteraves et friche (H. Auclair, Ecosphère)



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

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

3.2.2.2 Identification des espèces

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

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

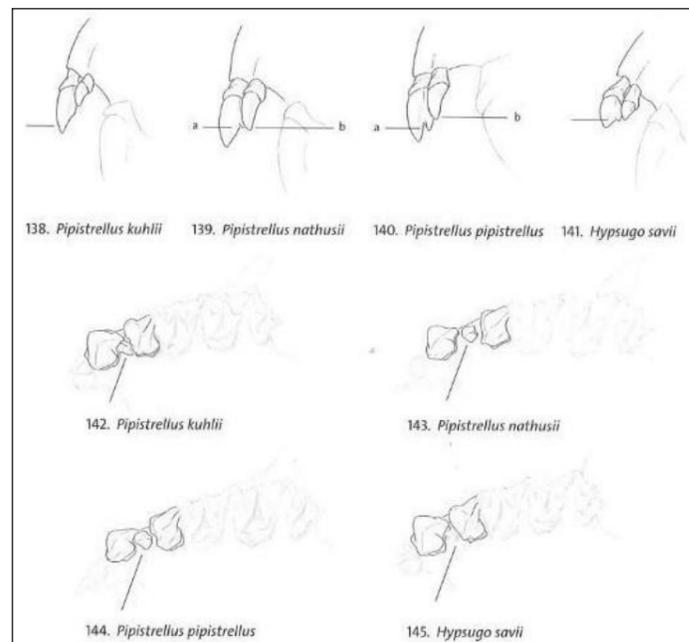
niveau national a été faite et obtenue auprès de la Direction Départementale des Territoires de l'Indre (Arrêté n°36-2021-07-30-00003 ; annexe 7).

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. Celles-ci possèdent pour la plupart des caractéristiques particulières permettant de spécifier l'individu. Dans ce cas, les guides suivants peuvent aider à l'identification :

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

3.2.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE A PARTIR DES DONNEES BRUTES

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

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

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

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

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

Une deuxième méthode, dite d'Erickson, a mieux pris en compte à partir de l'année 2000 la fréquence des passages ainsi que la persistance des cadavres, mais elle sous-estimait la mortalité (sauf pour des temps de persistance longs ; [Korner-Nievergelt et al., 2011](#)) comparativement aux différentes méthodes les plus modernes présentées ci-dessous (Jones, Huso et Korner).

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

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

3.2.3.1 Paramètres et biais pris en compte

❖ Ajustement de la surface réellement contrôlée (a)

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

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

En général, on ajuste les estimations de mortalité totale par une simple relation de proportionnalité entre la surface prospectée sur la surface prospectable en théorie d'un disque d'un rayon de 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 EolApp⁵ et GenEst⁶ (détaillées ci-après) se basent sur la moyenne des surfaces prospectées durant une période considérée.

❖ Taux de persistance journalière des cadavres (p)

Comme vu précédemment, le taux de persistance des cadavres est une donnée fondamentale. La durée de persistance des carcasses en jours dépend à la fois de la pression de prédation locale et de la capacité de dégradation in situ des animaux morts. Une partie des chauves-souris et des oiseaux tués par les

éoliennes disparaît avant qu'elle ne puisse être découverte dans le cadre des prospections. En effet, des charognards (mammifères, oiseaux, insectes) peuvent dévorer, enterrer ou déplacer les carcasses.

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

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

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

Dans le cadre de cette étude, un unique test de persistance a été effectué (période de suivi unique). Ce test a eu lieu en septembre (date de dépose des cadavres : 07/09/2021).

Le test a consisté à déposer **2 à 5 cadavres de souris ou rats** fraîchement décongelés **autour de 8 éoliennes du parc** (soit 30 cadavres au total). Aussi, **les leurres ont été déposés aléatoirement sur l'emprise de la surface théorique à prospecter, et répartis sur l'ensemble des types d'habitats présents.**

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

❖ 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.

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

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

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



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

L'efficacité des observateurs à détecter des cadavres a été testée à deux reprises, les 11/10/2021 et 27/10/2021. Pour ce faire, des leurres en caoutchouc (mimant des chauves-souris, sombres) et des pommes de terre (mimant des oiseaux de plus grosse taille) ont été déposés aléatoirement dans le périmètre prospecté en amont des recherches de mortalité, au sein des classes de végétation praticable (visibilité bonne et moyenne). Le test a été effectué sur 6 éoliennes. Un total de 111 leurres a été déposé. Selon le nombre de leurres artificiels retrouvés par l'observateur, le taux d'efficacité a pu être calculé par le rapport entre le nombre de leurres découverts et le nombre de leurres déposés.

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

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

3.2.3.2 Modèles statistiques

❖ [Modèle d'Erickson \(2000\)](#)

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

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

Avec :

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

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

diminution exponentielle des temps de disparition des cadavres qui peuvent être trouvés lors des passages ultérieurs au premier passage infructueux.

❖ [Modèle de Jones \(2009\)](#)

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

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

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

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

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

Avec :

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

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

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

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

❖ [Modèle de Huso \(2010\)](#)

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

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

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

D'où la formule :

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

Avec :

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

3.2.3.3 EolApp (Besnard & Bernard, 2018)

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

Nombre de cadavres déposés pour étude de la détection =

Nombre de cadavres trouvés pour étude de la détection =

Pourcentage de la surface prospectée =

CALCULER

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

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

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**⁹ fonctionnant sous le logiciel¹⁰ open source R. Celle-ci permet d'imbriquer les différents paramètres pour modéliser finement la mortalité (persistance des cadavres, efficacité de la détection, correction surfacique) et **fournir des estimations ajustées selon les variables prises en compte (taille des cadavres, période de l'année, distinction oiseaux / chauves-souris...).**

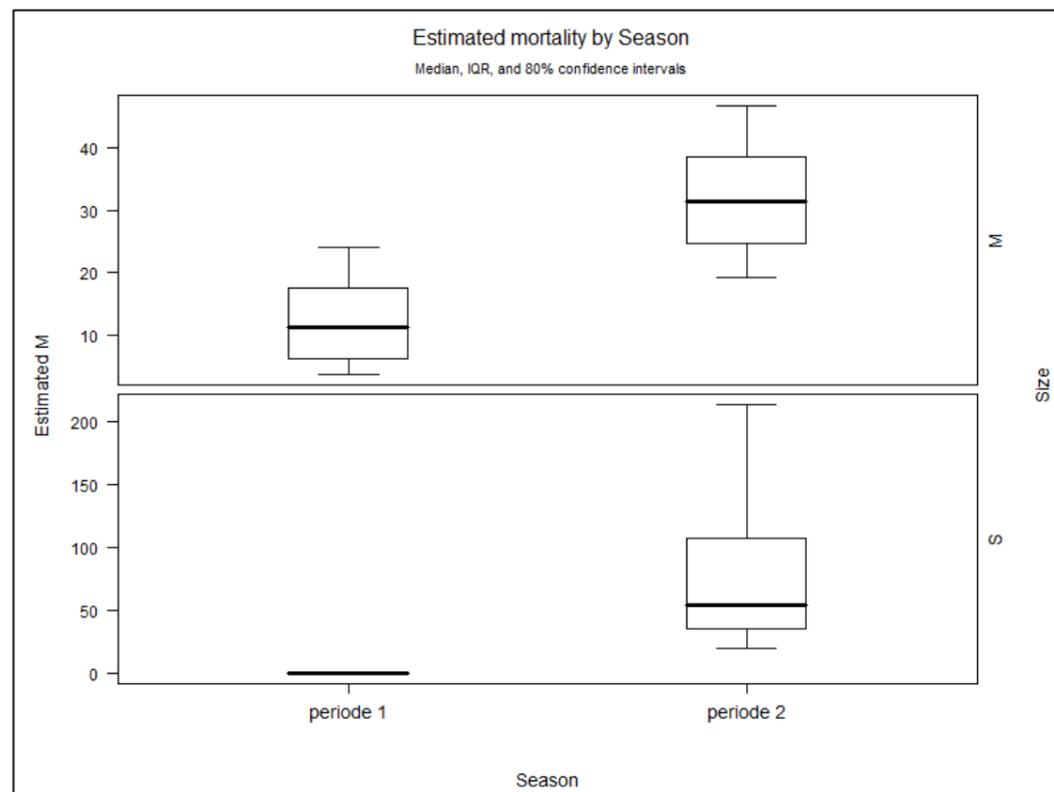
Comme demandé par le protocole national 2018, cette application permet d'obtenir une médiane et des intervalles de confiance à 80 % ou 95 % pour les estimations de mortalité ainsi obtenues.

Comme pour EolApp, les calculs reposent sur les données existantes relevées sur le terrain. Ils se basent sur un protocole standardisé, à savoir un nombre de visites défini sur une ou plusieurs éoliennes,

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

¹⁰ <https://www.r-project.org/>

pendant lesquelles les cadavres sont recherchés. Elle utilise également les données issues des tests d'évaluation de la persistance des cadavres et de la détection des observateurs mais, ces données peuvent être intégrées de manière plus fine, avec des variations possibles sans que cela soit trop pénalisant sur la justesse des estimations (par période et par taille de cadavres selon les classes de visibilités des zones prospectées, par exemple).



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

3.3 METHODE D'EVALUATION DES ESPECES FREQUENTANT LE PARC

3.3.1 ÉVALUATION DE L'ENJEU DE CONSERVATION DES ESPECES

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

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

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

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

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

3.3.2 ÉVALUATION DE LA SENSIBILITE DES ESPECES A L'EOLIEN

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

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

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

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

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

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

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

Classe	Sensibilité	Proportion des cas de collisions connus au regard des effectifs européens (Birdlife, 2021)	Exemples d'espèces concernées
4	Forte	Supérieure à 1 % : les cas de mortalité représentent une proportion élevée et significative de leur population.	Milan royal, Pygargue à queue blanche, Vautour fauve
3	Assez forte	Comprise entre 0,1 et 1 % : les cas de mortalité représentent une proportion significative de leur population, sans qu'elle soit très élevée. Ce sont généralement des espèces dont les tailles de populations sont peu importantes.	Faucon pèlerin, Balbuzard pêcheur, Buse variable, Circaète Jean-le-Blanc, Aigle botté, Faucon crécerelle, Balbuzard pêcheur
2	Moyenne	Comprise entre 0,01 et 0,1 % : les cas de mortalité représentent une faible proportion de leur population. Ce sont : - soit des espèces communes avec de nombreux cas de collisions, - soit des espèces plus rares ou à répartition restreinte, mais dont les cas de collision restent peu nombreux. Dans ces deux cas, le maintien des populations n'est pas remis en question à l'échelle européenne.	Mouette rieuse, Canard colvert Cigogne blanche, Milan noir, Busard cendré, Busard des roseaux, 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 juin 2022 pour T. Dürr. C'est ainsi la valeur maximale par pays qui est prise en compte (pour éviter les comptes-doubles). On a ainsi un total maximal de **11 065 cadavres de chiroptères recensés dans toute l'Europe**. Ceci permet ensuite d'obtenir comme donnée de référence le pourcentage entre « nombre de cadavres pour une espèce donnée » par rapport au « nombre total de cadavres en Europe toutes espèces confondues ». Cette information a été complétée par une analyse bibliographique reposant en particulier sur les avis de la SFEPM (2016) et d'Eurobats.

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

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

Évaluation de la sensibilité brute des chauves-souris aux risques de collision (Dürr, juin 2022 & Eurobats, juin 2018)

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

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

3.3.3 ÉVALUATION DE LA PORTEE DE L'IMPACT

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

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

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

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

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

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

Définition des niveaux d'impacts

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

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

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

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

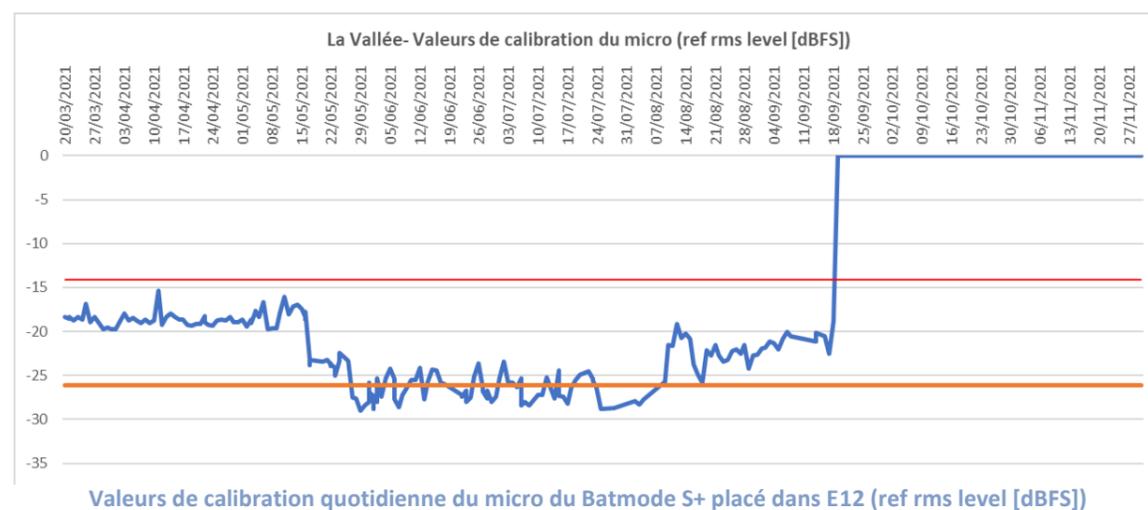


4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE

4.1 VALIDITE DU MATERIEL UTILISE

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

Pour le suivi acoustique sur l'éolienne E12, le micro a été pleinement opérationnel du début du suivi à la fin mai 2021. En effet, à partir de cette date, le micro nécessitait une recalibration manuelle presque quotidienne pour garder des valeurs correctes. Ces légers dépassements n'engendrent pas de dégradation significative des résultats obtenus sur cette période. Les valeurs sont revenues à la normale à partir du 09/08/2021. Cependant, suite à une fuite d'huile dans la nacelle, le micro a été complètement hors service du 19/09/2021 jusqu'à la fin du suivi, le 30/11/2021.



4.2 DESCRIPTION DES ACTIVITES ENREGISTREES

4.2.1 BILAN PAR MOIS ET PAR ESPECE

Le tableau suivant compile les totaux de contacts par mois pour chaque espèce ou groupe d'espèces enregistrés au niveau de la nacelle de l'éolienne 12.

Activités mensuelles enregistrées du 19 mars au 30 novembre 2021 depuis la nacelle de E12

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

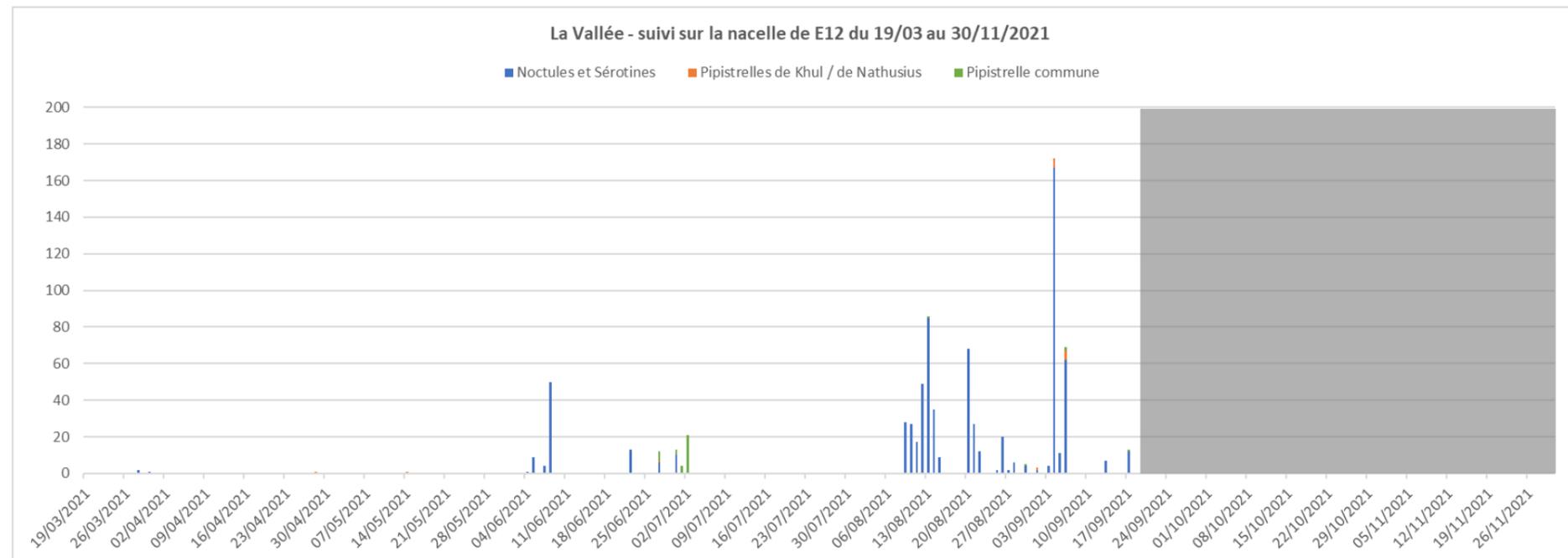
Mois	Noctule de Leisler	Noctule commune	Sérotules	Pipistrelle commune	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle de Nathusius	Total
Mars (12 nuits)	2	-	1	-	-	-	3
Avril (30 nuits)	-	-	-	-	1	-	1
Mai (31 nuits)	-	-	-	-	1	-	1
Juin (30 nuits)	87	-	6	8	1	-	102
Juillet (31 nuits)	-	-	-	25	-	-	25
Août (31 nuits)	142	236	13	2	-	-	393
Septembre (18 nuits)	124	114	27	3	8	3	279
Octobre (0 nuits)	-	-	-	-	-	-	0
Novembre (0 nuits)	-	-	-	-	-	-	0
Total général	355	350	47	38	11	3	804

Au total, durant ce suivi 2021, 804 contacts de chauves-souris ont été enregistrés par le Batmode S+ placé au niveau de l'éolienne E12. Une plus forte fréquentation est visible du mois d'août au mois de

septembre (respectivement 393 et 279 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. Sa fréquentation est moindre (seulement 3 contacts dans le mois), mais rappelons que le micro du BATmode a été rendu hors service à partir du 19/09/2021. Les mois d'août et de septembre sont aussi marqués par une augmentation de la fréquentation du parc par la Noctule de Leisler et la Noctule commune, espèces également migratrices.

4.2.2 CHRONOLOGIE DE L'ACTIVITE

Le graphique suivant présente la chronologie quotidienne du suivi de E12. Le mois de juillet est assez peu fréquenté par les chauves-souris (seulement 25 contacts dans le mois). On constate deux pics de fréquentation les nuits du 9 au 21 août, et du 4 au 6 septembre, avec respectivement pour ces deux périodes 346 et 252 contacts enregistrés. Ce qui représente plus de 74 % de l'activité totale du suivi.



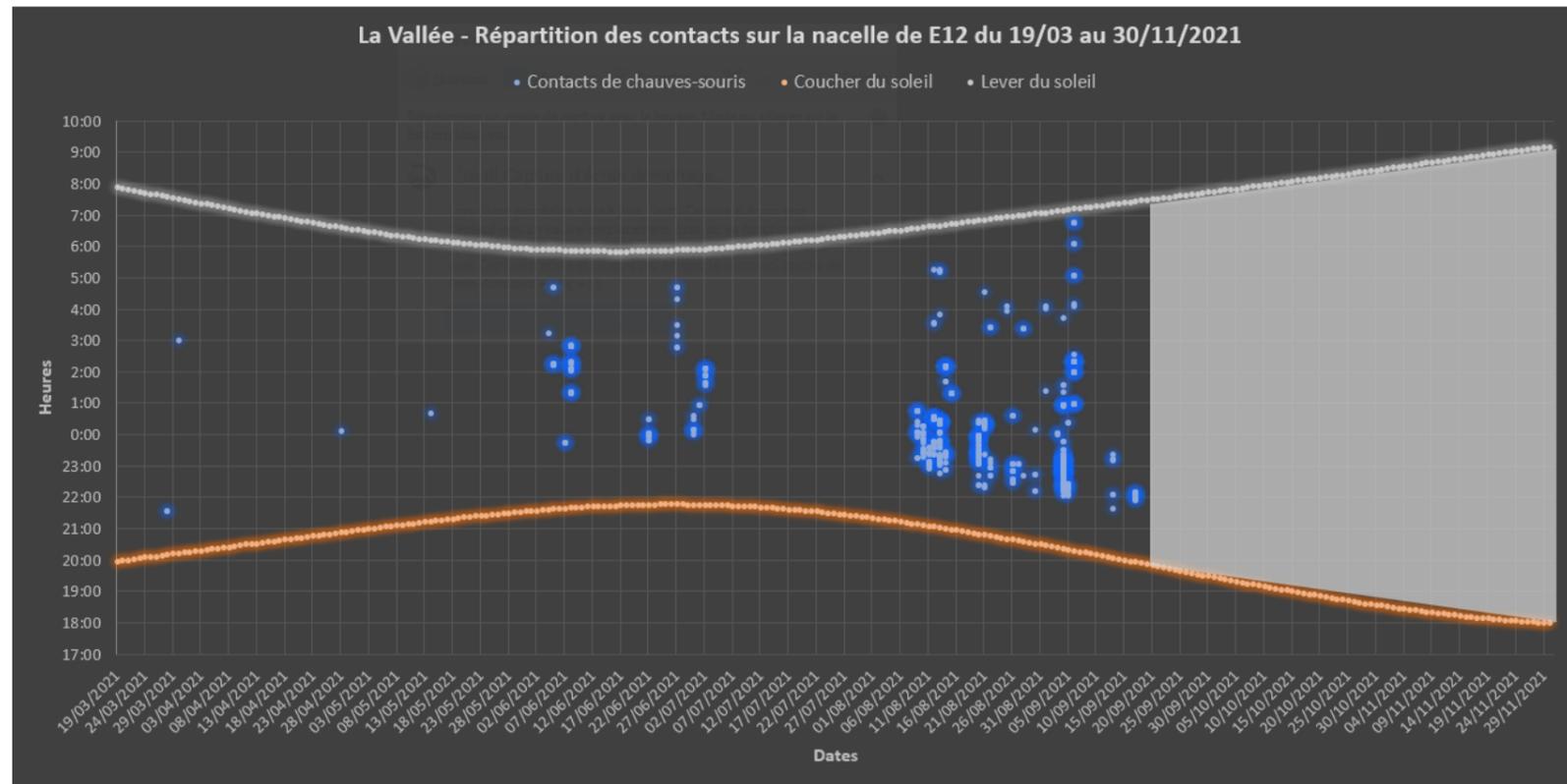
E12 : Chronologie de l'activité quotidienne du suivi acoustique depuis la nacelle (la bande grisée correspond à la période disfonctionnement du micro)

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 au mois d'août et de septembre évoqués précédemment. Aucun contact n'a été enregistré avant le coucher du soleil ou après le lever.





E12 : Distribution des contacts en fonction de la date et de l'heure après le coucher du soleil



4.3 SYNTHÈSE ET ÉVALUATION DES ACTIVITÉS

4.3.1 INDICATEURS DE LA FRÉQUENTATION

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

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

Bilan du suivi de E12 entre le 19 mars et le 30 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
Mars	12	2	0,3	0,3	2
Avril	30	1	0,0	0,0	1
Mai	31	1	0,0	0,0	1
Juin	30	7	3,4	3,1	50
Juillet	31	2	0,8	0,0	21
Août	31	15	12,7	12,6	86
Septembre	18	7	15,5	14,9	172
Octobre	0	-	-	-	-
Novembre	0	-	-	-	-

On constate que le mois de septembre est le mois avec la densité de contacts la plus forte, avec un maximum de 172 contacts en une nuit, suivi de près par le mois d'août avec un maximum de 86 contacts en une nuit. Au niveau de l'activité, les autres mois sont assez similaires entre eux. Seul le mois de juin se démarque avec une moyenne de 3,4 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 12,6 et 14,9 contacts moyens par nuit.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

E12 : Évaluation des résultats du suivi (toutes espèces) en fonction du référentiel d'activité des suivis nacelles en milieu ouvert dans la moitié nord de la France (Ecosphère, 2014-2019)

La Vallée E12	Q1-25	Q25-50	Q50-75	Q75-90	Q90-100
Mars	2	-	-	-	-
Avril	1	-	-	-	-
Mai	1	-	-	-	-
Juin	1	1	1	3	1
Juillet	-	1	-	1	-
Août	2	-	3	3	7
Septembre	-	2	1	2	2

Le tableau suivant résume le nombre de nuits « positives » par classe d'activité et par espèce. Les cas d'activité forte sont largement dominés par les deux espèces de noctules avec un cumul de 20 nuits supérieures au quantile 75 %.

E12 : Évaluation des résultats du suivi pour chaque espèce en fonction du référentiel d'activité des suivis nacelles en milieu ouvert dans la moitié nord de la France (Ecosphère, 2014-2019)

La Vallée E12	Q1-25	Q25-50	Q50-75	Q75-90	Q90-100
Nycnoc	2	1	3	4	7
Nyclei	2	7	10	4	5
Serotule	5	4	2	2	-
Pippip	3	2	2	1	-
Pipkuh	-	3	-	1	1
Pipnat	-	-	1	1	-
TOUTES	7	4	5	9	10

Ces tableaux retranscrivent la plus forte fréquentation du parc par les chiroptères durant les mois d'août et de septembre, et confirment également les deux espèces les plus contactées durant ce suivi, à savoir la **Noctule de Leisler** et la **Noctule commune**. On remarquera également que le peu de contacts de Pipistrelle de Nathusius suffit à l'espèce pour obtenir 1 nuit supérieure au quantile 75 %. C'est également valable pour la Pipistrelle de Kuhl, qui cumule ainsi 2 nuits supérieures au quantile 75 %.

Il est important de rappeler :

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

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

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

Le tableau ci-dessous montre que 85 % de l'activité globale sur l'ensemble du suivi a été enregistrée entre la deuxième et la cinquième heure après le coucher du soleil. La troisième heure de la nuit est la plus fréquentée. Aucun contact n'a été enregistré avant l'heure du coucher du soleil.

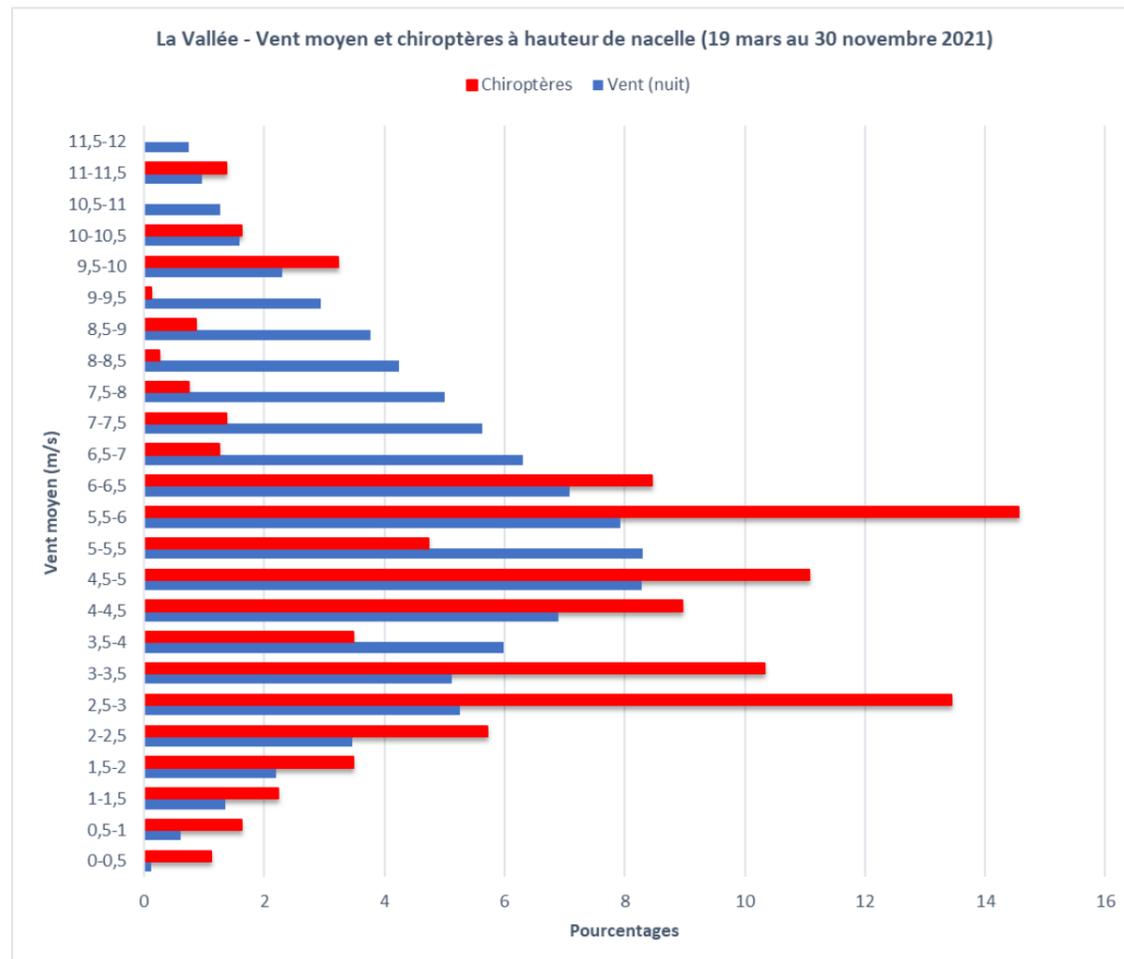
E12 : Nombre de contacts en fonction de l'heure après le coucher du soleil pour toute la période du suivi

Heure après le coucher du soleil	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Total général
-1h à l'heure du coucher du soleil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Heure du coucher du soleil à +1h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
+1h à +2h	2	-	-	-	-	21	27	-	-	50
+2h à +3h	-	-	-	30	-	195	144	-	-	369
+3h à +4h	-	1	1	11	10	127	15	-	-	165
+4h à +5h	-	-	-	42	15	11	32	-	-	100
+5h à +6h	-	-	-	14	-	20	15	-	-	49
+6h à +7h	1	-	-	3	-	12	20	-	-	36
+7h à +8h	-	-	-	2	-	3	6	-	-	11
+8h à +9h	-	-	-	-	-	4	11	-	-	15
+9h à +10h	-	-	-	-	-	-	4	-	-	4
+10h à +11h	-	-	-	-	-	-	5	-	-	5
Total général	3	1	1	102	25	393	279	0	0	804

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 89 % de l'activité a été enregistrée pour des vents moyens inférieurs à 6,5 m/s. En effet, la répartition des contacts montre bien une préférence pour les vitesses comprises entre 0 et 6,5 m/s, avec un pic entre 2 et 6,5 m/s (80 % des contacts).

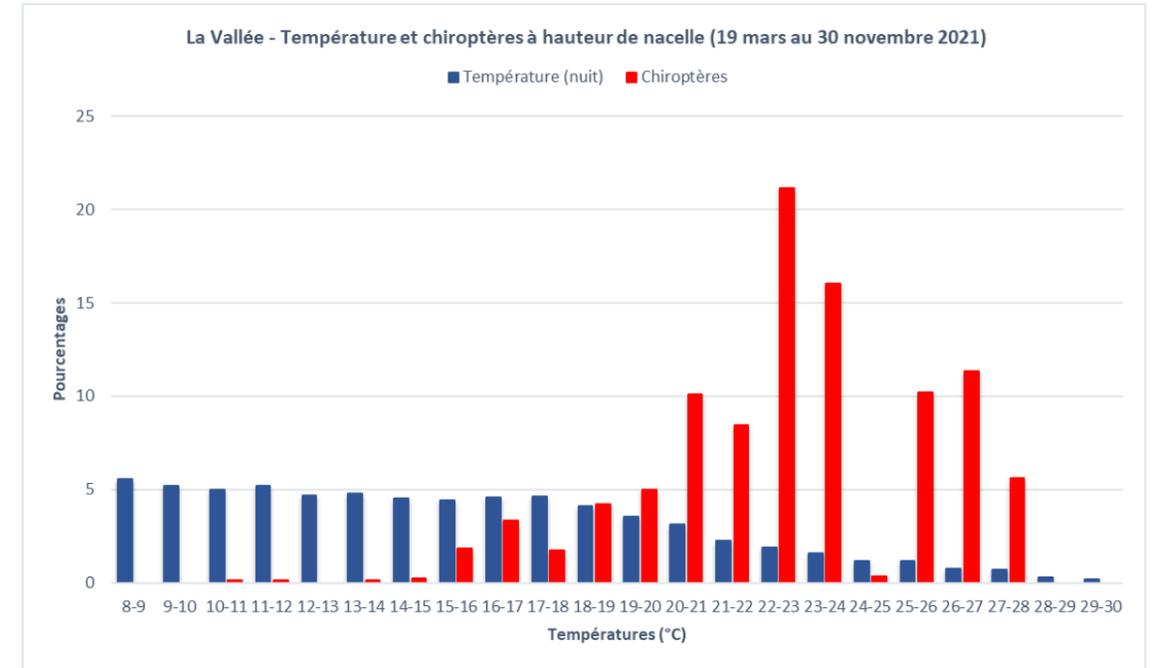


E12 : Distribution de l'activité selon les vitesses moyennes de vent

4.6 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LA TEMPERATURE

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

83 % de l'activité globale était enregistrée pour des températures allant de 20°C à 28°C.



E12 : Distribution de l'activité selon les températures

4.7 CONCLUSION DU SUIVI ACOUSTIQUE A HAUTEUR DE NACELLE

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

- Les mois d'août et de septembre sont les plus fréquentés de l'année ;
- Tous mois confondus, les chauves-souris ont été en majorité contactées durant les cinq premières heures après le coucher du soleil (85 %) ;
- 89 % de l'activité a été enregistrée pour des vents moyens inférieurs à 6,5 m/s ;
- 83 % de l'activité globale était enregistrée pour des températures à 20°C et jusqu'à 28°C.

5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE MORTALITE

5.1 RESULTATS BRUTS

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

Sur les 12 éoliennes du parc de la Vallée suivies en 2021 (pour rappel, le parc en comporte 16 au total) et dans un rayon de 50 m autour des mâts, **9 cadavres** ont été découverts, **3 oiseaux** et **6 chauves-souris**.

5.1.1 REPARTITION SPATIALE

Voir la carte « Localisation des cadavres ».

Les cadavres découverts sur le parc de la Vallée sont distribués de manière hétérogène entre les éoliennes, avec 0 à 3 découvertes par éolienne pour l'ensemble de la période de suivi. 6 des 9 cadavres ont été découverts sur l'alignement le plus à l'ouest (sous les éoliennes E12, E15 et E16), tandis que les 3 autres cadavres ont été trouvés au niveau de l'alignement le plus à l'est (sous les éoliennes E36 et E37). Aucun cadavre n'a été observé sur l'alignement central. **Il est à noter que les cas de mortalité des oiseaux sont concentrés sur deux éoliennes de l'alignement ouest, tandis que des cadavres de chauves-souris ont été trouvés autant à l'est qu'à l'ouest du parc.**

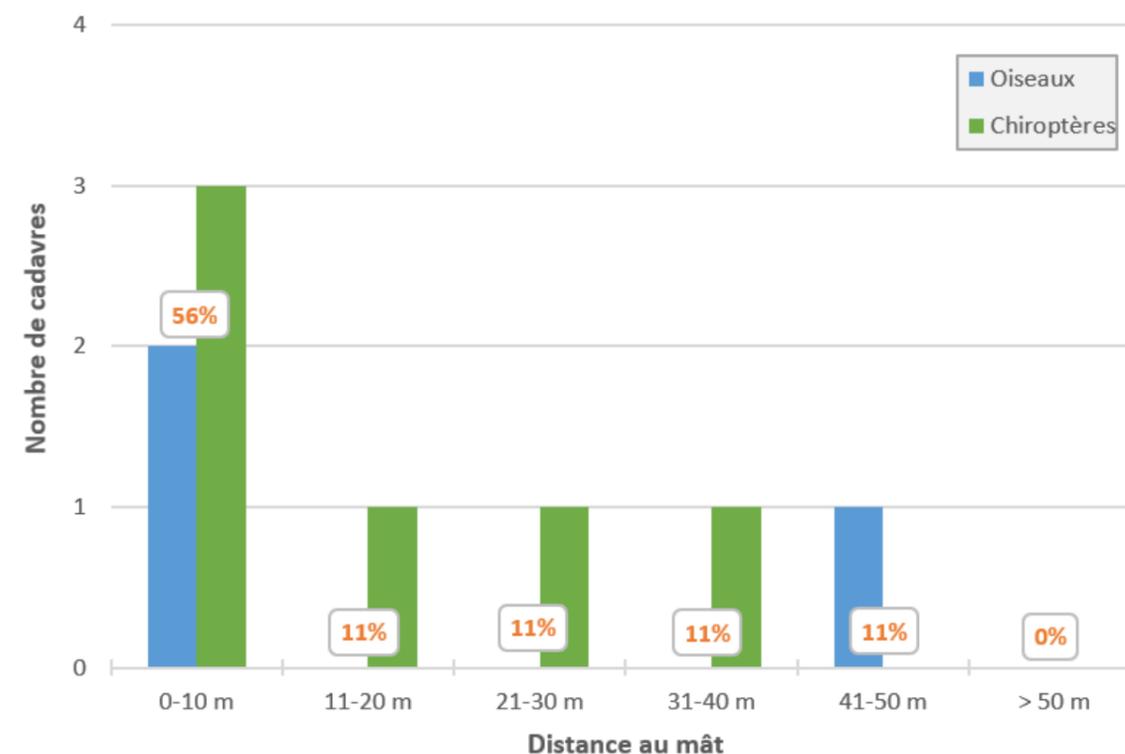
Les conditions locales sont toutefois homogènes sur le parc de la Vallée, avec une topographie et un contexte local similaires entre les différentes machines, toutes implantées dans un contexte agricole intensif.

Répartition des cadavres découverts en 2021 (n = 9)

Alignement	Éolienne n°	Nombre de cadavres découverts	Chiroptères	Oiseaux
Ouest	E12	1	1	0
	E13	0	0	0
	E14	0	0	0
	E15	3	2	1
	E16	2	0	2
Central	E21	0	0	0
	E22	0	0	0
	E23	0	0	0
	E24	0	0	0
Est	E35	0	0	0
	E36	1	1	0
	E37	2	2	0
		9	6	3

Par rapport à la distance au mât, les cadavres sont principalement disposés dans les 10 premiers mètres, avec 56 % des cadavres retrouvés dans cette tranche. Ces résultats sont néanmoins quelque peu biaisés, du fait qu'une partie des surfaces n'a pu être prospectée et que les 10 premiers mètres autour des mâts sont généralement constitués de surface de très bonne visibilité (plateforme, voire zones herbacées rases).

Les oiseaux sont répartis de manière hétérogène, avec des cadavres trouvés dans les 10 premiers mètres ou à 50 m du mât. Les chiroptères sont répartis plus équitablement, avec au moins un cadavre trouvé dans chaque tranche de 10 m jusqu'à 40 m, bien que la moitié des cadavres ait été trouvée dans les 10 premiers mètres.



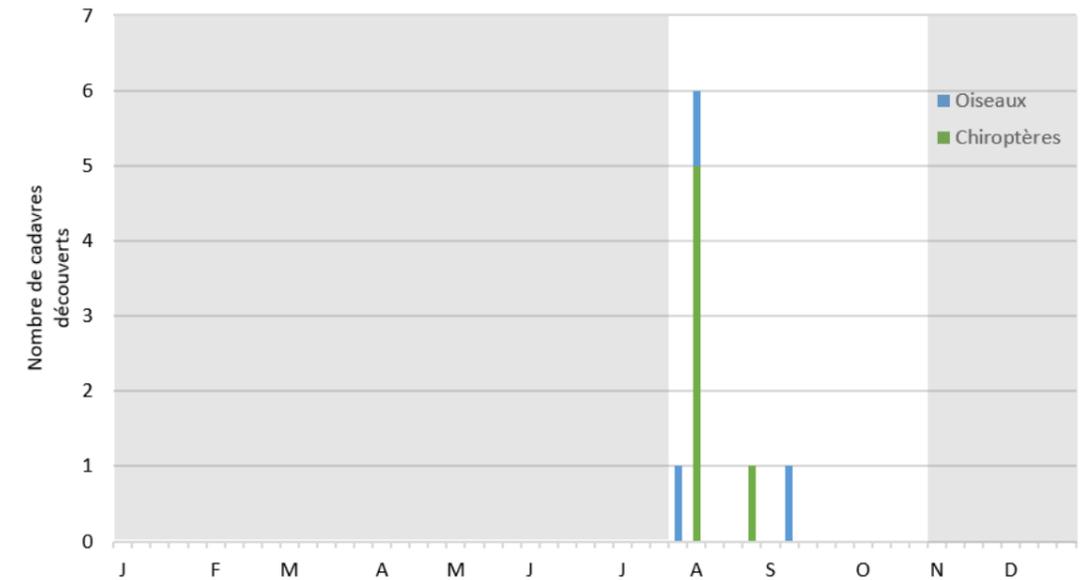
Répartition des cadavres d'oiseaux et de chauves-souris en fonction de la distance au mât

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 = 9). 1 seule période a été définie, en fonction des passages réalisés et des périodes d'activité de la faune, pour des raisons de cohérence dans les analyses.

N° passage	Date	Chiroptères	Oiseaux	Total
1	04/08/2021	0	1 Buse variable (E16)	1
2	09/08/2021	0	0	0
3	13/08/2021	5 Noctules communes (E12, 2*E37) Sérotines communes (2*E15)	1 Faucon crécerelle (E16)	6
4	18/08/2021	0	0	0
5	23/08/2021	0	0	0
6	27/08/2021	0	0	0
7	01/09/2021	1 Noctule de Leisler (E36)	0	1
8	07/09/2021	0	0	0
9	10/09/2021	0	0	0
10	16/09/2021	0	1 Faucon hobereau (E15)	1
11	20/09/2021	0	0	0
12	24/09/2021	0	0	0
13	29/09/2021	0	0	0
14	06/10/2021	0	0	0
15	11/10/2021	0	0	0
16	14/10/2021	0	0	0
17	18/10/2021	0	0	0
18	22/10/2021	0	0	0
19	27/10/2021	0	0	0
20	02/11/2021	0	0	0



Répartition de la mortalité au cours de l'année 2021 (n=9). La période non suivie apparaît grisée.

Les cadavres sont répartis de manière hétérogène sur la période suivie. Ainsi, tous les cadavres ont été trouvés entre le 4 août et le 16 septembre 2021, tandis qu'aucun cas de mortalité n'a été constaté en seconde partie de suivi. Les oiseaux ont été trouvés sur l'ensemble de ce laps de temps, avec 3 rapaces observés sous les éoliennes entre début août et mi-septembre. Il s'agit d'individus migrateurs (Faucon hobereau), ou d'oiseaux dont le statut est indéterminé (la Buse variable et le Faucon crécerelle détectés sont soit issus des populations locales, soit ce sont des individus migrateurs). Les chauves-souris ont été impactées sur une courte période, entre mi-août et début septembre. Les individus détectés sont pour la plupart des migrateurs certains ou probables.

La mortalité constatée en 2021 se compose ainsi de :

- **3 oiseaux d'espèces différentes** : 1 Buse variable [locale ou migratrice], 1 Faucon crécerelle [local ou migrateur] et 1 Faucon hobereau [migrateur] ;
- **6 chiroptères appartenant à 3 espèces** : 3 Noctules communes [migratrices probables], 2 Sérotines communes [locales] et 1 Noctule de Leisler [migratrice].

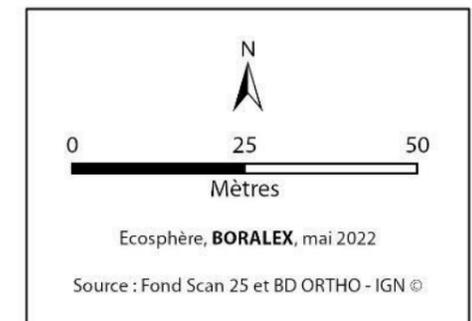
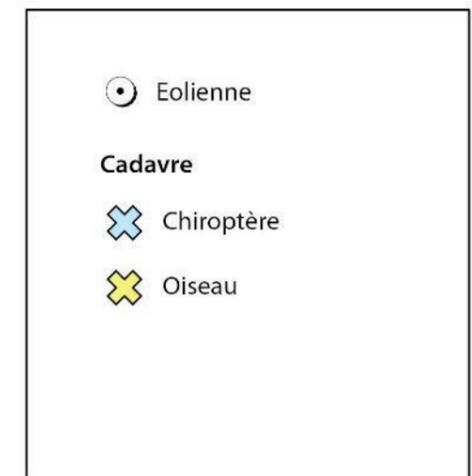
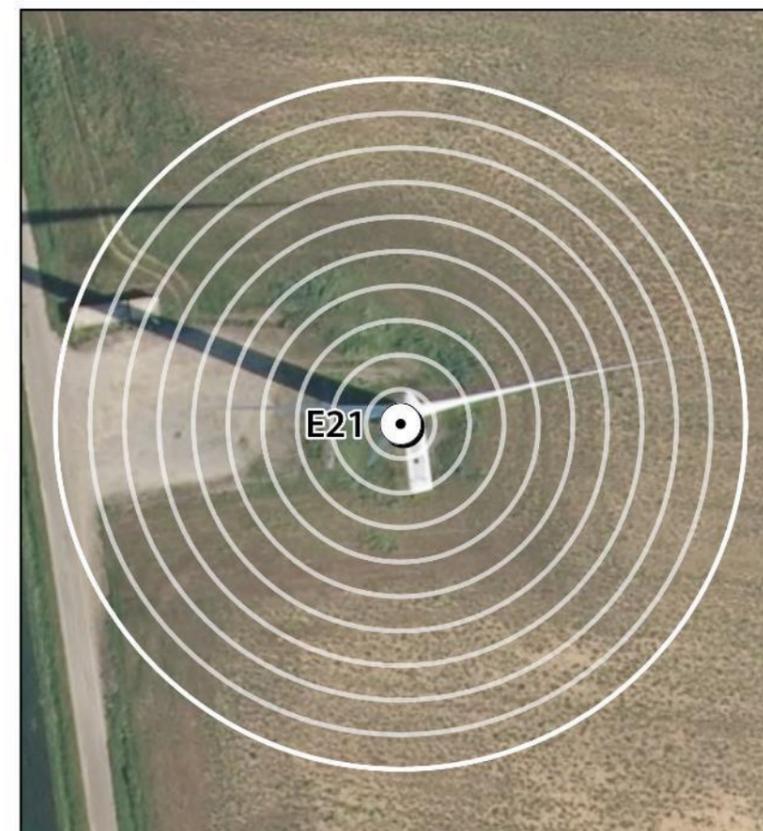
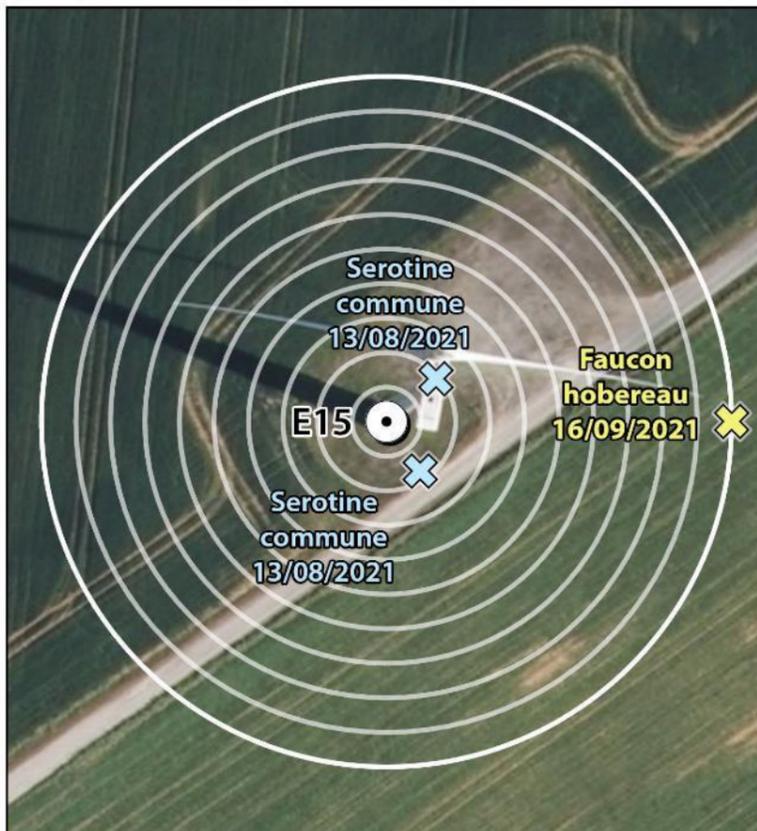
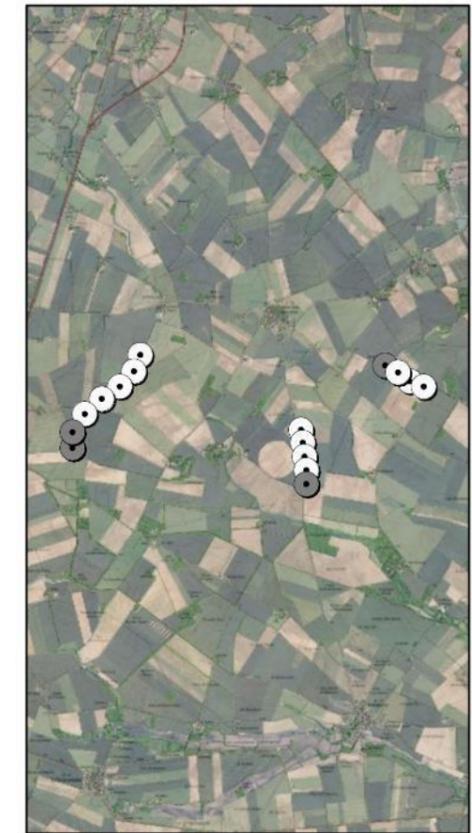
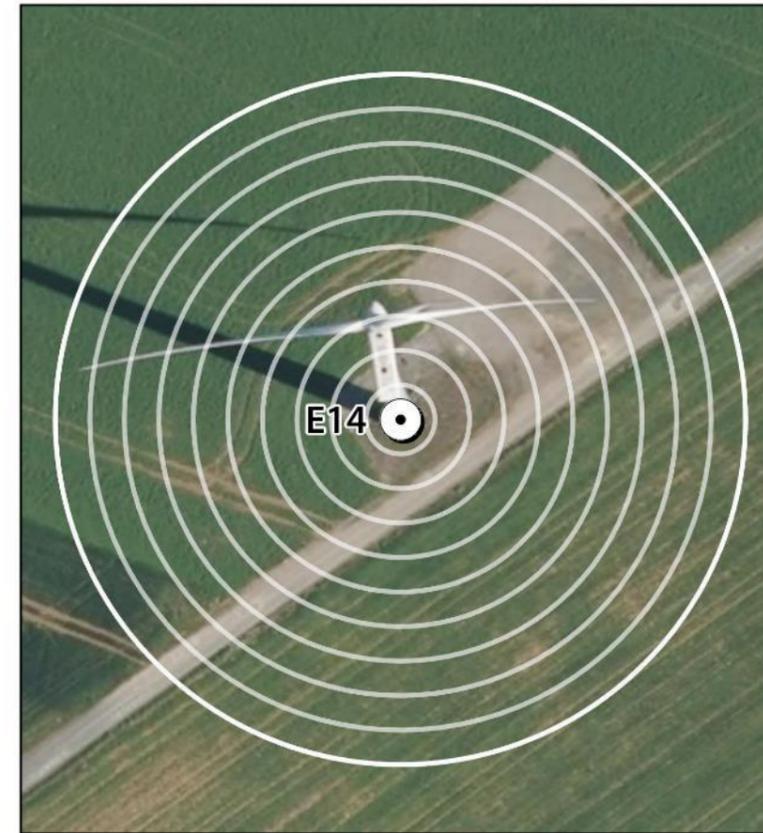
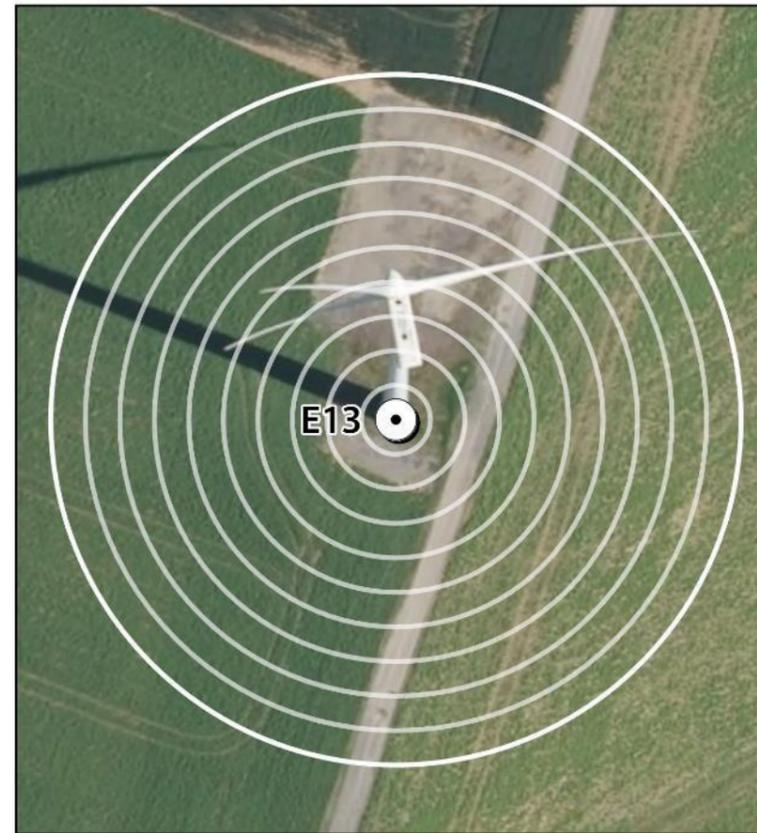


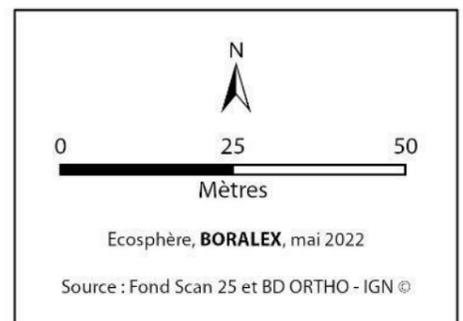
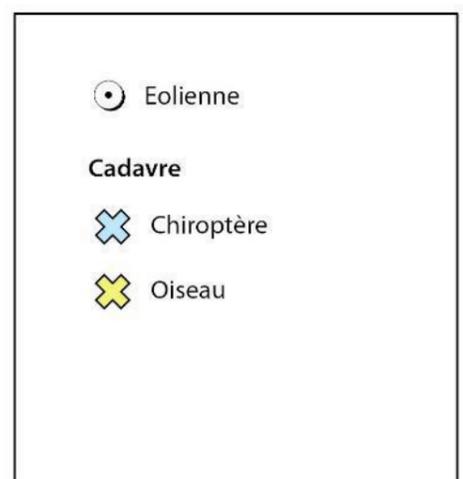
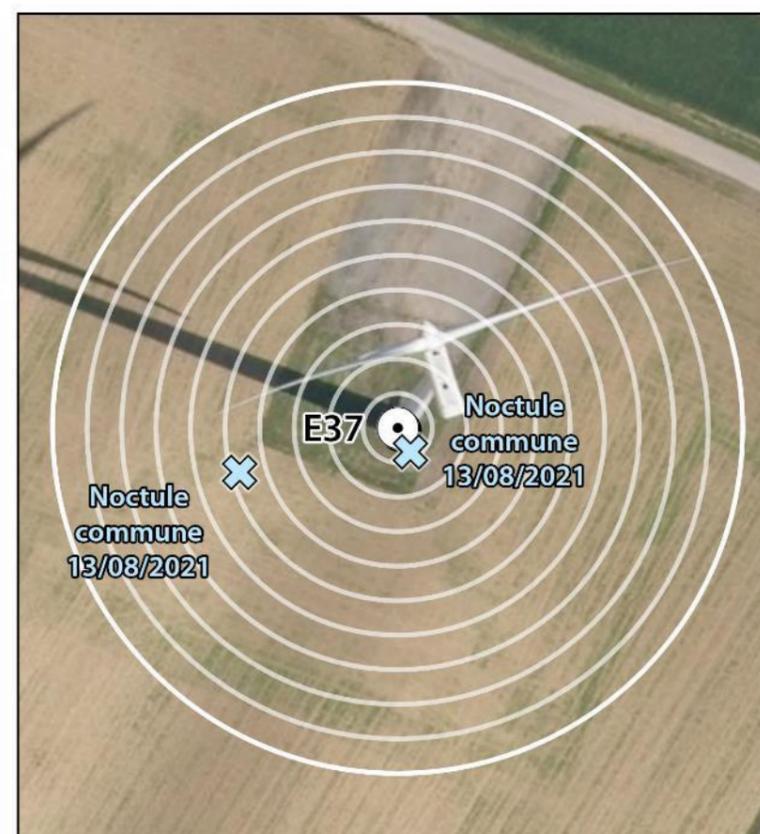
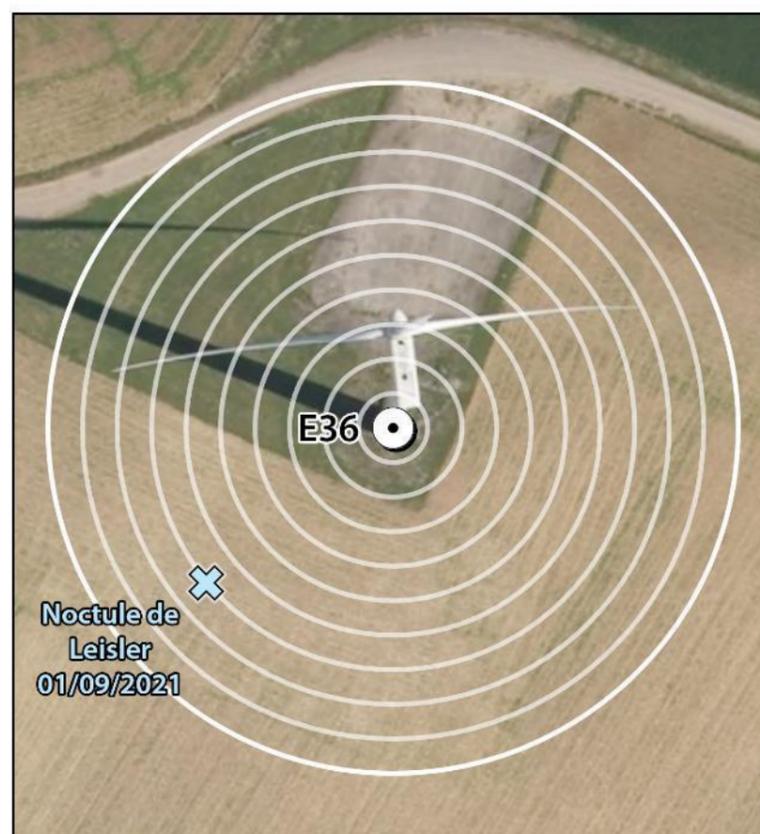
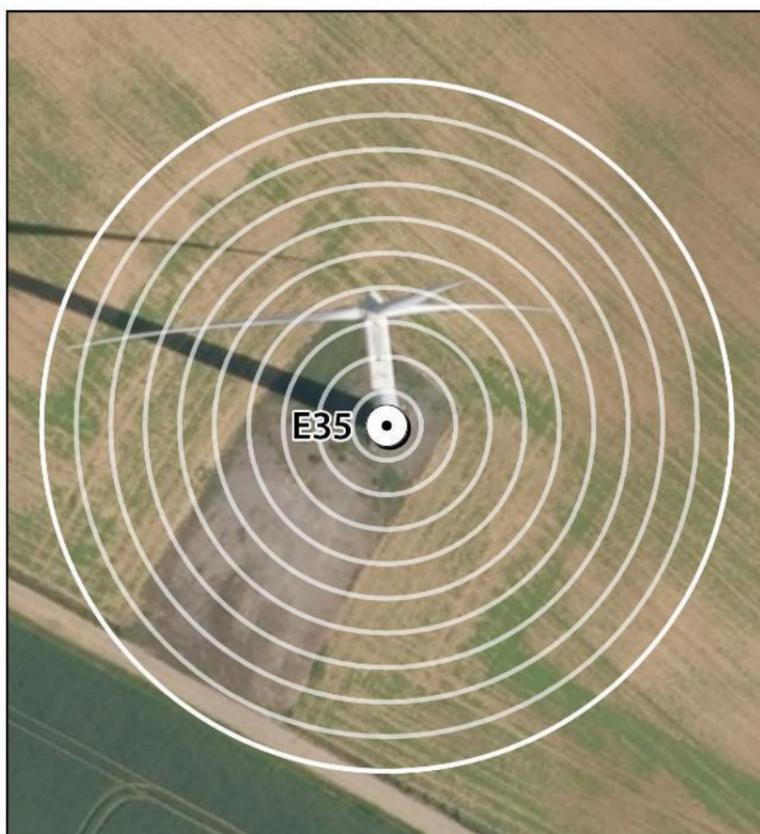
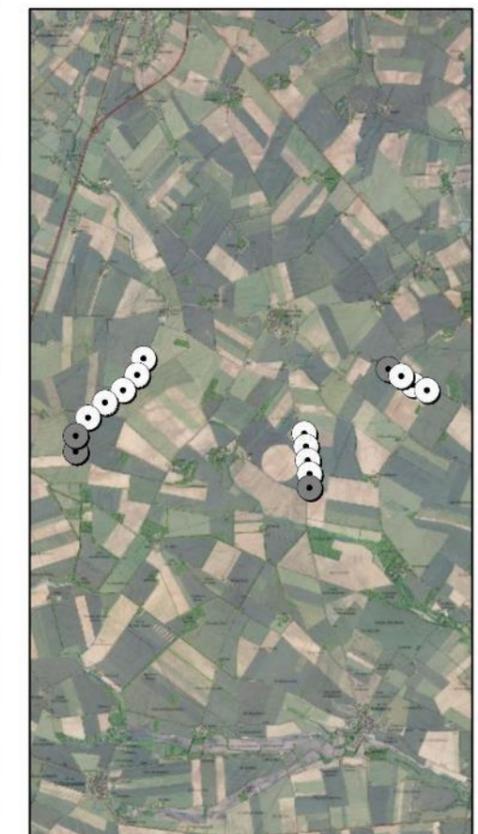
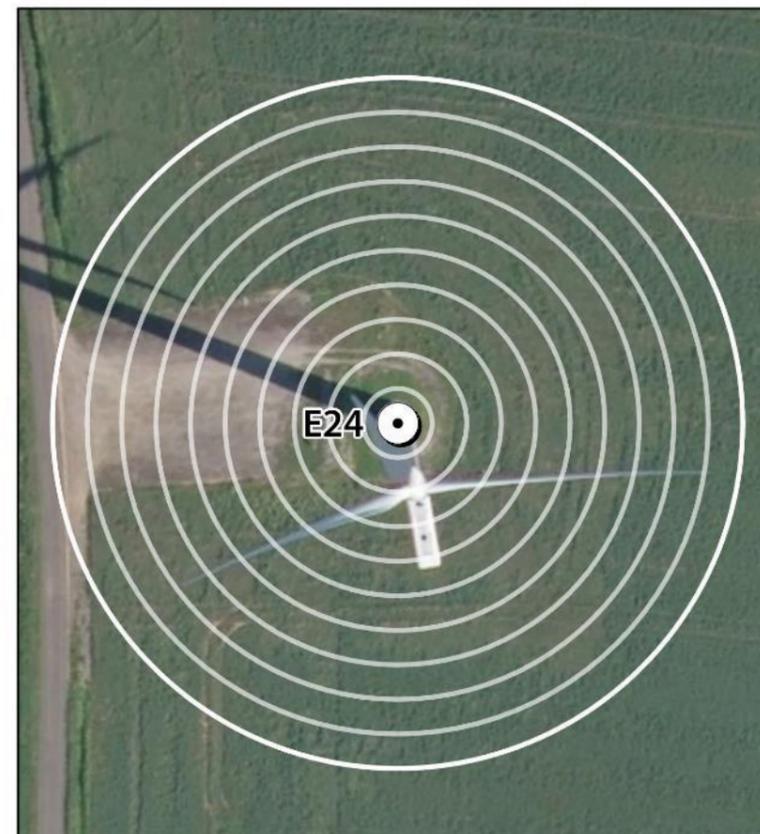
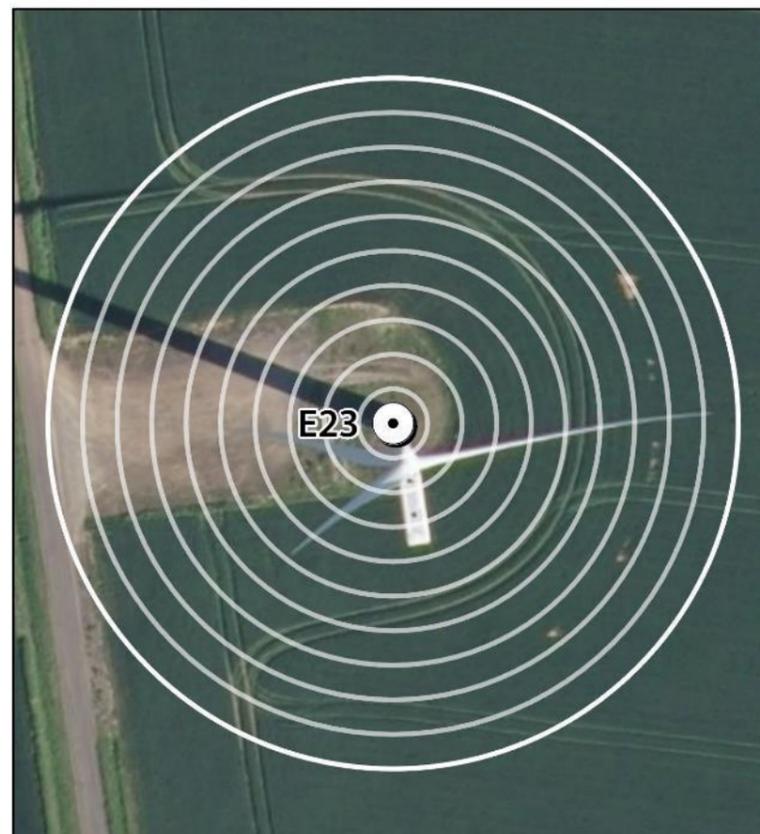
Faucon hobereau, sous E15 le 16 septembre 2021 (H. Gauche)



Noctule de Leisler, sous E36 le 01 septembre 2021 (H. Auclair, Ecosphère)







5.2 VARIABLES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE

5.2.1 PERSISTANCE DES CADAVRES (VARIABLE P)

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

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

Les résultats du test de persistance sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Taux de persistance des leurres déposés au pied des éoliennes

	J+1		J+3		J+7		J+10		J+14	
	p	Tm								
Moyenne (30 leurres)	0,50	0,8 j	0,07	1,3 j	0,07	1,6 j	0,00	1,7 j	0,00	1,7 j

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

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

Les résultats bruts des tests de persistance ont également été implémentés dans l'application GenEst, en indiquant pour chaque faux-cadavre utilisé le dernier jour d'observation et le premier jour où il a été noté disparu/prédaté. Une probabilité de persistance « r » a ensuite été modélisée à partir de modèles statistiques dits d'analyse de survie et basés sur la méthode du maximum de 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. Ces valeurs sont ensuite utilisées par l'application pour les estimations globales présentées au chapitre 5.3.2.

Probabilité de persistance r calculée avec GenEst

GenEst	Début août – début novembre		
	Médiane	[IC 10 - 90%]	
Probabilité de persistance (r)	0,41 à j+3	0,36	0,47
	0,19 à j+7	0,16	0,22

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>.

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

- Temps moyen de persistance (Tm) = 1,3 j à j+3 et 1,6 j à j+7 ;
- Taux de persistance (p) = 7 % à j+3 et j+7 ;
- Probabilité de persistance (r) = 0,41 [IC 80 % : 0,36 – 0,47] (à j+3) et 0,19 [IC 80 % : 0,16 – 0,22] (à j+7).

La persistance est faible sur la période suivie (de début août à début novembre). L'intervalle modéré entre les passages (un passage tous les 4,7 j) limite cependant les biais liés à la disparition rapide des cadavres et permet de ne pas trop augmenter le degré d'imprécision.

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

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

Dans des conditions normales de recherche, 89 leurres ont été retrouvés par les observateurs sur les 111 disposés au sein des différents types de végétation.

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

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

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

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

Niveau de visibilité	Début août – début novembre		
	Médiane	[IC 10 - 90%]	
Bonne	0,92	0,82	0,97
Moyenne	0,70	0,58	0,80
TOTAL	0,80	0,72	0,86

Il en ressort un taux d'efficacité (ou de détection) de 0,92 pour les surfaces de bonne visibilité et de 0,70 pour les surfaces de visibilité moyenne.

Le taux moyen de détection est considéré comme très bon, avec une médiane de 80 % [IC 80 % : 72 % - 86 %] de leurres découverts sur l'ensemble de la période de prospection. Classiquement, on notera que la détectabilité est moins bonne dans les surfaces de moyenne visibilité.

5.2.3 AJUSTEMENT DE LA SURFACE REELLEMENT CONTROLEE (VARIABLE A)

Bien que les surfaces de prospection soient globalement variables au cours de l'année, en particulier du fait du contexte agricole autour du parc, **tous les passages ont été réalisés après les moissons des cultures céréalières** lors du présent suivi. Ainsi, les variations de surfaces prospectables relevées sur le parc de la Vallée ne sont pas suffisamment importantes pour définir des périodes distinctes entre le début et la fin du suivi.

Le tableau ci-dessous synthétise ces résultats par éolienne.

Surface moyenne prospectée (%) par éolienne en 2021

Éolienne	Moyenne sur l'ensemble du suivi :
E12	86 %
E13	70 %
E14	81 %
E15	100 %
E16	74 %
E21	74 %
E22	68 %
E23	100 %
E24	68 %
E35	100 %
E36	100 %
E37	100 %
Moyenne sur l'ensemble du parc :	85 %

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 **85 %**. C'est cette surface moyennée à l'ensemble du parc, pour l'ensemble de la période suivie, qui est renseignée dans l'application EolApp. L'application GenEst, quant à elle, différencie la surface moyenne prospectée pour chaque éolienne.

La surface de prospection sur l'ensemble du parc est élevée. Elle est assez homogène entre les éoliennes et toujours globalement élevée, avec 68 à 100 % de surface prospectée par éolienne. Toutes les éoliennes ont une surface moyenne prospectée nettement supérieure à 40 %, ce qui autorise des estimations statistiques robustes (Behr et al., 2011).

5.2.4 FAISABILITE DES ESTIMATIONS DE LA MORTALITE

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

et avec des méthodologies proches) et vis-à-vis des conséquences des potentiels biais des variables calculées.

Le nombre brut de cadavres est tout d'abord analysé, indépendamment de la représentativité des surfaces échantillonnées et de la persistance locale. Le nombre de cadavres détectés sur le parc de la Vallée, bien que peu conséquent, est suffisamment important pour lancer des estimations, avec de plus grandes incertitudes pour les résultats séparant en plus le type de cadavre (oiseau/chauve-souris).

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

S'agissant de **la persistance**, le test a été effectué de façon standardisée. L'échantillon de cadavres posés est suffisamment grand pour considérer que les tests sont représentatifs. Différents types de leurres ont été posés (souris et rats) pour intégrer une différence de persistance entre des cadavres de taille différente. L'intégration de la persistance locale mesurée d'après ces leurres dans les applications permettra de corriger avec fiabilité les différentes estimations par groupe impacté. Il est à noter qu'au niveau du parc de la Vallée, la persistance est faible, ce qui génère des incertitudes dans les estimations.

Enfin, s'agissant des **surfaces prospectées**, les biais sont limités. La surface de prospection moyenne est de 85 %, ce qui est très bon et permet des estimations suffisamment robustes. L'ensemble des éoliennes suivies présente une surface prospectée importante. Les interprétations faisant suite aux estimations prennent compte de ces biais, peu nombreux.

En conséquence de tous ces éléments, des estimations statistiques ont été poursuivies en scindant les estimations oiseaux de celles des chiroptères sur la période de suivi.

5.2.5 CORRECTIF LIE A LA PERIODE D'ETUDE

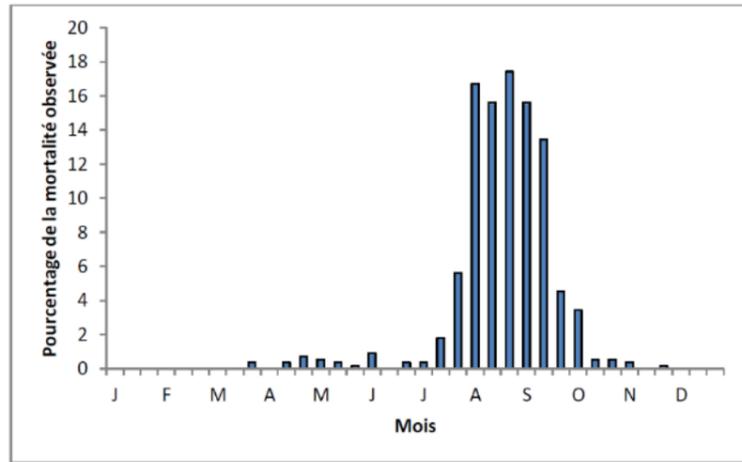
Les estimations de la mortalité ont été réalisées sur la base des **20 passages compris entre le 04/08 et le 02/11/2021 pour l'ensemble des éoliennes**. Cette période correspond principalement à la migration postnuptiale des chauves-souris et des oiseaux. Toutefois, des cas de mortalité se produisent également en dehors de cette période.

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 et al., 2013	73 % entre le 15 juillet et le 31 octobre
Cornut & Vincent, 2010	80 à 83 % entre le 15 juillet et le 31 octobre
Biotope, 2011	83 % entre le 1er août et le 31 octobre
Dulac, 2008	91 % entre le 1er juillet et le 31 octobre
Rydell et al., 2010	90 % entre fin juillet et début octobre

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

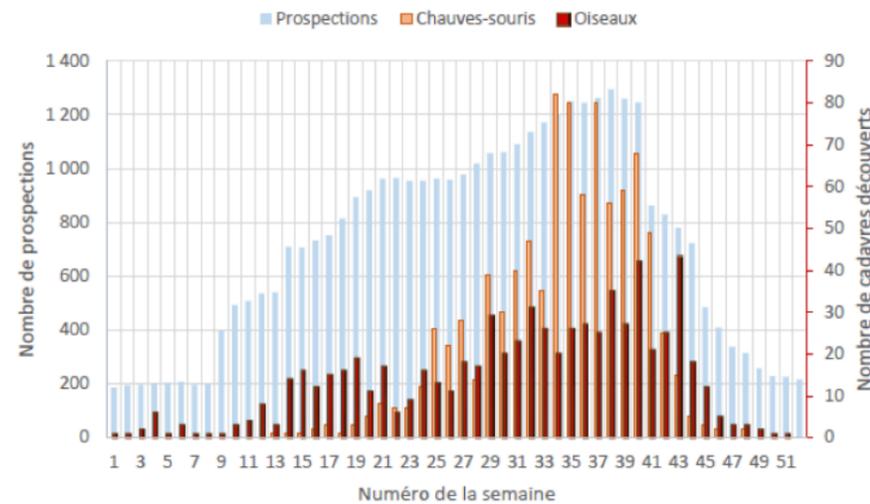


Répartition temporelle des cadavres de chauves-souris récoltés (données Dürr, 2007, in Jones & al., 2009 ; graphique Heitz & Jung, 2017)

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

Semaine de découverte des cadavres

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



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

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

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

Pourcentage de mortalité (toutes espèces)	Chiroptères		Oiseaux	
Mi-mai à juillet (semaines 20 à 30) => période de reproduction	20 %	Pas de données entre mi-mai et juillet	25 %	Pas de données entre mi-mai et juillet
Août à octobre (semaines 31 à 43) => migration postnuptiale, mouvements locaux	75 %	6 cadavres, soit 100 %	50 %	3 cadavres, soit 100 %
Reste de l'année	5 %	Pas de données entre novembre et mi-mai	25 %	Pas de données entre novembre et mi-mai

Ainsi, sur la base des données bibliographiques et des résultats recueillis en 2021, **il apparaît que le suivi sur le parc de la Vallée couvre le pic de mortalité classiquement constaté lors de la migration postnuptiale au niveau des parcs éoliens.**

Le suivi couvre une période correspondant théoriquement à :

- 75 % de la mortalité des chiroptères ;
- 50 % 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 concernée par la vérification de l'efficacité du bridage). Aucune extrapolation de la mortalité estimée ne peut être réalisée sur la période non suivie.**

5.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE

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

La mortalité a également été estimée à partir de l'application **GenEst**, nouvelle méthode développée par une équipe internationale (Huso & Dalthorp (USGS) et Korner-Nievergelt (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	Lizeray
Période du suivi	Début août - début novembre 2021
Nombre d'éoliennes suivies	12
C (nombre de cadavres brut découverts sous les éoliennes dans un rayon de 50 m)	9
d (taux de détection moyen)	0,80
p (taux de persistance durant l'intervalle)	0,07
Tm (durée moyenne de persistance durant l'intervalle)	1,3 jours (à j+3) 1,6 jours (à j+7)
r (probabilité de persistance durant l'intervalle)	0,41 [IC 80 % : 0,36 – 0,47] (à j+3)
	0,19 [IC 80 % : 0,16 – 0,22] (à j+7)
I (intervalle moyen entre 2 visites)	4,7 jours
n (nombre de passage)	20
Sk (surface prospectée moyenne)	85 %

Le modèle de Jones donne une valeur médiane de la mortalité d'environ **94 chiroptères [IC 80 % : 6 - 489] et 62 oiseaux [IC 80 % : 14 - 334] impactés sur l'ensemble du suivi au niveau des 12 éoliennes prospectées** (début août à début novembre, sur 20 passages), **avec une médiane totale de 150 cadavres [IC 80 % : 32 - 585]**.

Les intervalles de confiance obtenus pour Jones et Huso attestent d'une importante imprécision de l'estimation statistique. Cela sous-entend que ces valeurs estimées sont à prendre avec de fortes précautions. Par ailleurs, les médianes semblent hautes, tout particulièrement avec le modèle de Jones. Les biais induit dans les estimations (l'absence d'intégration des différences de surfaces prospectées entre les éoliennes étant le principal) conduisent à des estimations peu précises et probablement surestimées 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 la Vallée (**12 éoliennes suivies sur les 16 que comporte le parc, du 4 août au 2 novembre 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.

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 la Vallée (12 éoliennes suivies sur les 16 que comporte le parc, du 4 août au 2 novembre 2021). La distinction par groupe impacté a également été réalisée.

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

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

Estimation avec EolApp (tests non paramétriques ¹⁵)	Mortalité brute	Erickson		Huso			Jones		
		Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]		
Chauves-souris	6	42,2	6,0 116,5	48,8	6,0 182,8	93,9	6,0 488,6		
Oiseaux	3	22,5	7,5 49,6	27,1	8,2 84,6	61,6	14,3 334,0		
TOTAL	9	63,7	15,9 159,9	75,7	18,0 258,2	149,8	32,2 585,1		

Le modèle d'Huso donne une valeur médiane de la mortalité d'environ **49 chiroptères [IC 80 % : 6 - 183] et 27 oiseaux [IC 80 % : 8 - 85] impactés sur l'ensemble du suivi au niveau des 12 éoliennes prospectées** (début août à début novembre, sur 20 passages), **avec une médiane totale de 76 cadavres [IC 80 % : 18 - 258]**.

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	Mortalité brute	Médiane	[IC 10 - 90%]	
Chiroptères	6	23,5	12,9	37,8
Oiseaux	3	16,5	5,8	30,2
Total	9	40,9	25,1	61,0

Chacun des résultats correspond à des analyses statistiques indépendantes réalisées par catégories (par groupe d'espèces ou avec la totalité des cadavres). C'est pourquoi les résultats pouvant correspondre à des totaux ne s'additionnent pas.

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.

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

	Mortalité brute	Médiane	[IC 10 - 90%]	
E12	1	3,9	1,0	9,1
E13	0	NE	NE	NE
E14	0	NE	NE	NE
E15	3	13,1	4,0	25,5
E16	2	10,1	2,0	20,0
E21	0	NE	NE	NE
E22	0	NE	NE	NE
E23	0	NE	NE	NE
E24	0	NE	NE	NE
E35	0	NE	NE	NE
E36	1	5,3	1,0	12,8
E37	2	8,0	3,1	15,8

NE = Non estimé

Résultats des estimations de la mortalité réelle par alignement et par groupe obtenus avec GenEst

	Groupe	Mortalité brute	Médiane	[IC 10 - 90%]	
Alignement ouest (E12-E16)	Chiroptères	3	10,9	3,7	19,2
	Oiseaux	3	16,2	5,4	29,8
	Total	6	27,2	14,8	44,2
Alignement central (E21-E24)	Chiroptères	0	NE	NE	NE
	Oiseaux				
	Total				
Alignement est (E35-E37)	Chiroptères	3	13,0	4,3	23,6
	Oiseaux	0	NE	NE	NE
	Total	3	13,0	4,3	23,6

NE = Non estimé

Les résultats obtenus présentent des intervalles de confiance assez resserrés validant leur fiabilité. Les estimations sont globalement fiables :

- **Chiroptères** : mortalité estimée de **24 chauves-souris [IC 80 % : 13 - 38]** entre début août et début novembre au niveau des 12 éoliennes suivies ; la surface de prospection est élevée pour toutes les éoliennes (cette surface est comprise entre 68 % pour E22 et E24 et 100 % pour E15, E23, E35, E36 et E37), ce qui permet des estimations robustes (taux de prospection supérieur à 40 %). En outre, l'efficacité des observateurs est bonne (80 % de détectabilité), ce qui génère peu d'incertitudes. Seul le taux de persistance des cadavres entraîne un biais notable dans les estimations, car il est faible sur le parc de la Vallée ;
 - Faibles biais, **estimations fiables** présentant en particulier un intervalle de confiance resserré ;
- **Oiseaux** : mortalité estimée de **17 oiseaux [IC 80 % : 6 - 30]** entre début août et début novembre au niveau des 12 éoliennes suivies ; comme pour les chiroptères, la surface de prospection et l'efficacité des observateurs sont bonnes et permettent des estimations présentant peu d'incertitudes, celles-ci étant générées principalement par la persistance faible ;
 - Faibles biais, **estimations robustes** avec un faible intervalle de confiance ;
- **Mortalité globale** : mortalité estimée de **41 cadavres [IC 80 % : 25 - 61]** entre début août et début novembre ; la surface de prospection importante et le taux d'efficacité élevé des observateurs engendrent des biais globalement légers, surtout induits par la persistance réduite des cadavres ;

➢ Légers biais surtout liés à la persistance des cadavres. **Les estimations peuvent être considérées comme fiables, avec notamment un intervalle de confiance resserré.**

- **Estimations par éolienne** : la valeur médiane de mortalité par éolienne est comprise entre **4 et 13 cadavres** entre début août et début novembre, pour les éoliennes au niveau desquelles de la mortalité a été constatée. Ces valeurs sont données à titre informatif mais présentent des biais statistiques. En effet, les estimations obtenues par éolienne sont évaluées sur la base d'un ou deux cadavres, ce qui constitue un très faible échantillon statistique, ne permettant pas de modéliser de manière robuste la mortalité par éolienne. Par ailleurs, il est impossible d'obtenir des estimations de mortalité pour les éoliennes au niveau desquelles aucun cadavre n'a été trouvé, même si la mortalité au niveau de ces éoliennes peut être considérée comme faible à négligeable. Seule la mortalité sous E15, estimée à partir de trois cadavres, est fiable statistiquement (et même dans le cas de cette éolienne, l'intervalle de confiance est large). Les biais évoqués précédemment s'appliquent également aux évaluations par éolienne (surface de prospection importante, bon taux d'efficacité, faible persistance).

➢ Biais notables, surtout liés aux très faibles échantillons statistiques (faible nombre de cadavres par éolienne). **Les estimations par éolienne sont peu fiables et sont présentées à titre informatif.**

- **Estimations par alignement** : mortalité estimée de 11 chauves-souris [IC 80 % : 4 – 19] et 16 oiseaux [IC 80 % : 5 – 30] pour l'alignement ouest (éoliennes E12, E13, E14, E15 et E16) et de 13 chauves-souris [IC 80 % : 4 – 24] pour l'alignement est (éoliennes E35, E36 et E37), entre début août et début novembre. Ces estimations statistiques peuvent être considérées comme fiables. Ainsi, contrairement aux estimations par éolienne, les évaluations de la mortalité à l'échelle des trois alignements du parc de la Vallée se basent sur un nombre suffisant de cadavres, même si l'échantillon statistique demeure faible et induit de légers biais. Le principal autre biais de ces estimations est la persistance faible des cadavres, tandis que les surfaces prospectées et l'efficacité des observateurs génèrent peu d'incertitudes. Il est à noter qu'aucune estimation n'a pu être effectuée pour l'alignement central car aucun cadavre n'a été trouvé à ce niveau pendant le suivi de mortalité. La mortalité n'a pas non plus été estimée pour les oiseaux sur l'alignement est, pour les mêmes raisons.

➢ Faibles biais, **estimations fiables** présentant des intervalles de confiance resserrés.

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 éolienne, par alignement et par groupe sur l'ensemble des paramètres).

Pour les 12 éoliennes prospectées sur le parc de la Vallée et au cours du suivi de 2021, les estimations de la mortalité réelle avec GenEst donnent une valeur médiane de la mortalité d'environ **24 chiroptères [IC 80 % : 13 - 38] et 17 oiseaux [IC 80 % : 6 – 30]**. Les estimations concernant la période suivie (début août – début novembre) sont fiables statistiquement et présentent peu d'incertitudes. **La mortalité est comprise entre 4 et 13 cadavres par éolienne**, chauves-souris et oiseaux confondus, pour les éoliennes ayant généré une mortalité avérée sur le parc de la Vallée en 2021 (E12, E15, E16, E36 et E37). Toutefois, les estimations par éolienne sont peu fiables statistiquement. La mortalité estimée par alignement est de **11 chauves-souris [IC 80 % : 4 – 19] et 16 oiseaux [IC 80 % : 5 – 30] pour l'alignement ouest** (éoliennes E12, E13, E14, E15 et E16) et de **13 chauves-souris [IC 80 % : 4 – 24] pour l'alignement est** (éoliennes E35, E36 et E37). Ces estimations sont robustes et présentent peu de biais. Toutefois, il est important de noter qu'un quart des éoliennes du parc de la Vallée n'a pas été suivi en 2021. La mortalité par alignement est donc supérieure aux valeurs des estimations, car ces dernières ne concernent que les éoliennes suivies.

5.4 CONCLUSION DU SUIVI DE LA MORTALITE

Ce troisième suivi réalisé sur le parc de la Vallée a fait l'objet de **20 passages répartis entre le 4 août et le 2 novembre 2021**, avec un **intervalle moyen entre les passages de 4,7 jours**. Ces passages ont été réalisés sur la période de migration postnuptiale des oiseaux et des chauves-souris, période durant laquelle des mesures de réduction des impacts devaient être vérifiées. **12 des 16 éoliennes** du parc ont été suivies selon le protocole national (2018). Les recherches ont été réalisées dans un **rayon de 50 m** autour du mât. La **surface moyenne de prospection est de 85 % sur l'intégralité du suivi**. Les tests de détection réalisés montrent une **détectabilité moyenne de 80 %**. Les tests de persistance réalisés à partir de 30 leurres montrent un **taux de persistance de 7 %** durant l'intervalle (7 j).

9 cadavres ont été découverts, parmi lesquels :

- **3 oiseaux d'espèces différentes** : 1 Buse variable [locale ou migratrice], 1 Faucon crécerelle [local ou migrateur] et 1 Faucon hobereau [migrateur] ;
- **6 chiroptères appartenant à 3 espèces** : 3 Noctules communes [migratrices probables], 2 Sérotines communes [locales] et 1 Noctule de Leisler [migratrice].

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

Ils ont également été analysés à partir de l'application GenEst, développée par Huso & Dalthorp (USGS). Les résultats obtenus avec cette seconde méthode ont été conservés car elle permet un ajustement plus fin aux conditions réelles de suivi. Ainsi, l'estimation de la mortalité réelle aboutit à des valeurs médianes de la mortalité d'environ **24 chiroptères [IC 80 % : 13 - 38] et 17 oiseaux [IC 80 % : 6 – 30] sur l'ensemble du suivi** (début août – début novembre) **au niveau des 12 éoliennes étudiées**. Les estimations obtenues présentent peu de biais et peuvent être considérées comme fiables. **L'ensemble de la mortalité constatée sur le parc de la Vallée en 2021 a eu lieu entre début août et mi-septembre**, autant pour les oiseaux que pour les chauves-souris. Les individus impactés sont majoritairement migrants.



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, par exemple le Faucon crécerelle, la Buse variable ou le Busard Saint-Martin. Les cas de mortalité constatés cette année sur le parc de la Vallée ont concerné exclusivement des rapaces. Aucun passereau n'a été trouvé sous les éoliennes en 2021.

Les tableaux ci-dessous présentent le niveau d'impact avéré du parc de la Vallée 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, 2022)	Portée de l'impact	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce
Buse variable <i>Buteo buteo</i>	LC	LC	NA	LC	Moyenne (957 cas en Europe, dont 115 en France)	Faible 1 cadavre (E16, 04/08/21) [Migratrice ou locale]	Faible	Faible	Négligeable
Faucon crécerelle <i>Falco tinnunculus</i>	LC	NT	NA	LC	Assez forte (673 cas en Europe, dont 160 en France)	Faible 1 cadavre (E16, 13/08/21) [Migrateur ou local]	Moyenne	Faible	Négligeable
Faucon hobereau <i>Falco subbuteo</i>	LC	LC	NA	NT	Moyenne (33 cas en Europe, dont 7 en France)	Faible 1 cadavre (E15, 16/09/21) [Migrateur]	Faible	Faible	Négligeable

Bien que le niveau d'impact constaté par la mortalité soit négligeable, toutes ces espèces sont protégées à l'échelle nationale en vertu de l'arrêté du 29 octobre 2009 (publié au J.O. du 5 décembre 2009) modifiant celui du 3 mai 2007, lui-même issu de l'arrêté du 17 avril 1981. Cette protection concerne les individus ainsi que les sites de reproduction et de repos des espèces.

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

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

	Mortalité brute - 2021	Mortalité estimée avec GenEst - 2021	Niveau d'impact par mois		
			Alignement ouest	Alignement central	Alignement est
Août	1 Buse variable 1 Faucon crécerelle	Total : 16,5 oiseaux [IC 80 % : 5,8 - 30,2] Alignement ouest (E12-E16) : 16,2 oiseaux [IC 80 % : 5,4 - 29,8]	Faible	Négligeable	Négligeable
Septembre	1 Faucon hobereau		Négligeable	Négligeable	Négligeable
Octobre	RAS		Négligeable	Négligeable	Négligeable
Novembre	RAS (un seul passage réalisé)		Négligeable	Négligeable	Négligeable

6.2 CHAUVES-SOURIS

6 cadavres de chauves-souris ont été retrouvés au cours des 20 passages réalisés de début août à début novembre 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

	LRE	LRN	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
				Sensibilité à l'impact (maximum entre Dürr, juin 22 et Eurobats, juin 18)	Portée de l'impact	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	LC	VU	NT	Forte (1 616 cas en Europe, dont 147 en France)	Moyenne ----- 3 cadavres (E12, 13/08/21 ; 2*E37, 13/08/21) ----- Activité nacelle <u>Août</u> : 2 nuits de forte activité, 3 nuits d'intense activité et 3 nuits d'activité exceptionnelle. <u>Septembre</u> : 2 nuits de forte activité et 1 nuit d'activité exceptionnelle. ----- [Migratrices probables]	Assez forte	Assez fort	Moyen
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	LC	NT	NT	Forte (755 cas en Europe, dont 186 en France)	Faible ----- 1 cadavre (E36, 01/09/21) ----- Activité nacelle <u>Juin</u> : 2 nuits de forte activité et 1 nuit d'intense activité. <u>Août</u> : 2 nuits de forte activité et 2 nuits d'intense activité. <u>Septembre</u> : 2 nuits d'intense activité. ----- [Migratrice]	Moyenne	Moyen	Faible

	LRE	LRN	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
				Sensibilité à l'impact (maximum entre Dür, juin 22 et Eurobats, juin 18)	Portée de l'impact	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	LC	NT	LC	Moyenne (130 cas en Europe, dont 38 en France)	Faible ----- 2 cadavres (2*E15, 13/08/21) -----	Faible	Faible	Négligeable
					Activité nacelle Septembre : 2 nuits de forte activité (sérotules) ----- [Locales]			

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

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

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

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

	Activité à hauteur de nacelle - 2021	Mortalité brute - 2021	Mortalité estimée avec GenEst par sous-périodes (algorithme de bridage en place différents) et périodes - 2021	Niveau d'impact par mois		
				Alignement ouest	Alignement central	Alignement est
Août	Activité modérée avec une moyenne de 12,7 contacts/nuit. 10 nuits avec Q>75%. 236 contacts de Noctules communes et 142 contacts de Noctules de Leisler.	3 Noctules communes 2 Sérotines communes	Total : 23,5 chiroptères [IC 80 % : 12,9 – 37,8] Alignement ouest (E12 – E16) : 10,9 chiroptères [IC 80 % : 3,7 - 19,2] Alignement est (E35 – E37) : 13,0 chiroptères [IC 80 % : 4,3 - 23,6]	Moyen	Négligeable	Moyen
Septembre	Activité assez élevée avec une moyenne de 15,5 contacts/nuit. 4 nuits avec Q>75%. 114 contacts de Noctules communes et 124 contacts de Noctules de Leisler. <i>Suivi interrompu à partir du 19/09/2021</i>	1 Noctule de Leisler		Moyen	Négligeable	Moyen
Octobre	<i>Suivi interrompu à partir du 19/09/2021</i>	RAS		Négligeable	Négligeable	Négligeable
Novembre	<i>Suivi interrompu à partir du 19/09/2021</i>	RAS (un seul passage réalisé)		Négligeable	Négligeable	Négligeable

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

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

Pour rappel, les estimations de mortalité obtenues en 2019 avec GenEst donnaient une valeur médiane de la mortalité d'environ **11 oiseaux [IC 80 % : 2 – 23] en période 1** (mi-mai à fin juillet) et **55 chauves-souris [IC 80 % : 20 – 240] et 31 oiseaux [IC 80 % : 20 – 45] en période 2** (début août à fin octobre).

Il est à noter que les suivis de mortalité ont différés sur plusieurs éléments entre 2019 et 2021. En effet, le suivi de 2019 a été réalisé selon le protocole expérimental « Roads & Pads », le rayon de 50 m autour des éoliennes n'a donc pas été prospecté en totalité lors du précédent suivi. En revanche, l'ensemble des 16 éoliennes du parc a été étudié en 2019, alors que seulement 12 éoliennes ont été suivies en 2021. Toutefois, la période du suivi de 2021 correspond à la période 2 déterminée pour les estimations en 2019, la mortalité évaluée sur GenEst demeure donc comparable entre ces deux années.

Ainsi, la mortalité évaluée à partir de GenEst en 2021 donne une valeur médiane de la mortalité d'environ **24 chiroptères [IC 80 % : 13 - 38] et 17 oiseaux [IC 80 % : 6 – 30]**. La mortalité globale évaluée sur le parc est ainsi moindre en 2021, mais elle demeure conséquente (le biais lié à la différence de protocole employé entre 2019 et 2021 doit par ailleurs être considéré).

De la même manière, les résultats bruts obtenus sont différents entre ces deux suivis. En 2019, 8 oiseaux et 4 chiroptères ont été trouvés sur le parc entre août et octobre 2019. Ainsi, le nombre brut de cadavres d'oiseaux a diminué en 2021 (3 cadavres) mais le nombre de chiroptères trouvés sous les éoliennes a augmenté (6 cadavres en 2021). Cette augmentation du nombre brut de cadavre de chiroptères peut notamment être expliquée par le fait que seules les surfaces de bonne et très bonne visibilité ont été prospectées en 2019, limitant *de facto* la découverte de cadavres en dehors des plateformes.

La répartition temporelle de la mortalité est comparable pour les chauves-souris entre les suivis de 2019 et de 2021 (3 des 4 cadavres de chauves-souris ont été trouvés avant la mi-septembre en 2019), **elle est en revanche différente pour les oiseaux**, 7 des 8 cadavres ayant été détectés entre fin septembre et fin octobre en 2019.

L'impact des alignements d'éoliennes est également différent entre les suivis de 2019 et de 2021. En effet, des cadavres ont été détectés sur les trois alignements du parc de la Vallée en 2019 (5 cadavres à l'ouest, 5 cadavres au centre et 2 cadavres à l'est ont été trouvés entre août et octobre), alors qu'ils sont concentrés sur les alignements est et ouest en 2021.

La seule espèce dont la mortalité a été constatée à la fois en 2019 et en 2021 est la Noctule commune sur le parc de la Vallée. Aucun cas de mortalité de Pipistrelle de Nathusius n'a été constaté en 2021. En revanche, la Sérotine commune et la Noctule de Leisler ont été impactées en 2021, alors que ces deux espèces n'avaient pas été trouvées en 2019 (des cas de mortalité de Noctule de Leisler avaient été constatés en 2016). Pour les oiseaux, la différence entre les espèces impactées est notable. Alors que les cas de mortalité concernaient exclusivement des passereaux en 2019, seuls des rapaces ont été trouvés sous les éoliennes en 2021.

Les risques de collision pour les chiroptères et les oiseaux n'ont pas été évalués par mois en 2019. Les niveaux d'impact évalués en 2016 pour les oiseaux et les chiroptères, sur la base des activités enregistrées et de la mortalité, sont résumés dans le tableau suivant, pour information.

Évaluation du niveau d'impact pour les chiroptères, contextualisée par mois sur la base des activités enregistrées et de la mortalité en 2016

	E12 – alignement ouest	E21 – alignement central	E34 – alignement est
Juillet 2016	Activités très faibles (quasiment pas de noctules), aucun cadavre recensé => risque négligeable	Activités très faibles (quasiment pas de noctules), aucun cadavre recensé => risque négligeable	Activités très faibles, aucun cadavre recensé => risque négligeable
Août 2016	Activités moyennes pour les noctules ; 1 cadavre N. Leisler (E14) sur 4 passages => impact fort	Activités supérieures à la moyenne pour deux espèces vulnérables mais aucun cadavre recensé => risque assez fort	Activités moyennes toutes espèces ; 1 cadavre N. Leisler (E35) sur 4 passages => impact fort
Septembre 2016	Activités moyennes pour deux espèces vulnérables mais aucun cadavre recensé => risque assez fort	Activités très faibles, aucun cadavre recensé => risque négligeable	Activités très faibles (pas de noctules), aucun cadavre recensé => risque négligeable

	E12 – alignement ouest	E21 – alignement central	E34 – alignement est
Octobre 2016	Activités très faibles (quasiment pas de noctules), aucun cadavre recensé => risque négligeable	Activités très faibles, aucun cadavre recensé => risque négligeable	Activités très faibles, aucun cadavre recensé => risque négligeable

Le bridage mis en place à la suite du suivi de 2016 s'est révélé insuffisant pour réduire la mortalité des chauves-souris en période de migration (août à octobre). Ainsi, une évolution du bridage a été mise en place à la suite du suivi de 2019. Celui-ci est rappelé dans le tableau suivant.

Algorithme simplifié de bridage préconisé pour mise en application dès 2020 sur le parc de la Vallée

	Éoliennes	1 ^{er} mai au 31 juillet	1 ^{er} août au 15 septembre	15 septembre au 31 octobre
Alignement Ouest	12 à 18	3 m/s Toute la nuit T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>10°C
Alignement Central	21 à 25	3 m/s Toute la nuit T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>10°C
Alignement Est	34 à 37	3 m/s Toute la nuit T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>10°C

Sur la base des éléments obtenus, il est possible de constater que **le bridage mis en place sur le parc de la Vallée entre août et octobre à la suite du suivi de 2019 est encore insuffisant sur les mois d'août et septembre**. Le niveau d'impact pour les chauves-souris est en effet moyen au niveau des alignements est et ouest durant les mois d'août et de septembre et faible sur l'alignement central sur ces deux mois, ce qui constitue un impact significatif.



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 la Vallée 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 les différentes espèces d'oiseaux détectées et négligeable à moyen pour les chauves-souris (moyen pour la Noctule commune, faible pour la Noctule de Leisler et négligeable pour la Sérotine commune).**

Le niveau d'impact pour les oiseaux est négligeable sur l'ensemble de la période suivie en 2021 (début août à début novembre), sauf au niveau de l'alignement ouest, où le niveau d'impact est faible au mois d'août.

Pour les chauves-souris, le niveau d'impact est moyen en août et septembre pour les alignements est et ouest et faible pour l'alignement central. Il est négligeable en octobre et novembre pour l'ensemble du parc.

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



7. MESURES DE REDUCTION DES RISQUES DE COLLISION

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

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

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

7.1.1 PRINCIPE GENERAL

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

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

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

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

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

7.1.2 RENFORCEMENT DE L'ALGORITHME DE BRIDAGE NOCTURNE PRECONISE

La mortalité résiduelle constatée en 2021 est encore significative pour les chiroptères. **Les niveaux d'impact sont moyens en août pour les alignements est et ouest.**

Ainsi, le bridage est à renforcer durant cette période pour les alignements du parc générant de la mortalité. Le tableau ci-dessous détermine pour chaque mois les paramètres de bridage à établir afin de réduire les niveaux d'impact pour les chauves-souris, à partir de 2022.

L'impact résiduel défini sur la période d'août et septembre est de niveau moyen, nécessitant un taux de protection de 70 à 80 % des contacts enregistrés sur ces mois. **Dans un souci d'aller au-delà des préconisations faites par Ecosphère, Boralex a sélectionné des paramètres de bridage plus**

conservateurs vis-à-vis de l'activité chiroptérologique. Ainsi, le taux de protection est de 93 % (calculé sur l'activité enregistrée en 2021 à hauteur de nacelle, par chacun des 2 mois, sur les alignements est et ouest).

Préconisations de bridage pour réduire les risques de collision des chiroptères issues du suivi de 2021, en incluant la température à hauteur de nacelle et la durée du bridage à la suite de l'heure du coucher du soleil

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

	Éoliennes	Mai - juillet	Août	Septembre	Octobre
Alignement Ouest	12 à 18	3 m/s Toute la nuit T>13°C	6,5 m/s 7 h après le coucher T>13°C	6,5 m/s 7 h après le coucher T>10°C	6 m/s 7 h après le coucher T>10°C
Alignement Central	21 à 25	3 m/s Toute la nuit T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>10°C	6 m/s 7 h après le coucher T>10°C
Alignement Est	34 à 37	3 m/s Toute la nuit T>13°C	6,5 m/s 7 h après le coucher T>13°C	6,5 m/s 7 h après le coucher T>10°C	6 m/s 7 h après le coucher T>10°C

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.

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



8. SUIVI DE L'EFFICACITE DES MESURES

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

Or, **sur le parc de la Vallée, nous estimons qu'un prochain suivi sur l'année 2023 n'est pas nécessaire** (or suivi décennal imposé par l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011), pour les raisons suivantes :

- Le parc de la Vallée a été suivi sur 3 années, ce qui permet d'intégrer une certaine variabilité interannuelle, avec :
 - Un suivi de mortalité minimal en 2016 mais accompagné d'un suivi nacelle de juillet à octobre ;
 - Un suivi de mortalité allant nettement au-delà des préconisations nationale (39 passages) mais sans suivi en nacelle en 2019 ;
 - Un suivi de mortalité sur la période présentant un impact résiduel – début août à fin octobre – et faisant l'objet du bridage le plus important et d'un suivi en nacelle de mars à fin novembre en 2021 ;
- Un bridage proportionné aux impacts constatés et à l'activité enregistré a été défini sur l'ensemble des éoliennes et sur l'ensemble de la période d'activité des chauves-souris ;
- Lors du dernier suivi, ce bridage a été revu à la hausse pour devenir particulièrement conservateur sur les mois ayant un impact résiduel en 2021 (en allant au-delà des préconisations faites par Ecosphère) ;
- La mortalité sur les années à venir avec un bridage fonctionnel est estimée faible.





9. BIBLIOGRAPHIE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

Semaine	Date	Tâche	Intervenant	Intervalle (j)
31	04/08/2021	Suivi de mortalité	Margot JODET	
32	09/08/2021	Suivi de mortalité	Margot JODET	5
	13/08/2021	Suivi de mortalité	Margot JODET	4
33	18/08/2021	Suivi de mortalité	Margot JODET	5
34	23/08/2021	Suivi de mortalité	Margot JODET	5
	27/08/2021	Suivi de mortalité	Margot JODET	4
35	01/09/2021	Suivi de mortalité	Hugo AUCLAIR	5
36	07/09/2021	Suivi de mortalité Test de persistance (dépôt)	Hugo AUCLAIR	6
	08/09/2021	Test de persistance (J+1)	Hugo AUCLAIR	
	10/09/2021	Suivi de mortalité Test de persistance (J+3)	Hugo AUCLAIR	3
37	14/09/2021	Test de persistance (J+7)	Hugo AUCLAIR	
	16/09/2021	Suivi de mortalité Test de persistance (J+9)	Hervé GAUCHE	6
38	20/09/2021	Suivi de mortalité	Margot JODET	4
	24/09/2021	Suivi de mortalité	Margot JODET	4
39	29/09/2021	Suivi de mortalité	Margot JODET	5
40	06/10/2021	Suivi de mortalité	Hugo AUCLAIR	7
41	11/10/2021	Suivi de mortalité Test d'efficacité	Hugo AUCLAIR / Margot JODET	5
	14/10/2021	Suivi de mortalité	Hugo AUCLAIR	3
42	18/10/2021	Suivi de mortalité	Hervé GAUCHE	4
	22/10/2021	Suivi de mortalité	Hervé GAUCHE	4
43	27/10/2021	Suivi de mortalité Test d'efficacité	Hugo AUCLAIR / Hervé GAUCHE	5
44	02/11/2021	Suivi de mortalité	Hugo AUCLAIR	6

ANNEXE 2 : SURFACES PROSPECTEES PAR EOLIENNE AU COURS DU SUIVI

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

Période	Temps	Nbr de passages	E12			E13			E14			E15			E16			E21			% moyen de surface prospectée sur l'ensemble du parc :
			Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	
1	1	6	7850	0	100%	7850	0	100%	7850	0	100%	7850	0	100%	4710	3140	60%	4710	3140	60%	85%
	2	7	7850	0	100%	5495	2355	70%	7850	0	100%	7850	0	100%	4710	3140	60%	4710	3140	60%	83%
	3	7	4710	3140	60%	3532	4318	45%	3532	4318	45%	7850	0	100%	7850	0	100%	7850	0	100%	87%
		Moyenne			86%			70%			81%			100%			74%			74%	85%

Période	Temps	Nbr de passages	E22			E23			E24			E35			E36			E37			% moyen de surface prospectée sur l'ensemble du parc :
			Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	
1	1	6	3925	3925	50%	7850	0	100%	3925	3925	50%	7850	0	100%	7850	0	100%	7850	0	100%	85%
	2	7	3925	3925	50%	7850	0	100%	3925	3925	50%	7850	0	100%	7850	0	100%	7850	0	100%	83%
	3	7	7850	0	100%	7850	0	100%	7850	0	100%	7850	0	100%	7850	0	100%	7850	0	100%	87%
		Moyenne			68%			100%			68%			100%			100%			100%	85%

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

Groupe d'espèces	Nom français	Nom scientifique	Age	Sexe	Date ramassage	Commune	Dpt	Coord_X_L93	Coord_Y_L93	Distance mat	Num éolienne	Modèle	H mat	Dia pales	Nb éoliennes parc	Découvreur	Contexte paysager	Nb éoliennes suivies	Visibilité
Oiseau	Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	+1A	?	04/08/2021	Ménétreols-sous-Vatan	36	608645,9788	6656239,111	9	E16	GAMESA 90	67	90	16	Margot JODET	Openfield	12	Bonne
Chiroptère	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	+1A	F	13/08/2021	Ménétreols-sous-Vatan	36	609654,3614	6657293,167	16	E12	GAMESA 90	67	90	16	Margot JODET	Openfield	12	Bonne
Chiroptère	Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	+1A	F	13/08/2021	Ménétreols-sous-Vatan	36	608974,9338	6656499,99	7	E15	GAMESA 90	67	90	16	Margot JODET	Openfield	12	Bonne
Chiroptère	Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	+1A	M	13/08/2021	Ménétreols-sous-Vatan	36	608977,2357	6656513,329	7	E15	GAMESA 90	67	90	16	Margot JODET	Openfield	12	Bonne
Chiroptère	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	+1A	M	13/08/2021	Lizeray	36	614794,2772	6656725,853	2	E37	GAMESA 90	67	90	16	Margot JODET	Openfield	12	Bonne
Chiroptère	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	+1A	F	13/08/2021	Lizeray	36	614769,5385	6656722,892	21	E37	GAMESA 90	67	90	16	Margot JODET	Openfield	12	Moyenne
Oiseau	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	+1A	?	13/08/2021	Ménétreols-sous-Vatan	36	608641,3579	6656240,498	10	E16	GAMESA 90	67	90	16	Margot JODET	Openfield	12	Bonne
Chiroptère	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	+1A	?	01/09/2021	Lizeray	36	614514,6287	6656809,747	35	E36	GAMESA 90	67	90	16	Hugo AUCLAIR	Openfield	12	Moyenne
Oiseau	Faucon hobereau	<i>Falco subbuteo</i>	1A	?	16/09/2021	Ménétreols-sous-Vatan	36	609020,0793	6656507,131	50	E15	GAMESA 91	67	90	16	Hervé Gauche	Openfield	12	Moyenne

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

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

Exemple d'une capture d'écran.

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

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :

Browse... Cadavres_Lizeray.csv

Upload complete

Nb lignes lues = 21

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

Browse... Persistence_Lizeray.csv

Upload complete

Nombre de lignes lues = 30

Méthode de calcul des intervalles de confiance

Non-paramétrique

Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =

4,7

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =

55

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

44

Pourcentage de la surface prospectée =

0,85

CALCULER

Données en entrée

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

1, 0, 6, 0, 0, ..., 0, 0, 0, 0, 0

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

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

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	63.65	6.88	247.92	15.89	159.87
Huso	75.72	7.00	486.68	17.99	258.15
Winkelmann	161.76	14.71	727.94	42.20	485.29
Jones	149.75	11.22	881.61	32.23	585.06

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

Présentation de quelques captures d'écran.

- Résultats obtenus par groupe impacté. Résultats présentés dans les tableaux en partie 5.3.2.

General Inputs
Searcher Efficiency
Carcass Persistence
Mortality Estimation
Detection Probability

Model Inputs:

Carcass ID Column (CO)

Fraction of Facility Surveyed:

Density Weighted Proportion:

Date Found:

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

Search Schedule (SS) Variable:

Carcass Observation (CO) Variable:

Figures
Summary

Show entries Search:

	Group	X	10%	25%	50%	75%	90%
1	bat	6	12.89	17.4	23.48	30.67	37.84
2	bird	3	5.84	11.17	16.49	23.23	30.21

Showing 1 to 2 of 2 entries Previous Next



➤ Résultats obtenus par groupe impacté et par alignement d'éoliennes. Résultats présentés dans les tableaux en partie 5.3.2.

General Inputs Searcher Efficiency Carcass Persistence Mortality Estimation Detection Probability

Model Inputs:

Carcass ID Column (CO)

Fraction of Facility Surveyed:

Density Weighted Proportion:

Date Found:

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

Search Schedule (SS) Variable:

Carcass Observation (CO) Variable:

Figures Summary

Show entries

Search:

	Group	Alignement	X	10%	25%	50%	75%	90%
1	bat	1	3	3.68	7.09	10.87	14.67	19.17
2	bat	3	3	4.32	8.19	12.97	18.2	23.56
3	bird	1	3	5.4	10.31	16.18	23.13	29.81
4	bird	3	0	0	0	0	0	0

Showing 1 to 4 of 4 entries

Previous Next



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

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

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



Direction départementale
des Territoires
Service Planification Risques Eau Nature

ARRÊTÉ N° 36-2021-07-30-00003 du 30 juillet 2021

portant autorisation de récolte et de transport de cadavres de chiroptères et d'oiseaux au nom du bureau d'étude Ecosphère sur les parcs éoliens « Les Champs d'Amour » et « La Vallée »

LE PRÉFET DE L'INDRE,

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

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

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

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

Vu l'arrêté ministériel du 19 février 2007 modifié fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées ;

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

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

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

Vu l'arrêté n°36-2021-06-28-00005 du 28 juin 2021 portant autorisation de récolte et de transport de cadavres de chiroptères et d'oiseaux au nom du bureau d'étude Ecosphère sur le parc éolien « Les Champs d'Amour »

Vu la demande dérogatoire reçue en date du 16 avril 2021 et du 26 juillet 2021 sollicitée par le bureau d'étude Ecosphère ;

Vu l'avis favorable de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Centre - Val de Loire (DREAL Centre - Val de Loire) reçue en date du 4 juin 2021 et du 26 juillet 2021 ;

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

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

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

ARRÊTÉ :

ARTICLE 1 : Identité des bénéficiaires

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

ARTICLE 2 : Espèces objets de la dérogation

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

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

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

ARTICLE 3 : Finalité de la dérogation

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

ARTICLE 4 : Mode de capture

La récolte s'effectuera manuellement.

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

ARTICLE 5 : Protocoles utilisés

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

ARTICLE 6 : Modalités de transport

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

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

ARTICLE 7 : Durée de la dérogation et territoires concernés

L'autorisation est accordée à compter de la date du présent arrêté et jusqu'au 31 décembre 2021 sur le parc éolien « les Champs d'amour » situé sur les communes de Meunet-sur-Vatan et de Reboursin ainsi que sur celui de « La Vallée » sise sur les communes de Lizeray et de Ménétréols-sous-Vatan

ARTICLE 8 : Compte-rendu des opérations

Un compte rendu des opérations sera adressé annuellement à :

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

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

ARTICLE 9 : Contrôle

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

ARTICLE 10 : Sanctions

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

ARTICLE 11 : Abrogation

L'arrêté n°36-2021-06-28-00005 du 28 juin 2021 portant autorisation de récolte et de transport de cadavres de chiroptères et d'oiseaux au nom du bureau d'étude Ecosphère sur le parc éolien « Les Champs d'Amour » est abrogé.

ARTICLE 12 : Recours

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

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

Dans ces deux cas, le silence de l'administration vaut rejet implicite au terme d'un délai de deux mois. Après un recours gracieux ou hiérarchique, le délai du recours contentieux ne court qu'à compter du rejet explicite ou implicite de l'un de ces premiers recours.

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

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

ARTICLE 13 : Application

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

Le Chef de Cabinet,

Christophe BRISSON