



Parc éolien de Keranfouler (22)

Suivi post-implantation 2022

TBM environnement (agence Ouest d'ÉCOSPHERE)
2 Rue de Suède - 56400 Auray

03/05/2023

INFORMATIONS & CONTACTS •••

Parc éolien de Keranfouler (22) Suivi post-implantation 2022

Étude réalisée pour : EDP Renewables

 25 Quai Panhard et Levassor 75013 PARIS

Contact client :

 Solène Dehillerin

 Solene.dehillerin@edpr.com

Étude réalisée par : TBM Environnement (agence Ouest d'ÉCOSPHERE)

 2 Rue de Suède - 56400 Auray

 02 97 56 12 90

Coordination

Michaël ROCHE
Chargé de projets faune

Suivi de mortalité / ornithologique / chiroptère

Guillaume LE GUEN, Michaël ROCHE,
Valentin GUIHO, Jean COURTIN, Quentin LE
BAYON, Alexis CRAMPON, Charlotte
DEMARTINI, Claire LE ROUZIC,
Laura FAUVERTEIX
Chargés d'études/de projets faune

Ségolène ANTOINE-HOUY
*Technicienne Faune (Analyses des sons des
SM4Bat)*

Analyses faunistiques

Quentin LE BAYON, Michaël Roche
Chargés d'études/de projets faune

SIG et cartographie

Mireille LECOEUVRE
Géomaticienne

Contrôle qualité

Michaël ROCHE
Chargé de projets faune

CONTEXTE •••

Le parc éolien de Keranfouler est constitué de 7 éoliennes de 1.3 MW chacune, de type Siemens SWT-1.3. Il a été mis en service en 2006. Ce parc se situe sur la commune de Pont-Melvez, au sud-ouest de la ville de Guingamp, dans le département des Côtes d'Armor (22), en contexte bocager avec prairies et cultures céréalières.

L'étude d'impact du site menée en 2004 n'a pas comporté de suivi d'activité des chiroptères en altitude. Un premier suivi post-implantation a été réalisé en 2014-2015 comprenant un suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères. Les résultats de ce dernier pourront être exploités lors de l'analyse des impacts.

Le présent suivi post-implantation fait suite au souhait d'EDPR de lancer un suivi environnemental pour son parc éolien de Keranfouler en conformité avec le « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres de 2018 ».

Mission de TBM environnement :

Dans ce contexte, la mission de TBM environnement consistait à :

- Effectuer des recherches de cadavres au sol de début avril à fin octobre (soit 7 mois) sur l'ensemble des éoliennes ;
- Effectuer un suivi acoustique continu des chauves-souris en nacelle de mi-mars à mi-novembre 2022 (soit 8 mois) ;
- Effectuer un suivi acoustique des chauves-souris au sol d'avril à octobre à raison d'une à deux nuits par mois (soit 9 nuits complètes) ;
- Effectuer un suivi comportemental de l'avifaune entre janvier 2022 et janvier 2023 (soit un cycle biologique complet) ;
- Évaluer les impacts par collision ou barotraumatisme à partir des résultats de mortalité obtenus ;
- Proposer le cas échéant des mesures de réduction proportionnées à partir de l'ensemble des résultats des suivis réalisés.



SOMMAIRE

1	
INFORMATIONS & CONTACTS	2
CONTEXTE	2
SOMMAIRE	3
RESUME4	
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
10	
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 DU SUIVI POST-IMPLANTATION 2014-2015	
10	
3. METHODES DE TRAVAIL	12
3.1 SUIVI DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE	12
3.2 SUIVI DE MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX	13
3.3 SUIVI COMPORTEMENTAL DE L'AVIFAUNE	20
3.4 METHODE D'EVALUATION DES ESPECES FREQUENTANT LE PARC.....	21
3.5 METHODE DE DEFINITION DES IMPACTS ET DES MESURES DE REDUCTION ADAPTEES AU PARC	25
4. RESULTATS ET INTERPRETATION DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE	27
4.1 RESULTATS ET INTERPRETATION DU SUIVI ACOUSTIQUE DES CHAUVES-SOURIS EN NACELLE	27
4.2 RESULTATS ET INTERPRETATION DU SUIVI ACOUSTIQUE DES CHAUVES-SOURIS AU SOL.....	27
5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE MORTALITE	37
5.1 RESULTATS BRUTS.....	37
5.2 VARIABLES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE	40
5.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE	43
5.4 CONCLUSION SUR LE SUIVI DE MORTALITE	44
6. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI COMPORTEMENTAL DE L'AVIFAUNE	45
6.1 COMPORTEMENT DES ESPECES NICHEUSES.....	45
6.2 COMPORTEMENT DES ESPECES MIGRATRICES.....	49
6.3 COMPORTEMENT DES ESPECES HIVERNANTES	51
6.4 MISE EN RELATION ACTIVITE/MORTALITE/CARACTERISTIQUES DU PARC	55
7. EVALUATION DES IMPACTS PAR COLLISION ET BAROTRAUMATISME	57
7.1 OISEAUX.....	57
7.2 CHAUVES-SOURIS	57
7.3 ELEMENTS DE COMPARAISON AVEC LE PREMIER SUIVI DE MORTALITE (2014-2015)	58
8. MESURES DE REDUCTION DES RISQUES DE COLLISION	60
8.1 PROTECTION DES CHAUVES-SOURIS FREQUENTANT LE PARC.....	60
8.2 CONTROLE DE L'ECLAIRAGE NOCTURNE	60
8.3 GESTION DES HABITATS AUTOUR DES EOLIENNES.....	60
9. MESURES DE SUIVI	61
10. BIBLIOGRAPHIE	62
ANNEXE 1 : DATES DE PROSPECTION DU SUIVI DE MORTALITE ET DES TESTS ASSOCIES	67
ANNEXE 2 : SURFACES PROSPECTEES PAR EOLIENNE AU COURS DU SUIVI	68
ANNEXE 3 : SYNTHESE DES CADAVRES DECOUVERTS LORS DU SUIVI DE MORTALITE	69
ANNEXE 4 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR D'EOLAPP	70
ANNEXE 5 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR DE GENEST	71
ANNEXE 6 : PARAMETRES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE AVEC « GENEST »	73
ANNEXE 7 : DEMANDE DE DEROGATION POUR LA CAPTURE OU L'ENLEVEMENT DE CADAVRES DE CHIROPTERES PROTEGES	74
ANNEXE 8 : LISTE DES OISEAUX OBSERVES SUR LE PARC DE KERANFOULER EN 2022	79



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 qui permettent de comprendre précisément les enjeux écologiques se trouve dans le corps du texte.

❖ Présentation du parc éolien suivi

Le parc éolien de Keranfouler est situé sur la commune de Pont-Melvez, au sud-ouest de la ville de Guingamp, dans le département des Côtes d'Armor (22) en région Bretagne.

Le permis de construire du parc de Keranfouler a été déposé en mars 2003, complété en novembre 2003 et accordé en juin 2004.

Le parc est constitué de 7 éoliennes implantées en zone de cultures et bocages et mises en service en 2006.

❖ Résultats de l'activité chiroptérologique

Suivi acoustique en nacelle

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

- Le premier microphone TM20 a fonctionné pendant 5 jours après installation ;
- Les deux nouveaux microphones TM20 installés le 16 juin 2022 ont dysfonctionnés quelques jours après installation ;
- Seuls 24 sons enregistrés correspondent à des contacts de chiroptères ce qui ne permet pas de tirer un quelconque bilan concernant l'activité chiroptérologique à hauteur de nacelle au cours du suivi réalisé en 2022.

Suivi acoustique au sol

L'étude acoustique passive au sol a permis de dresser la liste des espèces utilisant cette zone pour la chasse et le transit pendant les différentes phases du cycle biologique des chiroptères (mise-bas et migration/dispersion). En effet, l'étude a permis l'enregistrement de l'activité des chauves-souris pendant 9 nuits complètes, réparties sur la période de début avril à fin octobre 2022 (un passage par mois entre avril et août puis 2 en septembre/octobre), soit tout au long du cycle biologique des chauves-souris.

Les écoutes passives ont permis d'identifier **13 espèces de chiroptères** : la Barbastelle d'Europe, le Grand Rhinolophe, le Petit Rhinolophe, la Sérotine commune, l'Oreillard gris, l'Oreillard roux, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Natusius, le Murin à moustaches, le Grand Murin, le Murin de Natterer et le Murin de Bechstein.

La **Pipistrelle commune domine largement le peuplement chiroptérologique** avec plus de 85% des contacts totaux. Les autres pipistrelles (commune/Natusius, Kuhl, Kuhl/Natusius, Natusius et pipistrelle indéterminée) représentent plus de 5,6% de la part d'activité avec une très grande majorité de signaux identifiés en Pipistrelle de Kuhl. La Pipistrelle de Natusius n'a été identifiée de façon certaine qu'à une unique reprise.

Les « sérotules » (complexe des noctules/sérotines) sont ici constituées très probablement en majorité par la Sérotine commune, et représentent plus de 4 % de la part d'activité. Aucune autre espèce n'a été formellement identifiée, les autres données concernent uniquement des « sérotules » indéterminées qui correspondent à environ 1,4 % de la part de l'activité totale.

La Barbastelle d'Europe, à elle toute seule représente 3,53 % de l'activité (284 contacts) tandis que les murins s'en partagent moins de 1,23 % (99 contacts seulement). Enfin, les autres Chiroptères (Oreillard et Rhinolophes) se partagent seulement 0,22 % de l'activité globale.

❖ Résultats du suivi de la mortalité

Contexte du suivi post-implantation de 2022

Un premier suivi post-implantation a été réalisé en 2014-2015. Ce dernier était composé d'un suivi de la mortalité (30 passages répartis entre octobre 2014 et octobre 2015 en fonction des périodes de sensibilité pour les espèces), d'un suivi comportemental de l'avifaune (3 passages pour l'avifaune migratrice et 2 en période de reproduction) et d'un suivi de la fréquentation des chauves-souris au sol (3 sessions d'écoute active entre mai et septembre). Celui-ci a conclu que le parc de Keranfouler ne semble pas présenter de sensibilité importante vis-à-vis des populations d'oiseaux et de chauves-souris locales. L'étude d'impact, comme ce premier suivi post-implantation du site, n'ont pas comporté de suivi d'activité des chiroptères en altitude.

EDPR a souhaité lancer le suivi environnemental pour son parc éolien de Keranfouler en conformité avec le « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres de 2018 » afin d'apporter d'éventuelles mesures correctives en fonction des résultats.

Mortalité

Les **7 éoliennes du parc**, se trouvant toutes dans un contexte de cultures et de bocages, ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un protocole standardisé. Un total de **30 passages a été réalisé entre le 08 avril et le 26 octobre 2022** (semaines 14 à 43), avec un **intervalle moyen entre les passages de 7 jours**.

Les pales mesurant environ 30 m, les prospections se sont effectuées dans un rayon de **50 m** autour des mâts des machines.

Deux tests de persistance mutualisés entre le parc de Keranfouler et le parc voisin de Calanhel (afin de maximiser le nombre de leurres déposés) ont été menés le 07/06/2022 et le 13/09/2022, avec un suivi de la persistance des leurres répartis sur les éoliennes à J+1, J+3, J+7, J+10 et J+14. **Les tests d'efficacité** des observateurs, réalisés le 31/05/2022 et le 04/10/2022, ont consisté en la dépose de 69 leurres sur les différentes zones prospectables autour des éoliennes.

Les résultats bruts ont été corrigés grâce aux applications EoApp (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 bruts

La mortalité constatée entre avril et octobre 2022 se compose de **5 individus** :

- **4 oiseaux appartenant à 3 espèces** : un Faucon émerillon [migrateur], une Linotte mélodieuse [local], une Grive musicienne [local] et un passereau indéterminé ;
- **1 chiroptère appartenant à 1 espèce** : 1 Pipistrelle de Kuhl [locale].

Les cadavres découverts sont distribués de manière relativement hétérogène entre les éoliennes, avec 2 cadavres découverts sous les éoliennes E3 et E4 et 1 découvert sous l'éolienne E1.

Date de découverte	Chiroptères	Oiseaux
14/04/2022	-	Faucon émerillon (E4)
11/05/2022	-	Linotte mélodieuse (E3)
24/05/2022	-	Passereau indéterminé (E3)
09/08/2022	-	Grive musicienne (E4)
30/08/2022	Pipistrelle de Kuhl (E1)	-

Persistance des cadavres

La persistance est faible sur la période suivie (de début avril à fin octobre). **L'intervalle important entre les passages (un passage tous les 7 j) ne permet pas de réduire les biais liés à la disparition relativement rapide des cadavres** (12 % des cadavres sont toujours en place au bout de 7 j). On constate donc un fort degré d'imprécision.

Détectabilité (efficacité de l'observateur)

Le taux moyen de détection est considéré comme bon, avec 89 % [IC 80 % : 0,85 - 0,92] de leurs découverts sur l'ensemble de la période de prospection.

Surface prospectée

La surface de prospection sur l'ensemble du parc est hétérogène entre les éoliennes, avec 23 à 66 % de surface prospectée par éolienne sur l'ensemble du suivi. 3 éoliennes sur 7 ont une surface moyenne prospectée inférieure à 40 %, les estimations statistiques sont donc à prendre avec précaution (Behr et al., 2011).

Estimations de la mortalité

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

Ils ont également été analysés à partir de l'application « GenEst », développée par Huso & Dalthorp (USGS). Les résultats obtenus avec cette seconde méthode ont été conservés car elle permet un ajustement plus fin aux conditions réelles de suivi. Ainsi, l'estimation de la mortalité réelle aboutit à des valeurs médianes de la mortalité d'environ **5 chiroptères [IC 80 % :1 - 11,0] et 37 oiseaux [IC 80 % : 14,3 - 68]** sur l'ensemble du suivi (avril - octobre). Les estimations obtenues présentent plusieurs biais et sont donc à prendre avec précautions.

Résultats du suivi comportemental de l'avifaune

Un total de 72 espèces a été recensé toutes périodes confondues durant le suivi comportemental de l'avifaune.

Avifaune nicheuse

32 espèces sont nicheuses possibles, probables ou certaines au sein du parc et de ses abords immédiats et 10 autres espèces sont nicheuses aux abords proches du parc.

Les 32 espèces nicheuses du parc et ses abords immédiats présentent des sensibilités faibles au risque de collision. Les enjeux stationnels de conservation sont faibles à ponctuellement moyens pour 3 espèces (Alouette des champs, Alouette lulu et Bruant jaune) et assez fort pour une espèce (Pouillot fitis).

Parmi les 10 espèces nicheuses aux abords proches du parc et le fréquentant régulièrement, figurent **2 espèces à sensibilité forte** à la collision : le Faucon crécerelle et la Buse variable.

L'observation des mouvements locaux révèle que les espèces nicheuses adoptent des comportements globalement peu risqués vis-à-vis de l'éolien. Les espèces les plus abondantes s'adaptent au parc éolien en privilégiant les abords ainsi que les trouées entre éoliennes. La plupart des espèces évoluent dans l'espace de garde au sol des éoliennes.

Avifaune migratrice

65 espèces ont été observées durant les 2 périodes de migrations dont 25 en migration active ou halte migratoire.

Malgré les faibles effectifs globaux, les fonctionnalités locales des oiseaux migrants ont pu être précisées. La représentativité des données est meilleure pour le passage en migration postnuptial.

La majorité des flux postnuptiaux sont diffus, proviennent du nord et se dirigent vers le sud, sud-est et le sud-ouest. Ces flux ont principalement concerné les fringilles qui migrent majoritairement entre les éoliennes ce qui les exposent moins au risque de collision.

Un autre flux moins important s'exerce d'est en ouest parallèlement à l'axe du parc éolien. Il s'agit surtout de groupes de lardés et d'ardéidés.

En période de migration (pré-nuptiale et postnuptiale) les flux migratoires observés sont relativement faibles, de même que la richesse spécifique en migration active. Aucun stationnement notable d'oiseaux n'a été noté. Les passages semblent d'avantage diffus à travers l'aire d'étude.

Avifaune hivernante

43 espèces hivernantes ont été recensées sur le parc et ses abords proches (dans les 2 kilomètres autour du parc). Quelques petits stationnements de limicoles et de passereaux ont été observés au sein des habitats terrestres (cultures). **Les effectifs comptabilisés sont faibles à modérés en fonction des espèces.**

Les espèces les plus abondantes sont des passereaux, dont l'Etourneau sansonnet, le Pinson des arbres, l'Alouette des champs et la Grive mauvis à raison de centaines à milliers d'individus. Les autres espèces présentant des effectifs notables sont le Vanneau huppé et le Pluvier doré avec quelques dizaines à centaines d'individus s'alimentant au sein des cultures et/ou les traversant. Toutes ces espèces fréquentent les milieux ouverts pour certains proches des éoliennes.

Evaluation des impacts par collision

Pour les oiseaux, le niveau d'impact avéré est négligeable pour toutes les espèces dont des cadavres ont été découverts au niveau du parc. Le niveau d'impact global pour l'avifaune est négligeable toute l'année.

Pour les chauves-souris, le niveau d'impact avéré est négligeable pour la Pipistrelle de Kuhl. Le niveau d'impact est négligeable pour les chiroptères toute l'année.



❖ Mesures de réduction des risques de collision et de suivi

Limitation du « Free wheeling » nocturne

La mortalité résiduelle constatée en 2022 n'apparaît pas significative avec un niveau évalué de « négligeable » tout au long de l'année, seul un cadavre de Pipistrelle de Kuhl ayant été découvert en août 2022. Toutefois, au vu des biais mis en évidence précédemment (persistance faible notamment), il est difficile d'être catégorique sur l'absence d'impact du parc sur les chiroptères notamment. Aussi, dans la mesure du possible, il serait de bonne pratique de limiter le free Wheeling par mise en drapeau des pales pour des vents inférieurs à 4 m/s d'août à octobre à partir de 2023. Il faut préciser que ce modèle d'éolienne ne produit de l'énergie qu'à partir de 3 m/s, ainsi ce niveau de bridage n'entraîne pas de pertes financières significatives.

Pour rappel, dans le cas du parc de Keranfouler, le suivi acoustique à hauteur de nacelle, réalisé en 2022 sur l'éolienne E3, n'a pas permis de suivre l'activité chiroptérologique par suite de plusieurs défaillances (fragilité du microphone TM20). Il n'est donc pas possible d'évaluer le pourcentage de l'activité chiroptérologique globale protégé par augmentation de la « cut-in speed ».

Le tableau ci-après détermine pour chaque mois les paramètres de limitation du « Free wheeling » proposés par mise en drapeau des pales la nuit afin de réduire les risques de collision des chauves-souris à partir de 2023.

Préconisations de « cut in speed » pour réduire les risques de collision des chiroptères

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

Free wheeling (vent à hauteur de nacelle)	
Du 1 ^{er} janvier au 31 juillet	Mise en drapeau à 3 m/s toute la nuit
Du 1 ^{er} août au 31 octobre	Mise en drapeau à 4 m/s toute la nuit
Du 1 ^{er} novembre au 31 décembre	Mise en drapeau à 3 m/s toute la nuit

Dans la mesure du possible, il serait de bonne pratique d'appliquer les paramètres préconisés ci-dessus à l'ensemble des éoliennes du parc de Keranfouler. **Il est ainsi recommandé de augmenter la « cut-in speed » à 4 m/s, tout au long de la nuit d'août à octobre, quelle que soit la température.**

Il est à noter que cette mesure appliquée la nuit serait aussi bénéfique, indirectement, aux oiseaux migrateurs, certaines de ces espèces étant des victimes avérées par collision du parc de Keranfouler (Faucon émerillon).

Contrôle de l'éclairage nocturne

Chaque éolienne est équipée d'une lampe halogène au niveau de sa porte d'accès, laquelle se déclenche grâce à un détecteur de mouvement pour permettre la montée des escaliers en sécurité de nuit.

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

Gestion des habitats autour des éoliennes

Les friches herbacées aux abords de la plateforme des éoliennes constituent des habitats privilégiés par les chauves-souris et le Faucon crécerelle, pour la chasse en particulier. **Afin de limiter leur attractivité, il est recommandé de les maintenir à ras le plus longtemps possible tout au long de la saison active (mars à octobre en général).** Moins la végétation herbacée se développera, moins les invertébrés (papillons, mouches, araignées...) et les micromammifères auront la possibilité de proliférer et donc d'attirer leurs prédateurs que sont les chiroptères ou les rapaces. Une convention avec le propriétaire ou l'agriculteur exploitant des parcelles pourra permettre de mettre en œuvre cette mesure.

Les plateformes du parc éolien de Keranfouler ne présentent pas de surfaces significatives laissées volontairement en friche, réduisant déjà ce facteur de risque.



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

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

cette base, une décision ministérielle a été publiée le **5 avril 2018¹** avec un nouveau protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres.

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

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

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

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

Semaine n°	1 à 19	20 à 30	31 à 43	44 à 52
Le suivi de mortalité doit être réalisé ...	Si enjeux avifaunistiques ou risque d'impact sur les chiroptères spécifiques *	Dans tous les cas *	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 Keranfouler, le suivi ayant été contractualisé en janvier 2022 et débuté dans la foulée, les préconisations du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) s'y appliquent.

Un premier suivi post-implantation a été réalisé en 2014-2015. Ce dernier était composé d'un suivi de la mortalité (30 passages répartis entre octobre 2014 et octobre 2015 en fonction des périodes de sensibilité pour les espèces), d'un suivi comportemental de l'avifaune (3 passages pour l'avifaune migratrice et 2 en période de reproduction) et d'un suivi de la fréquentation des chauves-souris au sol (3 sessions d'écoute active entre mai et septembre). Celui-ci a conclu que le parc de Keranfouler ne semble pas présenter de sensibilité importante vis-à-vis des populations d'oiseaux et de chauves-souris locales. Ce premier suivi post-implantation du site n'a pas comporté de suivi d'activité des chiroptères en altitude.

¹ Décision du 5 avril 2018, NOR : TREP1807992S

2. PRESENTATION DU PARC EOLIEN

2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ECOLOGIQUE

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

Le parc éolien de Keranfouler est situé sur la commune de Pont-Melvez, au sud-ouest de la ville de Guingamp, dans le département des Côtes d'Armor (22) en région Bretagne. Le parc est constitué de 7 éoliennes.

Ce parc s'inscrit dans un contexte de cultures et de bocages, dominé notamment par les cultures de céréales et l'élevage bovin. On y trouve également un réseau de haies assez important, des prairies pâturés ainsi que quelques petits boisements. Il est également situé à moins d'un kilomètre à l'est du site Natura 2000 directive habitat « Rivière Leguer, forêts de Beffou, Coat an Noz et Coat an Hay ».



Vue du parc aux abords de l'éolienne E7 (A. Crampon - TBM environnement)



Vue du parc aux abords de l'éolienne E7 (A. Crampon - TBM environnement)

2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES

Le parc éolien de Keranfouler est composé de 7 éoliennes. Leurs caractéristiques techniques sont résumées dans les tableaux suivants.

Caractéristiques du parc de « Keranfouler »

Date de mise en service	2006
Modèle	Siemens SWT-1.3-62
Nombre d'éoliennes	7
Exploitant	EDP Renewables
Puissance cumulée	9,1 MW

Caractéristiques des éoliennes

Modèle	Siemens SWT-1.3-62
Hauteur du moyeu	59 m
Diamètre du rotor	62 m
Garde au sol	28 m
Zone de balayage du rotor	3 020 m ²
Puissance nominale	1,3 MW
Vitesse de connexion (cut-in wind speed)	3 m/s
Vitesse max d'arrêt (10 min en moyenne)	25 m/s
Vitesse de rotation maximale	19 tours/minute
Vitesse de rotation minimale	13 tours/minute



Eolienne 1



Eolienne 2



Eolienne 3



Eolienne 4



Eolienne 5



Eolienne 6



Eolienne 7

Contexte écologique aux abords des éoliennes (Q. Le Bayon - TBM environnement)



2.3 SITUATION ECOLOGIQUE ANTERIEURE - RAPPEL DE L'ETUDE D'IMPACT ET DU SUIVI POST-IMPLANTATION 2014-2015

Les conclusions présentées dans le résumé non technique de l'étude d'impact écologique effectuée en amont de la construction du parc ont pu être consultées. Une analyse du contenu de l'étude d'impact écologique datant de 2003 a été réalisée conformément aux objectifs du suivi afin de pouvoir mesurer la conformité ou l'éventuel écart avec la situation écologique actuelle.

2.3.1 ETUDE D'IMPACT ECOLOGIQUE (EIE)

L'EIE se base sur des inventaires de terrain réalisés en 2002 et de la bibliographie.

2.3.1.1 L'avifaune

L'EIE conclue que l'incidence sur l'avifaune du projet de Keranfouler devrait être réduite, voire nulle en période printanière et estivale. En période inter-nuptiale, la situation géographique du projet (plateau à vocation exclusivement agricole, à l'écart du littoral) peut également accréditer la future innocuité des éoliennes à l'égard des oiseaux.

2.3.1.2 Les chiroptères

Il n'y a pas eu de suivi des chiroptères lors de l'EIE. D'après cette dernière, le site n'est pas très favorable aux chiroptères (banalisation des milieux et probable pauvreté corollaire en proies) et l'espace aérien n'est, a priori, utilisé que par des effectifs réduits de chauves-souris. Elle conclut que seules des prospections au détecteur ultrasonore en période favorable permettraient une estimation de l'exploitation du site par les chiroptères.

2.3.1.3 Enjeux fonctionnels

Les enjeux fonctionnels mis en évidence par l'EIE concernaient :

- l'Alouette des Champs, nicheuse sur les parcelles du site, qui se trouve à hauteur de pales lors des vols nuptiaux ;
- l'Epervier d'Europe, très présent sur le site, vole généralement sous le niveau des pales ;
- les regroupements hivernaux de vanneaux et de pluviers sont variables en termes d'effectif et de répartition spatial d'une année à l'autre. Il est donc difficile de proposer un positionnement des éoliennes plus judicieux qu'un autre à ce sujet ;
- les grives, étourneaux et Pipits farlouses ne volent qu'en dessous du champ d'action des éoliennes en hiver et bien au-dessus lors des déplacements migratoires ;
- les corvidés, columbidés et laridés sont majoritairement représentés par des espèces communes à très communes. Celles-ci plus ou moins anthropophiles sont relativement « habituées » aux infrastructures aériennes (lignes électriques, téléphoniques, pylônes, ...).

2.3.2 SUIVI POST-IMPLANTATION 2014-2015

Le suivi réalisé en 2014-2015 sur le parc de Keranfouler était composé de **30 passages de suivi de la mortalité répartis entre le 31/10/2014 et le 06/10/2015** en fonction des périodes de sensibilité pour les espèces soit :

- du 15/01 au 15/02 : 1 contrôle toutes les 2 semaines ;

- du 16/02 au 31/03 : 1 contrôle durant la période ;
- du 01/04 au 15/05 : 1 contrôle 2 jours consécutifs toutes les 2 semaines ;
- du 16/05 au 31/07 : 1 contrôle toutes les 2 semaines ;
- du 01/08 au 15/10 : 1 contrôle 2 jours consécutifs toutes les 2 semaines ;
- du 16/10 au 15/12 : 1 contrôle tous les mois.

Le suivi a été mené sur la totalité des éoliennes du parc. La recherche a été menée sur un carré de 100 m de côté (quadrat) dont le centre est le pied du mât.

1 cadavre a été découvert durant le suivi. Il s'agissait **d'un Pouillot véloce** [migrateur probable].

Ce suivi **ne montrait donc pas d'impact important** du parc éolien de Keranfouler sur les populations d'oiseaux.

Ce suivi était également constitué d'un **suivi comportemental de l'avifaune** (3 passages pour l'avifaune migratrice et 2 en période de reproduction) et d'un **suivi de la fréquentation des chauves-souris au sol** (3 sessions d'écoute active entre mai et septembre). Ces derniers ont conclu que le parc de Keranfouler ne semble pas présenter de sensibilité importante vis-à-vis des populations d'oiseaux et de chauves-souris locales. Ce premier suivi post-implantation du site n'a pas comporté de suivi de l'activité des chiroptères en altitude.

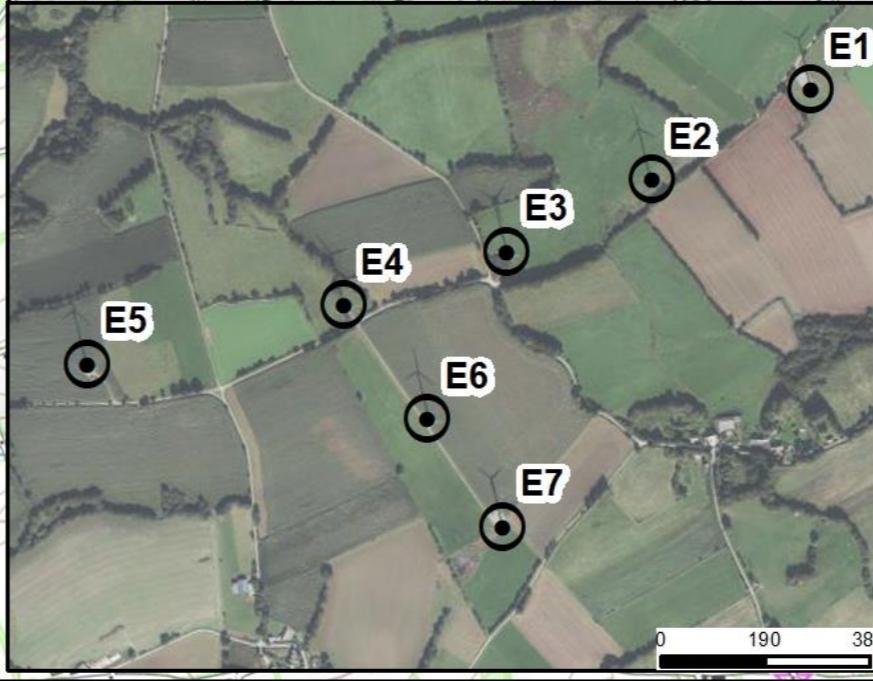
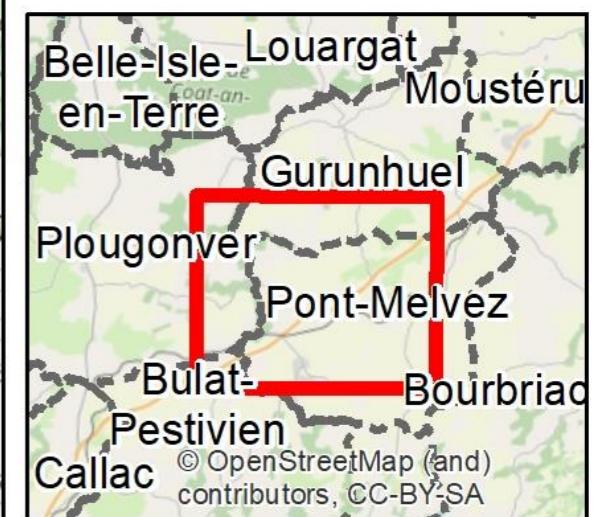


Plan de situation des éoliennes du Parc de Keranfouler

Suivi environnemental en exploitation du Parc éolien de Keranfouler (22)



- Limites communales
- Eoliennes du Parc Keranfouler





3. METHODES DE TRAVAIL

3.1 SUIVI DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE

3.1.1 SUIVI ACOUSTIQUE DES CHAUVES-SOURIS EN NACELLE

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



Batmode S+ installé dans la nacelle de l'éolienne E3 (J. AUCLAIR - Écosphère)

L'éolienne E3 a été équipée d'un système de détection/enregistrement des ultrasons le 11 mars 2022. L'appareil utilisé est un Batmode S+ de Bioacoustics technology GmbH™. Cet appareil enregistre les ultrasons au format WAV non compressé avec le micro de haute qualité « Ultrasound gate » d'Avisoft Bioacoustics™ et permet la connexion et le contrôle à distance du suivi (accès via internet, réseau mobile, Wifi). Les données ainsi recueillies devaient permettre d'apprécier le peuplement chiroptérologique présent sur le site en altitude sur environ 8 mois consécutifs.

La paroi de la nacelle équipée du Batmode S+ étant en acier, il était impossible d'y percer un trou pour y placer un microphone disque GM90. Aussi, un microphone cigare TM20 en alliage métallique sur tige ajustable a été installé de manière à être légèrement déporté et orienté vers le bas. Tout comme le GM90, ce dernier est un microphone de haute qualité d'Avisoft Bioacoustics pour Batmode idéal pour une pose au sol dans une nacelle en structure métallique (du type ENERCON, etc.).

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 espèces². En effet, des problèmes de discrimination des signaux de chauves-souris par rapport aux bruits existent encore et nécessitent de

longues vérifications. Ce système manque donc encore de précision dans la détermination des espèces et les risques d'erreurs sont importants sans contrôle fin.

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

3.1.1.1 Limites liées au matériel utilisé

La fragilité du microphone TM20 s'est rapidement fait ressentir, les valeurs de calibration étant devenues aberrantes dès le 16 mars 2022 soit 5 jours après l'installation dans la nacelle de l'éolienne E6.

Afin de palier à cette défaillance, un changement du microphone TM20 à neuf a été réalisé le 16 juin 2022. De plus, un deuxième microphone TM20 a été installé sur le toit de la nacelle afin de maximiser les chances de réussite jusqu'à la fin du suivi en altitude. Malgré ces efforts consentis par EDPR, les valeurs de calibration des deux microphones sont rapidement redevenues aberrantes, soit quelques jours plus tard. Aucune intervention supplémentaire n'a été entreprise avant la désinstallation en novembre 2022.

De manière générale, les résultats obtenus par le suivi d'activité chiroptérologique ne représentent qu'un échantillon pour un volume d'espace aérien donné d'une activité réelle quelle qu'elle soit. Dans le cadre de ce suivi, les défaillances à répétition des microphones TM20 n'ont pas permis de mesurer l'activité chiroptérologique à hauteur de nacelle.

3.1.2 SUIVI ACOUSTIQUE DES CHAUVES-SOURIS AU SOL

La technique employée est l'écoute dite « passive », basée sur l'enregistrement en continu de l'activité des chauves-souris sur des points fixes. Des détecteurs/enregistreurs (SM4BAT) ont été programmés de telle sorte qu'ils enregistrent les ultrasons entre 60 minutes avant le coucher du soleil et 60 minutes après le lever du soleil, soit durant toute la période de vol nocturne des chauves-souris. Ces détecteurs permettent de capter dans toute la bande d'émission des chauves-souris (10 à 120 kHz). Dès qu'un ultrason est détecté, il est automatiquement enregistré. Les sonagrammes ont ensuite été analysés à l'aide des logiciels Kaleidoscope pro 5.2.1, AnalookW 4.2 et Batsound 4.03. Ceci permet une bonne quantification de la fréquentation par les chiroptères et de leur l'activité en un point donné.

La société TBM environnement a veillé à ce que les points d'échantillonnage soient représentatifs des habitats présents et placés à proximité des éoliennes existantes.

Afin de pouvoir couvrir l'ensemble de la zone d'étude du parc éolien de Keranfouler, trois enregistreurs ont été posés durant 9 nuits :

- 1 nuit passive en avril ;
- 1 nuit passive en mai ;
- 1 nuit passive en juin ;
- 1 nuit passive en juillet ;
- 1 nuit passive août ;
- 2 nuits passives en septembre ;
- 2 nuits passives en octobre.

²www.plume-de-naturalistes.fr/wp-content/uploads/2018/11/08_JAY_10-2018_Identification-chiropteres-SonoChiro_Plume2_99-118.pdf

La pose des enregistreurs a été mutualisée au maximum avec les autres passages sur le site.

3.1.3 LIMITES LIEES A L'IDENTIFICATION DES ESPECES

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

- « **Sérotule** » pour la Sérotine commune et les Noctules commune et de Leisler : ces trois espèces émettent des émissions sonores régulièrement similaires entre 20 et 30 kHz et sont, par conséquent, difficiles à discriminer. Pour certains cas, le terme « Noctule indéterminée » a été employé lorsque la Sérotine commune peut être écartée avec certitude ;
- « **Pipistrelle de Kuhl/Nathusius** » (PipKN) et « **Pipistrelle commune/de Nathusius** » (PipPN), associées aux pipistrelles communes, de Kuhl et de Nathusius, correspondent aux individus émettant des cris en fréquence modulée comprise 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 oreillardes sont plus rarement contactés sur des suivis en altitude.

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

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

3.2 SUIVI DE MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX

3.2.1 PRESSION D'ECHANTILLONNAGE

3.2.1.1 Éoliennes suivies

Les **7 éoliennes du parc**, se trouvant toutes dans un contexte de grandes cultures et de bocages, ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un protocole standardisé conforme au protocole ministériel de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres en vigueur depuis avril 2018.

3.2.1.2 Calendrier du suivi

Les préconisations du Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) recommandent 20 passages au minimum par éolienne par an.

Au vu du contexte bocager favorable à la faune volante, un suivi de base avec **un total de 30 passages** a été réalisé pour chaque éolienne selon un calendrier adapté. Ces passages sont répartis des semaines 14 à 43 (de début avril à fin octobre). Les passages ont été menés à raison de 1 par semaine.

Le suivi de la mortalité a ainsi été effectué sur la quasi-totalité de la période de plus forte activité de la faune volante. En effet, l'étude d'impact ne fait état d'aucun enjeu ou impact particulier sur la période hivernale, cette période n'est donc pas étudiée au cours du suivi de 2022. Les 3 périodes d'activité faunistique couvertes sont les suivantes :

- **entre avril et mi-juin**, période correspondant principalement à la période de reproduction des oiseaux et à la parturition des chauves-souris mais également liée aux mouvements prénuptiaux notamment des Noctules et de la Pipistrelle de Nathusius et à la fin de la migration prénuptiale des oiseaux ;
- **entre mi-juin et juillet**, période liée à la dispersion des juvéniles et aux mouvements postnuptiaux précoces des oiseaux (martinets...). Quelques espèces tardives achèvent leur reproduction en juillet. Courant juillet, les premiers vols des juvéniles d'oiseaux et de chauves-souris constituent une période à risque, ces animaux étant inexpérimentés ;
- **entre août et fin octobre**, période liée à la migration postnuptiale. En août, on note de forts passages de chauves-souris migratrices (notamment les Noctules) et de divers passereaux. C'est souvent à cette période que les cas de mortalité sont les plus nombreux. De nouveaux pics de passage sont enregistrés en septembre/octobre, avec les mouvements de Pipistrelle de Nathusius, aussi sensible au risque de collision. Différentes vagues de migration se poursuivent pour les oiseaux au cours de l'automne, avec des pics de passage d'autres espèces sensibles en octobre (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 6,9 j.**

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

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

- **la période 1** : d'avril à fin-juillet, elle correspond principalement à la période de reproduction des oiseaux et à la parturition des chauves-souris ;
- **la période 2** : de début-août à fin octobre, elle correspond principalement à la période de migration postnuptiale et aux dispersions des jeunes.

3.2.2 RECUEIL DES DONNEES BRUTES DE MORTALITE

Le protocole d'étude direct 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 Keranfouler, les prospections se sont donc effectuées dans un rayon de 50 m autour des mâts des machines.

Cette surface a été prospectée en réalisant des transects autour des mâts des éoliennes suivies. Chaque transect est espacé de 5 m, ce qui permet à l'observateur de rechercher la présence de cadavre sur une largeur de 2,5 m 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 m. De la sorte, l'observateur a réalisé **10 transects pour s'éloigner au maximum de 50 m des mâts**. Précisons que ces itinéraires ont été réalisés d'un pas lent et régulier pour une détectabilité optimale et au moins une heure après le lever du soleil, pour minimiser l'impact de la prédateur diurne, et quand les conditions lumineuses sont suffisantes.

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

Classes de végétation relevées sur le terrain

Classe de végétation	Type de végétation	Suivi de mortalité
Classe 1	Végétation haute et dense, sans visibilité au sol => cultures (oignons), 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 => pelouses, bordure des plateformes	Visibilité moyenne = prospectée
Classe 3	Végétation de faible hauteur, peu couvrante à absence de végétation => plateformes, 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) : labour



Classe de visibilité 1 (faible à nulle) : prairie haute

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

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

3.2.2.2 Protocole Road & Pad

Le protocole Road & Pad (R&P), méthode Huso, consiste à prospecter les chemins d'accès aux éoliennes ainsi que leur plateforme à la recherche de cadavres de chauves-souris et d'oiseaux. Ce protocole R&P ne remplace en aucun cas le protocole national standard de suivi de la mortalité (Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, 2018).

- Méthode de prospection** : Les chemins et plateformes ont été prospectés dans un rayon de 120 mètres autour des mâts d'éolienne. Les prospections ont été réalisées à pied, sur l'intégralité de la plateforme et les chemins concernés. Le temps de prospection est estimé à 10 min par éolienne, pour les plateformes les plus conséquentes.
- Répétition du protocole** : Ce protocole de recherche sera réalisé après chaque sortie d'inventaire sur site, hors suivi de la mortalité classique (inventaires complémentaires, fauniques et floristiques). Notons que la réalisation du protocole R&P ne doit pas mettre en péril la qualité des inventaires initialement prévus. Ce protocole R&P sera réalisé, lors de chaque sortie sur site, sur l'ensemble des éoliennes du parc éolien.
- Découverte de cadavre** : en cas de découverte de carcasses, deux cas de figure s'appliquent selon la localisation de la carcasse :



- **Cas 1** - La carcasse est localisée en dehors du rayon de prospection des suivis mortalité standard (Exemple : pour un suivi standard prospectant 50 m de rayon autour des mâts, il s'agira des carcasses découvertes entre 50 et 120 m du mât). Dans ce cas, la carcasse pourra être prélevée, si nécessaire, pour une identification ultérieure ;
- **Cas 2** - La carcasse se trouve dans le rayon de prospection des suivis mortalité standard : Dans ce cas, la carcasse ne doit en aucun cas être prélevée, afin de ne pas fausser le suivi standard de la mortalité. Les carcasses découvertes en R&P sont ainsi laissées sur place et, si elles sont toujours présentes, seront à nouveau pointées lors du suivi standard, afin d'être comptabilisées dans les estimations de mortalité.
- Dans les deux cas de figure, **toute carcasse découverte devra être :**
 - ✓ Géolocalisée et datée ;
 - ✓ Prise en photo ;
 - ✓ Référencée sur la fiche de terrain associée au jour de passage ;
 - ✓ Identifiée à l'espèce, dans la mesure du possible ;
 - ✓ Prélevée (si située dans le cas n°1), étiquetées et conservée au congélateur.

3.2.2.3 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 et de la Mer (DDTM) des Côtes d'Armor (annexe 7)**.

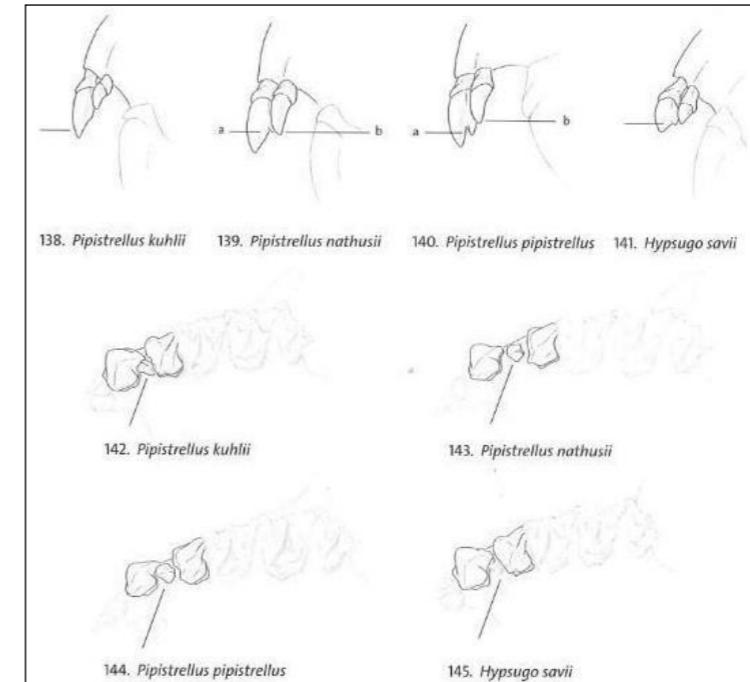
Tous les cadavres ont été, autant que possible, identifiés à l'espèce.

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^{ème} molaire) et la distance entre la 1^{ère} et la 3^{ème} molaire, puis en vérifiant les autres critères, discriminants (présence/absence de protoconule, de métalophe/paralophe) et distinctifs (matrice présente dans la clé des crânes, [Marchesi et al. \(2011\)](#)).



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

Pour les oiseaux, les ouvrages suivants ont été consultés :

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

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

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



3.2.3 ESTIMATION DE LA MORTALITÉ REELLE A PARTIR DES DONNEES BRUTES

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

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

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

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

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

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

En fait, **l'utilisation d'une relation exponentielle (Jones, Huso) ou d'une relation statistique complexe (Korner) rendent l'analyse plus fine** avec en particulier un poids plus important donné à la probabilité de disparition des cadavres. La formule de [Korner-Nievergelt et al., \(2011\)](#) est en général la méthode la plus fiable lorsque l'efficacité du chercheur et le taux d'enlèvement des cadavres par les prédateurs sont constants. Lorsque ces paramètres varient, les biais sont proches entre les différentes méthodes. Il n'existe à ce jour pas de modèle universel ([Bernardino et al., 2013](#)). En revanche, **quelle que soit la méthode utilisée, les estimations sont mal appréciées pour des durées de persistance courtes et des intervalles de recherches supérieures 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 et la surface théoriquement prospectable d'un disque de rayon 50 m autour de la base de l'éolienne.

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

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

Dans le cas de cette étude, l'utilisation des applications « EolApp »³ et « GenEst⁴ » (détaillées ci-après) se basent sur la moyenne des surfaces prospectées durant une période considérée.

❖ Taux de persistance journalière des cadavres (p)

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

Il existe **une grande variabilité de persistance des carcasses** dans le temps et dans l'espace. En effet, 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

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

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

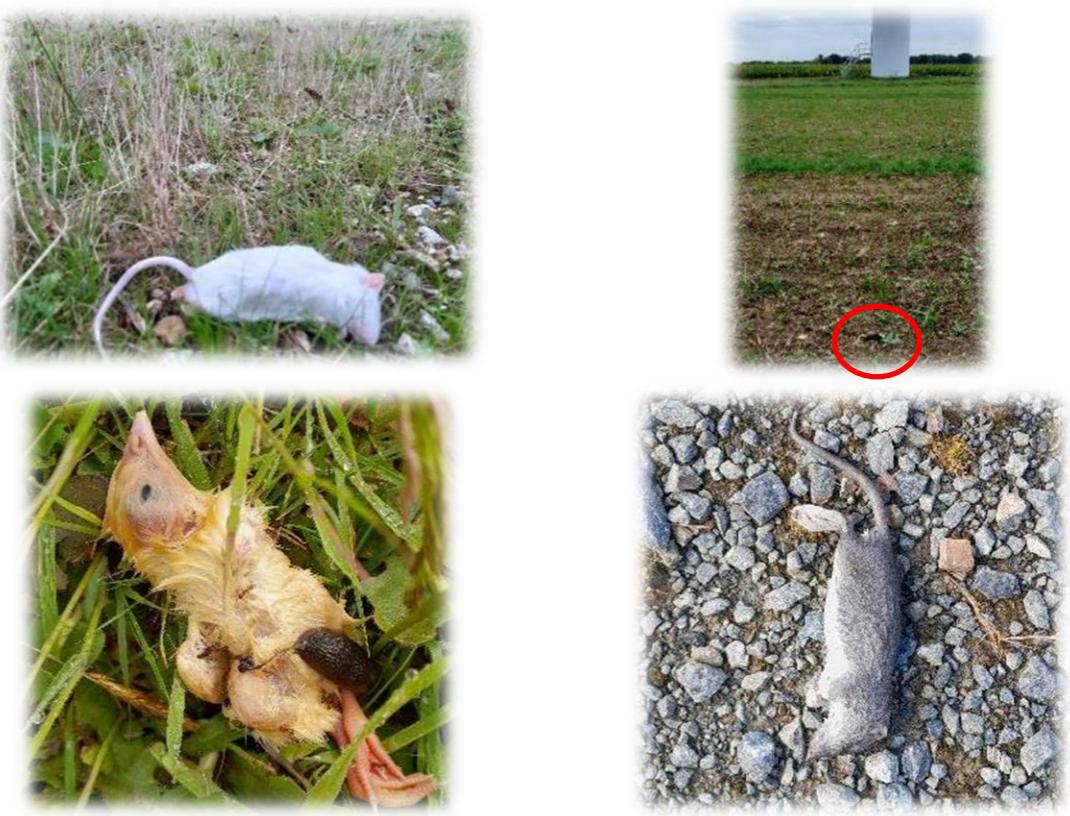
effectués sur le terrain et pour chaque période tenir compte des variations de hauteur de végétation dans la zone contrôlée. Idéalement, chaque test dure 10 jours consécutifs⁵.

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

Dans le cadre de cette étude, et en accord avec les recommandations du protocole de suivi environnemental, un test de persistance a été effectué à deux reprises. Le premier test a eu lieu au printemps (date de dépôt des cadavres : 07/06/2022), le second en fin d'été (date de dépôt des cadavres : 13/09/2022).

Le test a consisté à déposer entre 3 et 6 cadavres de souris, rats ou poussins fraîchement décongelés autour de chacune des 7 éoliennes du parc (soit 31 et 38 cadavres par session, 69 au total sur l'année pour le parc). Aussi, les leurres ont été déposés aléatoirement sur l'emprise de la surface théorique à prospection, 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 dépôse (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).



Poussins, souris et rats disposés sur les différentes surfaces prospectées (J. Courtin & V. Guiho - TBM environnement, 2022)

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

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

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

L'efficacité des observateurs à détecter des cadavres a été testée à deux reprises, le 31/05/2022 et le 04/10/2022. Pour ce faire, des leurres en caoutchouc (mimant des chauves-souris, sombres) et des pommes de terre (mimant des oiseaux de plus grosse taille et plus colorés) ont été déposés aléatoirement dans le périmètre prospecté en amont des recherches de mortalité, au sein des classes de végétation praticables (visibilité bonne et moyenne). Chaque personne testée l'a été sur l'ensemble des éoliennes. Un total de 136 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.

Cette efficacité dépend des classes de végétation définies par la combinaison de la hauteur de végétation, de la visibilité du site et de la topographie (Rodrigues *et al.*, 2008). Sur les parcs étudiés, la

⁵ Dans l'idéal, des cadavres de chauves-souris ou de petits passereaux préalablement décongelés devraient être utilisés. Pour des raisons juridiques (dérogation, espèces protégées), de commodité et d'approvisionnement, ils sont couramment remplacés par des poussins d'un jour ou des rongeurs de couleur sombre.

proportion de chaque type de culture a été notée lors de chaque passage et associée à un niveau de visibilité : visibilité nulle ou mauvaise, moyenne, bonne.



Différents leurre déposés pour le test d'efficacité des observateurs
(Q. Le Bayon - TBM environnement, 2022)

3.2.3.2 Modèles statistiques

❖ Modèle d'Erickson (2000)

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

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

Avec :

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

L'estimateur [Erickson et al. \(2000\)](#) est fréquemment utilisé en France. Ce test a plutôt tendance à sous-estimer les données ([Korner-Nievergelt et al., 2011](#)) pour les taux de persistance courts mais pas pour les taux de persistance longs. Cette sous-estimation est aussi constatée par [Péron \(2018\)](#) qui suppose que cela peut être lié au postulat d'effort de recherche constant. La formule intègre la fréquence des passages mais n'est pas demandue 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 $\frac{\min(I-\hat{I})}{I}$

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

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

❖ Modèle de Huso (2010)

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

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

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

D'où la formule :

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

Avec :

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



3.2.3.3 EolApp (Besnard & Bernard, 2018)

Les différents modèles de calculs présentés ci-dessus ont été exploités avec une application web Shiny (EolApp) faisant tourner un script R sur le serveur⁶. L'ensemble du code est dans le langage R, très utilisé aujourd'hui du fait de son caractère gratuit. Les applications ont été programmées par Aurélien Besnard et Cyril Bernard, chercheurs du Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (UMR5175 Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, Montpellier). L'utilisation de cette application permet notamment d'éviter les éventuelles erreurs d'applications des formules.

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

The screenshot shows the 'Estimation des mortalités induites par les éoliennes' page. It includes sections for 'Données en entrée' (input data), 'Nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes (une valeur par visite de terrain)' (Number of carcasses found under turbines (one value per terrain visit)), 'Durée de présence de cadavres déposés par les expérimentateurs (une valeur par cadavre déposé)' (Duration of presence of carcasses deposited by experimenters (one value per deposited carcass)), 'Estimations avec leurs intervalles de confiance' (Estimates with their confidence intervals), and a table comparing five formulas (Erickson, Huso, Winkelmann, Jones, and a non-parametric method) across different metrics: Médiane (Median), IC 2.5, IC 97.5, IC 0.10, and IC 0.90.

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

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

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

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

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

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

Les limites de cette méthode sont les suivantes :

- La correction surfacique (les zones prospectées n'étant pas toujours égales à la surface théorique du protocole) se fait sur l'ensemble des éoliennes tout au long du suivi ou d'une sous-période. Cela a tendance à approximer et/ou lisser la réalité de terrain ;
- L'absence de prise en compte de la taille des carcasses sur leur probabilité de disparition et de détection, que cela soit pour les cadavres comme pour les leurre ;
- 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 & Dalthrop (USGS) et Korner-Nievergelt (Oïkostat)**, trois auteurs cités dans le protocole national 2018, se sont associés avec d'autres pour mettre à disposition gratuitement une solution informatique (« package ») fonctionnant sous le logiciel⁷ open source R nommée « **GenEst** »⁸. Celle-ci permet d'imbriquer les différents paramètres pour modéliser finement la mortalité (persistance des cadavres, efficacité de la détection, correction surfacique) et fournir des estimations ajustées selon les variables prises en compte (taille des cadavres, période de l'année, distinction oiseaux / chauves-souris...).

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

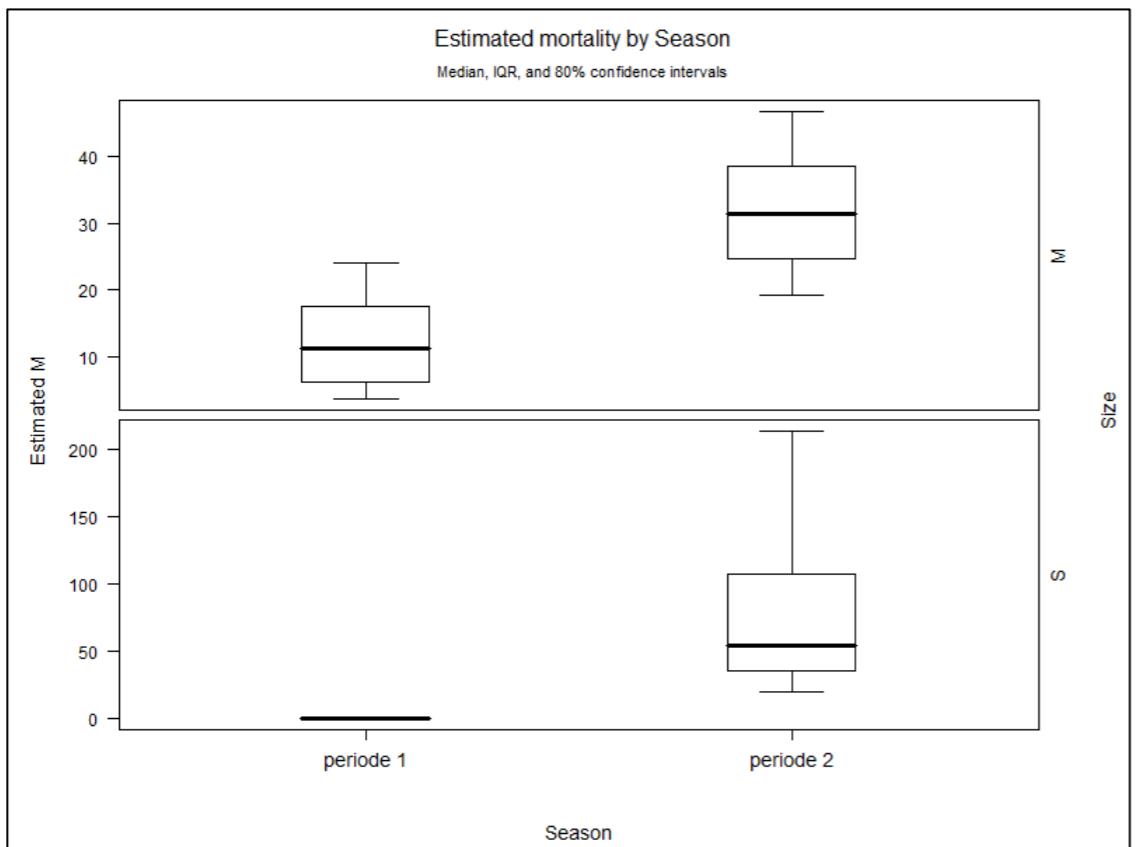
Comme pour EolApp, les calculs reposent sur les données existantes relevées sur le terrain. Ils se basent sur un protocole standardisé, à savoir un nombre de visites défini sur une ou plusieurs éoliennes, pendant lesquelles les cadavres sont recherchés. GenEst utilise également les données issues des tests d'évaluation de la persistance des cadavres et de la détection des observateurs. Cependant, ces données peuvent être intégrées de manière plus fine, avec des variations possibles

⁷ <https://www.r-project.org/>

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

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

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 SUIVI COMPORTEMENTAL DE L'AVIFAUNE

Lors du suivi mené en 2022, une liste des espèces nicheuses sur la zone d'étude et aux abords, ainsi qu'une liste des espèces migratrices et hivernantes ont été établies.

Les prospections ont été menées tôt le matin, en journée, en fonction de la biologie des espèces, avec une identification à vue et à l'ouïe (écoute des chants et des cris).

Elles ont été réalisées en conjuguant plusieurs méthodes et les protocoles de terrain ont été adaptés aux espèces d'intérêt patrimonial susceptibles d'être présentes :

- Pour la majorité des oiseaux nicheurs (passereaux, espèces communes de plaines...), observations et points d'écoute diurnes et nocturnes de 10 à 15 minutes couplés à des transects à pied. Cette méthode permet une plus grande mobilité des observateurs et une meilleure couverture de la zone d'étude que celle des IPA (Indice Ponctuel d'Abondance). Elle multiplie ainsi les chances de contacts avec les différentes espèces et amène à une meilleure connaissance de la répartition des oiseaux nicheurs d'intérêt patrimonial et de la valeur ornithologique des habitats. Lors de ces inventaires, la liste des espèces fréquentant le site et

ses abords a été établie. Les prospections ont été effectuées principalement le matin et par météo favorable ;

- Observations à partir de points hauts en début puis milieu de journée pour les rapaces diurnes et pour le suivi de la migration ;
- Dénombrement tôt le matin ou tard le soir sur des points stratégiques pour les stationnements hivernaux ou les éventuels oiseaux d'eau (pas de milieux favorables ici). Des prospections spécifiques ont également été menées dans les boisements environnants (dortoirs d'espèces sociales : pigeons, corbeaux...).

Au cours des inventaires, toutes les espèces d'intérêt patrimonial ont été précisément localisées et dénombrées et leurs territoires localisés (sites de nidification, zones de chasses, secteurs de rassemblements hivernaux, axes migratoires).

La DREAL Bretagne stipule que la pression minimale d'inventaires préconisée doit être de 24 passages.

Comme convenu avec EDPR pour être en conformité avec les exigences de la DREAL Bretagne, 24 passages répartis comme suit ont été réalisés :

- 4 passages en période hivernale les 25/01, 03/02, 11/02 et 16/12 2022 ;
- 4 passages en migration prénuptiale les 13/04, 22/04, 28/04 et 05/05 2022 ;
- 8 passages pour les oiseaux nicheurs les 13/04, 22/04, 28/04, 05/05, 11/05, 24/05, 10/06, 17/06 2022 ;
- 8 passages en migration postnuptiale les 29/08, 16/09, 27/09, 12/10, 19/10, 26/10, 02/11, et 10/11 2022.

Des représentations cartographiques ont été réalisées. Ces dernières mettent en évidence les espèces remarquables (menacées, rares, certaines protégées, certaines directive Oiseaux) ou/et sensibles à l'éolien, les domaines vitaux, les axes de migration observés, les axes de déplacements locaux, et les secteurs où des regroupements d'espèces à enjeu, sensibles ou présentes en effectifs élevés ont été relevés.



3.4 METHODE D'EVALUATION DES ESPECES FREQUENTANT LE PARC

3.4.1 ÉVALUATION DE L'ENJEU DE CONSERVATION DES ESPECES

Un enjeu de conservation est attribué principalement à partir des listes rouges régionales, nationales et européennes⁹ sur la base du tableau suivant.

Statut de menace/rareté		Niveau d'enjeu régional de l'espèce
CR	Espèce animale en danger critique d'extinction au niveau régional	Très fort
EN	Espèce animale en danger d'extinction au niveau régional	Fort
VU ¹⁰ NT et au moins R	Espèce animale vulnérable au niveau régional Espèce animale quasi-menacée et au moins rare au niveau régional	Assez fort
NT ¹¹ LC mais au moins AR (voire AC)	Espèce animale quasi-menacée au niveau régional Espèce animale non menacée mais peu commune au niveau régional	Moyen
LC	Espèce animale non menacée, souvent assez commune à très commune, parfois assez rare ou rare	Faible
DD, NE	Données insuffisantes ou espèce non évaluée	« Dire d'expert » si possible

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

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

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

3.4.2 MESURE DE L'ACTIVITÉ DES CHIROPTRÈRES

Pour cette étude, la mesure de l'activité des chiroptères repose sur la métrique du contact : un contact est égal à 5 secondes d'activité maximum et peut comprendre une (en général) ou plusieurs (rarement) données d'espèces. Les notions de contact et de données sont équivalentes car lorsqu'une durée de 5 secondes comprend deux espèces, on comptabilise 2 contacts (ou 2 données).

Par la suite, deux indicateurs d'état ont été utilisés :

⁹ Protocole national, 2015, p 5 : « Le protocole national en vigueur à ce jour stipule que l'enjeu de conservation s'appuie sur les Listes Rouges préparées sur la base des principes édictés par l'IUCN. La liste rouge est utilisée et complétée, au besoin, par une liste rouge régionale, si celle-ci existe. ». Par extrapolation, la Liste Rouge Européenne est également prise en compte pour l'analyse. Le protocole actualisé en 2018 ne revient quant à lui pas sur ces notions.

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

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

- Le taux de fréquentation en nombre de contacts cumulés / espèce sur une nuit complète en point fixe ;
- Le taux de fréquentation en nombre de contacts par heure sur l'heure la plus fréquentée de la nuit.

Ces indicateurs d'état visent le groupe des chauves-souris dans son ensemble ou éventuellement une espèce donnée. Cependant, il n'est pas possible de faire des comparaisons entre espèces du fait de différences éthologiques ou de détectabilité.

Il est à noter que les coefficients de détectabilité des espèces déterminés par Barataud (Barataud, 2015) ne seront pas ici utilisés pour les raisons suivantes. Ces coefficients ont pour objectif une comparaison interspécifique de l'activité. S'agissant d'un parc éolien, il est par exemple inopportun d'attribuer un coefficient réducteur de 0,25 au nombre de contacts de Noctule commune (très sensible à la collision) pour les proportionner avec les contacts d'espèces à « sonar court » (murins, rhinolophes, oreillards... globalement peu sensibles au risque éolien). Le nombre de contacts obtenu sur un SM4 de noctules est un nombre avéré qu'il ne convient pas de réduire par l'usage d'un coefficient de détectabilité sous peine de minimiser les enjeux chiroptérologiques. Rappelons ici que les espèces les plus sensibles à l'éolien figurent parmi les plus détectables en milieu ouvert (80-100 m pour les noctules, 25 m pour les pipistrelles). TBM environnement défendra cette position claire et justifiée sur un plan écologique dans le domaine de l'éolien auprès des services instructeurs si jamais une demande d'utilisation de ces coefficients était formulée.

Il est important de rappeler qu'un résultat obtenu pendant une nuit donnée et en un point donné n'est pas généralisable à l'ensemble de la saison ni à l'ensemble du site étudié. C'est pourquoi il est pertinent de réaliser plusieurs échantillonnages au même point et de réaliser différentes moyennes pour un point donné ou à l'échelle du site d'étude. Le passage d'un indicateur d'état à une échelle de référence pour juger de l'importance de l'activité est un exercice délicat (Francou, 2015). Après une analyse de la pratique en France et des jeux de données bancarisées chez TBM environnement/Écosphère, nous avons retenu deux échelles d'activité selon :

- Le taux de fréquentation sur l'heure la plus fréquentée de la nuit (appliqué aux écoutes passives) : cette échelle repose sur une équivalence entre les contacts et le temps. Elle a été élaborée à dire d'expert à partir des données bancarisées à Écosphère mais elle reste subjective comme toute échelle. Des travaux sur les réplicas temporels et spatiaux resteraient nécessaires pour affiner l'échelle dans une région donnée en fonction des probabilités d'occurrence et de détectabilité (Froideveaux, Zellweger, Bollmann, & Obrist, 2015).

Taux de fréquentation (temps de présence de chiroptères lors de la meilleure heure)	Nombre de contacts par heure si 1 contact = 5 s
Quasi permanent : > 40 min/h	>480
Très important : 20 à 40 min/h	241 à 480
Important : 10 à 20 min/h	121 à 240
Moyen : 5 à 10 min/h	61 à 120
Faible : 1 à 5 min/h	12 à 60
Très faible : < 1 min/h	1 à 11

- Le nombre cumulé de contacts sur une nuit complète en point fixe : cette échelle utilise les quartiles. Elle est issue de l'exploitation des données du GMB (<https://gmb.bzh/activite-chauves-souris/>) excepté pour le Murin de Bechstein dont l'activité est définie selon le référentiel Vigie-Chiro du MNHN. Le référentiel est consultable

sur le site Vigie chiro (<http://www.vigienature.fr/sites/vigienature/files/documents/referentielsvc.pdf>) ;

Enfin, l'activité chiroptérologique par espèce ainsi définit se traduit par les niveaux d'activité présentés dans le tableau suivant :

Niveau d'activité Référentiel breton (GMB)	Niveau d'activité Référentiel national (Vigie-Chiro)
Très forte	Très forte
Forte	Forte
Assez forte	Modérée
Moyenne	
Faible	Faible

L'enregistrement continu des chauves-souris en des points d'écoute fixes ou mobiles comparables permet une mesure de l'activité instantanée qui peut servir à interpréter certains résultats. Il faut ainsi déterminer au mieux ce qui explique les taux de fréquentation les plus importants détectés. En revanche, un faible taux n'est pas significatif car il peut très bien devenir fort dans une autre circonstance de date ou de météorologie par exemple.

3.4.3 ÉVALUATION DE LA SENSIBILITÉ DES ESPÈCES A L'ÉOLIEN

Pour les oiseaux, si de nombreuses descriptions de collisions sont présentées dans des synthèses ou des rapports multiples, il n'y a qu'une seule base de données en Europe avec suffisamment de données pour ce travail. Il s'agit de celle publiée par l'Institut Ornithologique de l'état de Brandenburg (Tobias Dürr)¹². Cette base de données est régulièrement mise à jour, la dernière date du 17 juin 2022 avec un total de 16 557 cadavres recensés dans toute l'Europe géographique (y inclus Norvège, Suisse et Royaume-Uni).

Les données sont collectées sur une base volontaire par des experts (ONG, producteurs éolien, bureaux d'études, etc...). Quelques données remontent à 1989 mais il y a visiblement plus de données récentes comparées aux anciennes périodes à mesure que le travail prend de l'ampleur. Les données présentent quelques limites, notamment car il n'y a pas de protocole spécifique pour collecter les informations de terrain et d'autre part du fait que quelques pays, en particulier l'Allemagne, sont mieux couverts que les autres. Cependant, la couverture n'est pas si mauvaise si on compare les résultats bruts au nombre d'installations onshore dans les différents pays européens. En dépit de l'hétérogénéité de la base de données, des évaluations scientifiques sont possibles grâce au grand nombre de données¹³ (extrapolation, taille de classes, etc...).

Sur les 16 557 cadavres, 15 780 ont été identifiés jusqu'à l'espèce. Les cinq principales espèces concernées par les collisions sont :

- Le Vautour fauve (*Gyps fulvus*) avec 12,38% des cas ;
- Le Goéland argenté (*Larus argentatus*) avec 7,14% des cas ;

- La Buse variable (*Buteo buteo*) avec 6,06 % des cas ;
- Le Milan royal (*Milvus milvus*) avec 5,06 % des cas ;
- La Mouette rieuse (*Chroicocephalus ridibundus*) avec 4,4 % des cas.

Les espèces suivantes avec plus de 2% cas recensés sont dans l'ordre : le Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*), le Martinet noir (*Apus apus*), le Pygargue à queue blanche (*Haliaeetus albicilla*), l'Alouette des champs (*Alauda arvensis*), le Canard colvert (*Anas platyrhynchos*), le Bruant proyer (*Emberiza calandra*) et l'Hirondelle de fenêtre (*Delichon urbicum*).

Cependant, pour proposer une liste d'espèces sensibles, il faut aussi prendre en compte la taille de la population, la stratégie de reproduction et la relation entre le nombre de collisions et ces paramètres.

Concernant la taille de la population, la méthode se concentre sur le nombre minimal d'individus¹⁴ matures à un niveau européen comme proposé par la récente liste rouge des oiseaux européens (BirdLife International, 2021). Il s'agit de la plus récente estimation et il est souhaitable de conserver le niveau européen pour intégrer les impacts cumulés et notre responsabilité à cette échelle pour les oiseaux migrateurs. Concernant la stratégie de reproduction et la dynamique de population, il a fallu développer un indicateur tout en sachant que les données précises n'existent pas pour toutes les espèces. Cet indicateur est basé sur 5 classes (0 à 4) :

- Classe 4 : nombre de cadavres supérieur à 1% du nombre minimal d'individus matures européens ;
- Classe 3 : nombre de cadavres supérieur à 0,1% du nombre minimal d'individus matures européens ;
- Classe 2 : nombre de cadavres supérieur à 0,01% du nombre minimal d'individus matures européens ;
- Classe 1 : nombre de cadavres supérieur à 0,001% du nombre minimal d'individus matures européens ;
- Classe 0 : autres cas.

Il a ensuite été proposé un facteur de correction en ajoutant une classe pour les espèces ayant un mauvais état de conservation :

- Espèces avec un mauvais état de conservation selon le rapportage de l'article 12 de la directive oiseaux (période 2013-2018) ou espèces concernées par la catégorie en danger (EN) ou en danger critique d'extinction (CR) dans la liste rouge européenne des oiseaux menacés (BirdLife International, 2021).
- Espèces avec un état de conservation inadéquat ou inconnu selon le rapportage de l'article 12 de la directive oiseaux (période 2013-2018) ET concernées par une catégorie vulnérable (VU) avec une population en déclin dans la liste rouge européenne des oiseaux menacés (BirdLife International, 2021).

¹²

<https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwarte/arbeitsschwerpunkte/auswirkungen-von-windenergieanlagen-auf-voegel-und-fledermaeuse/>

¹³ C'est le principe des sciences participatives.

¹⁴ Considéré comme meilleur que le maximum ou la meilleure estimation en accord avec le principe de précaution.

Niveaux élevés de sensibilité à l'éolien des espèces de l'avifaune européenne

Espèce sensible - classe 4		Espèce sensible - classe 3	
Aigle impérial	<i>Aquila heliaca</i>	Vautour moine	<i>Aegypius monachus</i>
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>	Aigle royal	<i>Aquila chrysaetos</i>
Gypaète barbu	<i>Gypaetus barbatus</i>	Tourne-pierre à collier	<i>Arenaria interpres</i>
Vautour fauve	<i>Gyps fulvus</i>	Grand-duc d'Europe	<i>Bubo bubo</i>
Pygargue à queue blanche	<i>Haliaeetus albicilla</i>	Héron garde-bœufs	<i>Bubulcus ibis</i>
Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>	Buse variable	<i>Buteo buteo</i>
Milan royal	<i>Milvus milvus</i>	Buse pattue	<i>Buteo lagopus</i>
Vautour percnoptère	<i>Neophron percnopterus</i>	Sirli de Dupont	<i>Chersophilus duponti</i>
Faisan de Colchide ¹⁵	<i>Phasianus colchicus</i>	Circaète Jean-le-Blanc	<i>Circaetus gallicus</i>
		Busard Saint-Martin	<i>Cirque cyaneus</i>
		Cygne siffleur	<i>Cygnus columbianus</i>
		Faucon émerillon	<i>Falco columbarius</i>
		Faucon crécerellette	<i>Falco naumanni</i>
		Faucon pèlerin	<i>Falco peregrinus</i>
		Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>
		Huitrier pie	<i>Haematopus ostralegus</i>
		Aigle de Bonelli	<i>Hieraetus fasciatus</i>
		Aigle botté	<i>Hieraetus pennatus</i>
		Mouette rieuse	<i>Larus ridibundus</i>
		Balbuzard pêcheur	<i>Pandion haliaetus</i>
		Ganga unibande	<i>Pterocles orientalis</i>

Quelques précisions concernant cette liste :

- Sur les 82 espèces (9 en classe 4, 21 en classe 3 et 50 en classe 2), on trouve de nombreux rapaces et oiseaux d'eau ;
- Tous les vautours européens de la liste sont parfois concernés par une compétition à un niveau local entre les zones de nourrissage artificielles et la construction de parcs éoliens ;
- Quelques espèces sensibles peuvent ne pas être présentes parce que leur population est principalement incluse dans des sites Natura 2000 avec un faible nombre d'éoliennes (par exemple les ourardes) d'où une absence de collisions ;
- Concernant les rapaces, la période de migration est une période de collision avec des trajets migratoires régulièrement dispersées le long de larges corridors (quelques zones de goulots d'étranglement sont désignées comme sites Natura 2000) ;
- Le cas du Goéland argenté (*Larus argentatus*) est intéressant car c'est aussi une espèce offshore (avec de plus une nouvelle menace actuelle avec de nombreux individus victimes de la grippe aviaire - H5N1).

La liste finale peut être légèrement réduite :

- 2 espèces ont une aire de répartition restreinte (en Espagne) ;
- Le cas du Faisan de Colchide (*Phasianus colchicus*) est particulier car introduit à l'aire romaine et toujours lâché pour la chasse aujourd'hui (il n'y aurait pas de population naturelle significative ?) ;

¹⁵ Espèce faisant l'objet de nombreux programmes de relâcher pour la chasse.

- Pour le Busard cendré (*Circus pygargus*), le nombre de collisions connues de 74 est biaisé par la très faible garde au sol dans les anciens parcs éoliens (22 cas dans le parc français d'Aumelas et 20 cas autour de Tarifa au sud de l'Espagne). Ailleurs, les collisions restent rares. Néanmoins, la tendance actuelle montre de nouveau un abaissement des gardes au sol avec une augmentation globale de la taille des machines.

En complément, la loi de la fédération allemande pour la conservation de la nature (BNatSchG) a été modifiée le 20/07/2022 pour définir une liste de 15 espèces sensibles dans le cadre de l'énergie éolienne. Trois zones tampons autour de sites de reproduction sont proposées :

- Une distance de courte portée où le risque de collision est significatif ;
- Une distance de zone de contrôle où des études doivent démontrer si le risque est significatif ou non, sachant que les mesures de bridage définies dans la loi (bridage dynamique, bridage statique ou bridage durant les travaux agricoles) peuvent réduire le risque à un niveau acceptable.
- Une distance élargie où le risque n'est pas significatif sauf si des études ont démontré que les espèces utilisent les parcs éoliens avec aucune possibilité claire de réduire le risque par mesures de bridage.
- Dans les autres cas, le risque n'est pas considéré comme significatif.

La liste allemande a ajouté 7 espèces à notre liste basée sur les classes 3 et 4¹⁶. Enfin, pour quelques espèces (par exemple le Busard cendré, *Circus pygargus*), le risque de collision est défini comme dépendant de la hauteur du rotor (moins de 30 mètres de hauteur proche de 100 km de la côte, moins de 50 mètres dans les zones planes plus lointaines ou moins de 80 mètres en région collinaire).

Enfin, le tableau ci-dessous présente les espèces pour lesquelles le niveau de sensibilité est moyen selon la méthode décrite ci-dessus.

Niveau moyen de sensibilité à l'éolien des espèces de l'avifaune européenne

Espèces sensibles - classe 2			
Autour des palombes	<i>Accipiter gentilis</i>	Pie-grièche grise	<i>Lanius excubitor</i>
Epervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>	Pie-grièche méridionale	<i>Lanius meridionalis</i>
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	Goéland d'Audouin	<i>Larus audouinii</i>
Oie des moissons	<i>Anser fabalis</i>	Goéland pontique	<i>Larus cachinnans</i>
Martinet pâle	<i>Apus pallidus</i>	Barge à queue noire	<i>Limosa limosa</i>
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>	Linotte à bec jaune	<i>Linaria flavirostris</i>
Fuligule milouin	<i>Aythya ferina</i>	Locustelle tachetée	<i>Locustella naevia</i>
Fuligule morillon	<i>Aythya fuligula</i>	Canard siffleur	<i>Mareca penelope</i>
Fuligule milouinan	<i>Aythya marila</i>	Milan noir	<i>Milvus migrans</i>
Fuligule nyroca	<i>Aythya nyroca</i>	Grande ourarde	<i>Otis tarda</i>
Œdicnème criard	<i>Burhinus oedicnemus</i>	Pélican blanc	<i>Pelecanus onocrotalus</i>
Cigogne blanche	<i>Ciconia ciconia</i>	Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>

¹⁶ Hibou des marais (*Asio flammeus*), Cigogne noire (*Ciconia nigra*), Busard des roseaux (*Circus aeruginosus*), Aigle pomarin (*Clanga pomarina*), Faucon hobereau (*Falco subbuteo*), Milan noir (*Milvus migrans*) et Bondrée apivore (*Pernis apivorus*).

Espèces sensibles - classe 2			
Cigogne noire	<i>Ciconia nigra</i>	Bondrée apivore	<i>Pernis apivorus</i>
Busard des roseaux	<i>Circus aeruginosus</i>	Ganga cata	<i>Pterocles alchata</i>
Coucou geai	<i>Clamator glandarius</i>	Avocette élégante	<i>Recurvirostra avosetta</i>
Aigle pomarin	<i>Clanga pomarina</i>	Eider à duvet	<i>Somateria mollissima</i>
Cygne chanteur	<i>Cygnus cygnus</i>	Sterne pierregarin	<i>Sterna hirundo</i>
Cygne tuberculé	<i>Cygnus olor</i>	Sterne naine	<i>Sternula albifrons</i>
Elanion blanc	<i>Elanus caeruleus</i>	Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>
Faucon hobereau	<i>Falco subbuteo</i>	Tadorne de Belon	<i>Tadorna tadorna</i>
Faucon kobelz	<i>Falco vespertinus</i>	Outarde canepetière	<i>Tetrax tetrax</i>
Cochevis de Thekla	<i>Galerida theklae</i>	Sterne caugek	<i>Thalasseus sandvicensis</i>
Glaréole à collier	<i>Glareola pratincola</i>	Chevalier gambette	<i>Tringa totanus</i>
Grue cendrée	<i>Grus grus</i>	Effraie des clochers	<i>Tyto alba</i>
Lagopède des saules	<i>Lagopus lagopus</i>	Vanneau huppé	<i>Vanellus vanellus</i>

Pour les chiroptères, l'impact de la mortalité causée par les éoliennes est considéré comme important pour la conservation des chiroptères en Europe. Deux causes de mortalité ont été décrites : collisions avec les pales et le barotraumatisme causé par la réduction rapide de la pression de l'air à proximité des pales. De nombreuses collisions ont été signalées dans les rapports scientifiques ou dans des études techniques et il y a deux bases de données en Europe avec assez de données pour ce travail :

- La première est publiée par l'institut ornithologique de l'état de Brandenburg (T. Dürr) et a déjà été décrite dans le chapitre sur les oiseaux. Cette base de données est régulièrement mise à jour et la dernière a été publiée le 17 juin 2022 avec un total de 11 017 cadavres provenant de pays de toute l'Europe. Comme pour les oiseaux, les zones offshores n'ont pas été prises en compte.
- La seconde est publiée par Eurobats et est régulièrement mise à jour sur la même base que la précédente. Cependant, les sources d'informations peuvent varier et il y a à la fois des données communes et différentes incluses dans les fichiers. Le dernier ajout remonte à mars 2021 avec un total de 12 316 collisions de chauve-souris provenant de pays de toute l'Europe pour la période 2003-2020.

Il est nécessaire de rappeler que les chiffres ne reflètent pas la réelle étendue de la mortalité causée par les éoliennes. Comme souligné par Eurobats, ils sont basés sur les décès recensés et non pas sur la mortalité effective qui est calculé en prenant en compte différentes sources de biais comme l'effort de recherche, la disparition des cadavres par les prédateurs/charognards, la performance de la personne en charge du suivi et le pourcentage d'espaces réellement prospectés.

La base de données préparée par T. Dürr inclue des données d'Eurobats seulement pour celles où une comparaison est possible. La base de données Eurobats est plus exhaustive pour l'Espagne en particulier. Pour la présente approche, il a été considéré le maximum de chacune des deux bases de données : 13 011 cas de mortalité de chiroptères au total. Pour les cadavres, seulement 9 254 ont été identifiés à l'espèce car c'est parfois difficile ou impossible d'identifier les espèces sur le terrain ou en laboratoire. C'est illustré pour quelques espèces de Pipistrelle dans le tableau suivant :

Espèces	Cas de mortalité (période entière de suivi)
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	2569
<i>Pipistrellus pipistrellus / pygmaeus</i>	1690
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	456

Deux genres de chiroptères semblent cependant largement concernés par les collisions : *Nyctalus* spp et *Pipistrellus* spp. Rappelons qu'il existe une variabilité selon les Etats qui tient aux populations locales présentes. Ainsi, si les noctules sont réputées pour leur sensibilité en Allemagne, en France ce sont de loin les cas de mortalité de pipistrelles qui dominent.

Un autre gros problème est qu'il y a un important manque de connaissances sur l'état des populations. Comme il est impossible d'intégrer la taille de la population dans le processus d'élaboration, il a simplement été utilisé une approche fréquentielle avec un indicateur basé sur 5 classes (0 à 4) :

- Classe 4 : nombre de cadavres représentant environ **15 %** du nombre total de cas de mortalité de chiroptères en Europe ;
- Classe 3 : nombre de cadavres représentant environ **10 %** du nombre total de cas de mortalité de chiroptères en Europe ;
- Classe 2 : nombre de cadavres représentant environ **5 %** du nombre total de cas de mortalité de chiroptères en Europe ;
- Classe 1 : nombre de cadavres représentant environ **1 %** du nombre total de cas de mortalité de chiroptères en Europe ;
- Classe 0 : autres cas.

Avec la taille de la base de données actuelle, l'hypothèse est que la fréquence ne va pas varier fortement dans le futur (même si quelques espèces pourraient passer au-delà du seuil comme la Pipistrelle de Kuhl, *Pipistrellus kuhlii*). Si la taille de la base de données augmente fortement, les seuils devront néanmoins être révisés.

Comme pour les oiseaux, il a été suggéré un facteur de correction en ajoutant une ou deux classes pour les espèces en mauvais état de conservation :

- Deux classes pour les espèces au statut "En danger" (EN) en prenant en compte la dernière liste rouge européenne des mammifères menacés de l'IUCN (2007) sachant qu'ils ont un mauvais état de conservation ou un état de conservation dégradé dans le rapportage art.17 de la directive Habitats (Noctule des Açores (*Nyctalus azoreum*), Pipistrelle de Madère (*Pipistrellus maderensis*) et Oreillard de Ténérife (*Plecotus teneriffae*)).
- Une classe pour les espèces avec un mauvais état de conservation ou un état de population dégradé pour la plupart des zones biogéographiques dans le rapportage art.17 de la directive Habitats.

Il a été suggéré de considérer les classes 3 et 4 pour les espèces sensibles avec une possibilité d'ajouter la classe 2 lorsque cela concerne des espèces insulaires ou des espèces peu communes comme la Grande Noctule (*Nyctalus lasiopterus*). Les résultats sont proposés dans le tableau suivant :

Exemple du nombre de cadavres identifiés à l'espèce pour le genre *Pipistrellus*

Niveaux de sensibilité à l'éolian des chiroptères européens



Classe 4		Classe 3		Classe 2	
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>			Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>			Noctule des Açores	<i>Nyctalus azoreum</i>
				Grande Noctule	<i>Nyctalus lasiopterus</i>
				Pipistrelle de Madère	<i>Pipistrellus maderensis</i>
				Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>
				Oreillard de Ténérife	<i>Plecotus teneriffae</i>
				Sérotine bicolore	<i>Vesperilio murinus</i>

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 définis de la façon suivante :

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

3.4.5 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 sensibilité		
Niveau de portée de l'impact		Fort à Assez forte	Moyen	Faible
Fort	Fort	Assez Fort	Moyen	Faible
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

3.5 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 espèce ou par groupe d'espèces).



bridge) des éoliennes est la principale mesure de réduction de l'impact de collision des chauves-souris et des oiseaux.

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



4. RESULTATS ET INTERPRETATION DE L'ACTIVITE CHIROPTELOGIQUE

4.1 RESULTATS ET INTERPRETATION DU SUIVI ACOUSTIQUE DES CHAUVES-SOURIS EN NACELLE

4.1.1 VALIDITE DU MATERIEL UTILISE

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. Un test de calibration quotidien à midi a automatiquement été effectué pour vérifier la qualité du micro tout au long du suivi. Des baisses de sensibilité peuvent s'expliquer notamment par la présence de poussière ou d'humidité (brouillard, condensation) sur la capsule du micro.

La fragilité du microphone TM20 s'est rapidement fait ressentir, les valeurs de calibration étant devenues aberrantes dès le 16 mars 2022 soit 5 jours après l'installation dans la nacelle de l'éolienne E3.

Afin de palier à cette défaillance, un changement du microphone TM20 à neuf a été réalisé le 16 juin 2022. De plus, un deuxième microphone TM20 a été installé sur le toit de la nacelle afin de maximiser les chances de réussite jusqu'à la fin du suivi en altitude. Malgré ces efforts consentis par EDPR, les valeurs de calibration des deux microphones sont rapidement redevenues aberrantes, soit quelques jours plus tard. Aucune intervention supplémentaire n'a été entreprise avant la désinstallation en novembre 2022.

4.1.2 DESCRIPTION DES ACTIVITES ENREGISTREES

Au total, durant ce suivi 2022 et pendant le temps réduit de fonctionnement des microphone TM20, 3 462 sons ont été enregistrés par notre Batmode S+ placé en nacelle de l'éolienne E3 :

- Pour le microphone placé sous la nacelle (changé à une reprise) : 1 275 sons ont été enregistrés parmi lesquels seuls 9 sons correspondent à des contacts de chiroptères ;
- Pour le microphone placé sur le toit de la nacelle : 2 187 sons ont été enregistrés parmi lesquels seuls 15 sons correspondent à des contacts de chiroptères.

4.1.3 CONCLUSION DU SUIVI ACOUSTIQUE A HAUTEUR DE NACELLE

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

- Le premier microphone TM20 a fonctionné pendant 5 jours après installation ;
- Les deux nouveaux microphones TM20 installés le 16 juin 2022 ont dysfonctionnés quelques jours après installation ;
- **Seuls 24 sons enregistrés correspondent à des contacts de chiroptères ce qui ne permet pas de tirer un quelconque bilan concernant l'activité chiroptérologique à hauteur de nacelle au cours du suivi réalisé en 2022.**

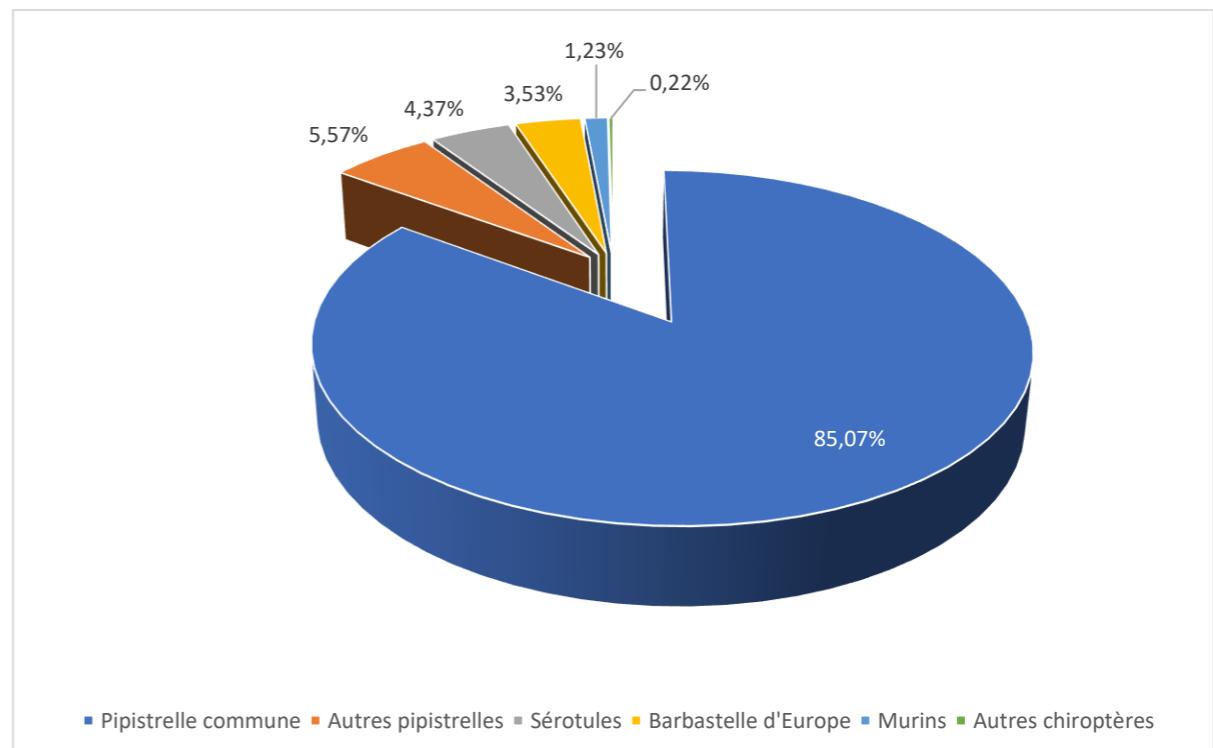
4.2 RESULTATS ET INTERPRETATION DU SUIVI ACOUSTIQUE DES CHAUVES-SOURIS AU SOL

L'étude acoustique passive au sol a permis de dresser la liste des espèces utilisant cette zone pour la chasse et le transit pendant les différentes phases du cycle biologique des chiroptères (mise-bas et migration/dispersion). En effet, l'étude a permis **l'enregistrement de l'activité des chauves-souris pendant 9 nuits complètes, réparties sur la période de début avril à fin octobre 2022 (un passage par mois entre avril et août puis 2 en septembre/octobre), soit tout au long du cycle biologique des chauves-souris**. Après l'élimination des bruits parasites et des sons associés à d'autres animaux, **8 039 contacts de chauves-souris ont été enregistrés au total**.

Les écoutes passives ont permis d'identifier **13 espèces de chiroptères** : la Barbastelle d'Europe, le Grand Rhinolophe, le Petit Rhinolophe, la Sérotine commune, l'Oreillard gris, l'Oreillard roux, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Nathusius, le Murin à moustaches, le Grand Murin, le Murin de Natterer et le Murin de Bechstein.

N.B. : Il est important de signaler que pour la suite de ce chapitre, seul le groupe des « murins » sera mentionné. En effet, ce groupe présente des espèces aux signatures acoustiques très proches et ne peuvent donc être aisément dissociées. Notons l'identification certaine de quatre espèces de murins (Murin de Natterer, Grand Murin, Murin à moustaches et Murin de Bechstein) dont l'activité de la grande majorité (hormis le Murin de Natterer en période de transit automnal) semble anecdotique au sein du secteur d'étude. Néanmoins, il n'est pas exclu que d'autres espèces soient présentes au sein de l'aire d'étude mais non identifiées.

Les contacts d'oreillards seront également cumulés pour les mêmes raisons.



La Pipistrelle commune domine largement le peuplement chiroptérologique avec plus de **85% des contacts totaux** (6 839 signaux sur les 8 039 enregistrés). Les autres pipistrelles (Pipistrelle commune / pygmée, commune/Nathusius, Kuhl, Kuhl/Nathusius, Nathusius et pipistrelle indéterminée) représentent plus de 5,6% de la part d'activité avec une très grande majorité de signaux identifiés en Pipistrelle de Kuhl. La Pipistrelle de Nathusius n'a été identifiée de façon certaine qu'à une unique reprise.

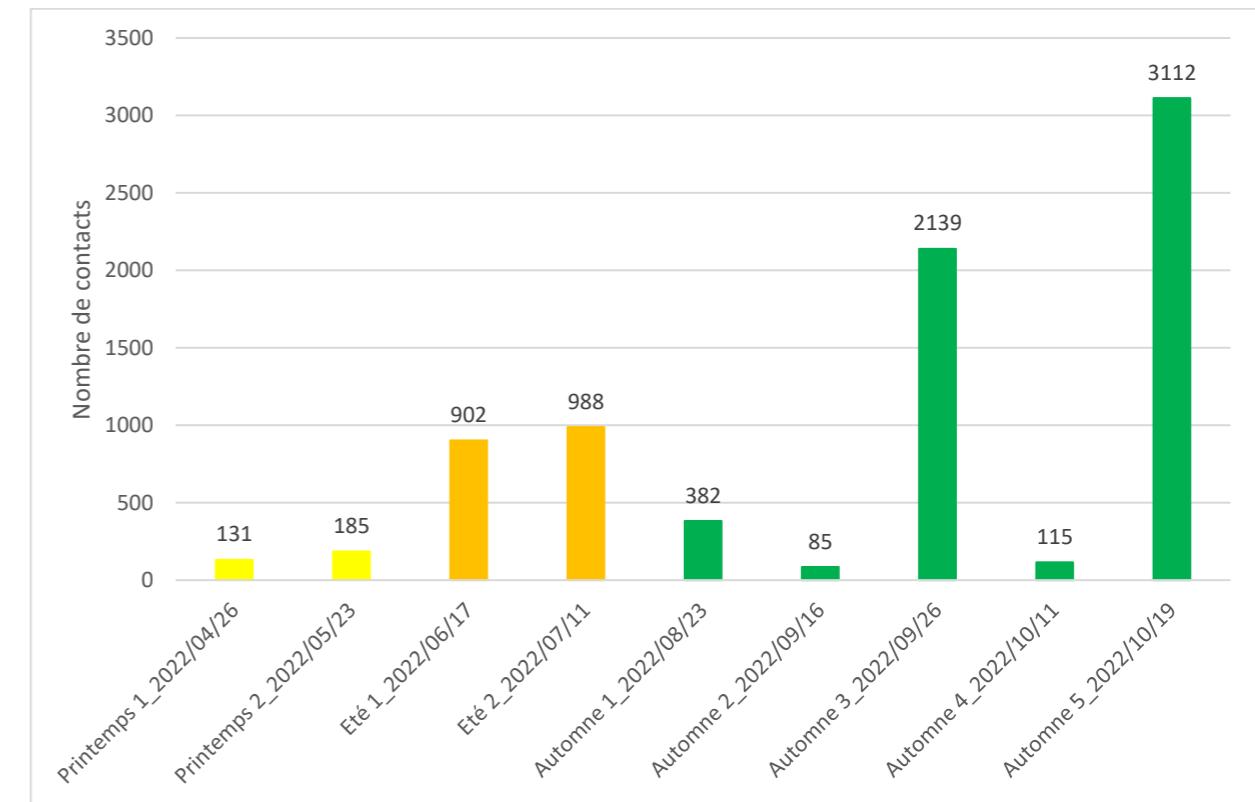
Les « **sérotules** » (complexe des noctules/sérotines) sont ici constituées très probablement en majorité par la Sérotine commune, et représentent **plus de 4 % de la part d'activité**. Aucune autre espèce n'a été formellement identifiée, les autres données concernent uniquement des « sérotules » indéterminées qui correspondent à environ 1,4 % de la part de l'activité totale.

La **Barbastelle d'Europe**, à elle toute seule représente **3,53 % de l'activité** (284 contacts) tandis que les **murins s'en partagent moins de 1,23 %** (99 contacts seulement). Parmi ces derniers, la grande majorité des contacts concerne des murins indéterminés, au minimum 17 contacts ont été identifiés en Murin de Natterer, 8 en Murin de Bechstein, 7 en Murin à moustaches et 5 en Grand Murin. Enfin, les autres Chiroptères (Oreillard et Rhinolophes) se partagent seulement 0,22 % de l'activité globale.

Distribution de contacts enregistrés / espèces / périodes

Périodes	Transit printanier	Période de parturition	Transit automnal
Dates	26/04/22 et 23/05/22	16/06/22 et 11/07/22	23/08/22, 15/09/22, 26/09/22, 11/10/22 et 19/10/22
Pression d'échantillonnage	2*3 SM4BAT (6 nuits cumulées)	2*3 SM4BAT (6 nuits cumulées)	5*3 SM4BAT (15 nuits cumulées)
Pipistrelle commune	135	1 144	5 560
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	0	51	34
Pipistrelle de Kuhl	8	271	20
Sérotine commune	2	215	24
Barbastelle d'Europe	144	30	110
Murin à moustaches	1	3	3
Murin de Bechstein	0	2	6
Murin de Natterer	0	0	17
Murin indéterminé	16	11	35
Petit Rhinolophe	1	1	4
Oreillard gris	0	0	1
Oreillard roux	0	0	2
Oreillard indéterminé	1	3	3
Pipistrelle indéterminée	0	0	1
Pipistrelle commune / pygmée	0	1	0
Pipistrelle commune / Nathusius	0	61	0
Grand Murin	0	0	5
Grand Rhinolophe	0	0	2
Pipistrelle de Nathusius	0	1	0
Complexe des « Sérotules »	8	96	6

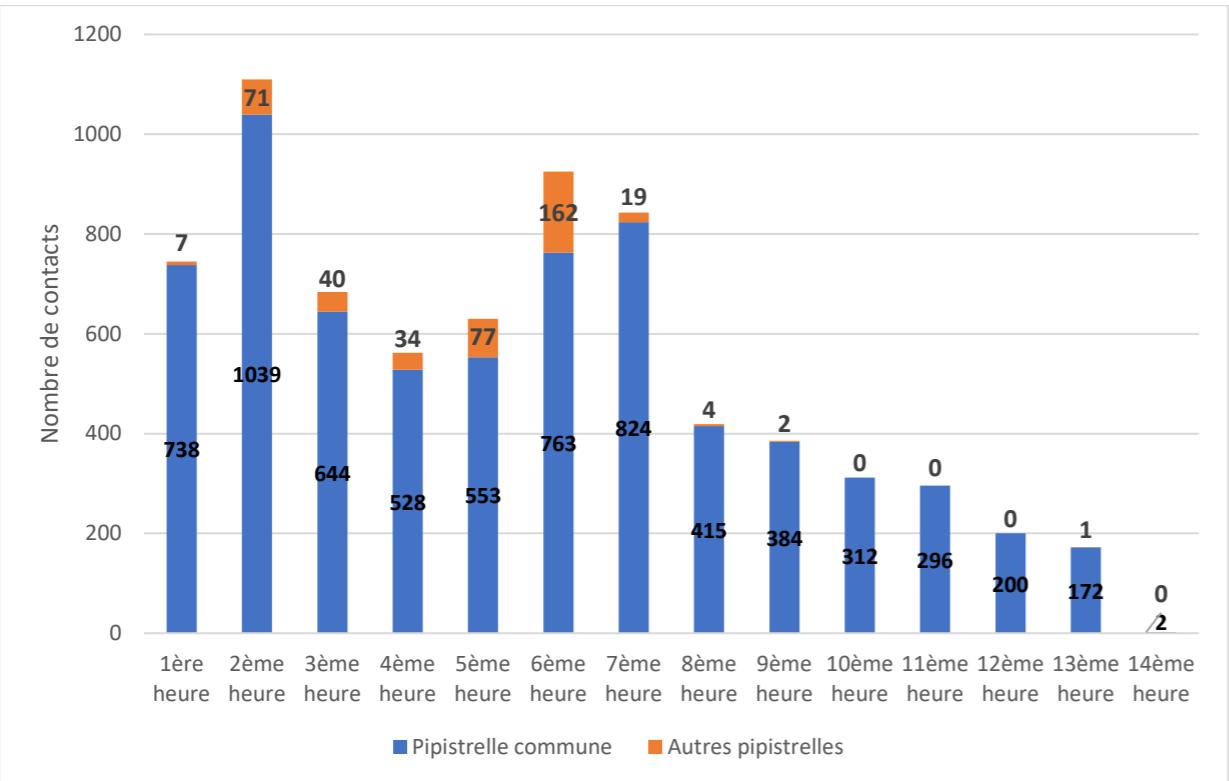
Périodes	Transit printanier	Période de parturition	Transit automnal
Dates	26/04/22 et 23/05/22	16/06/22 et 11/07/22	23/08/22, 15/09/22, 26/09/22, 11/10/22 et 19/10/22
Pression d'échantillonnage	2*3 SM4BAT (6 nuits cumulées)	2*3 SM4BAT (6 nuits cumulées)	5*3 SM4BAT (15 nuits cumulées)
Nombre minimal d'espèces + groupes d'espèces (O = oreillards)	6 + 1 (O)	8 + 1 (O)	12
Activité moyenne (par détecteur / nuit)	53	319	389
Nombre total de contacts	316	1916	5833



Distribution des contacts en fonction de la date d'échantillonnage (3 enregistreurs / date)

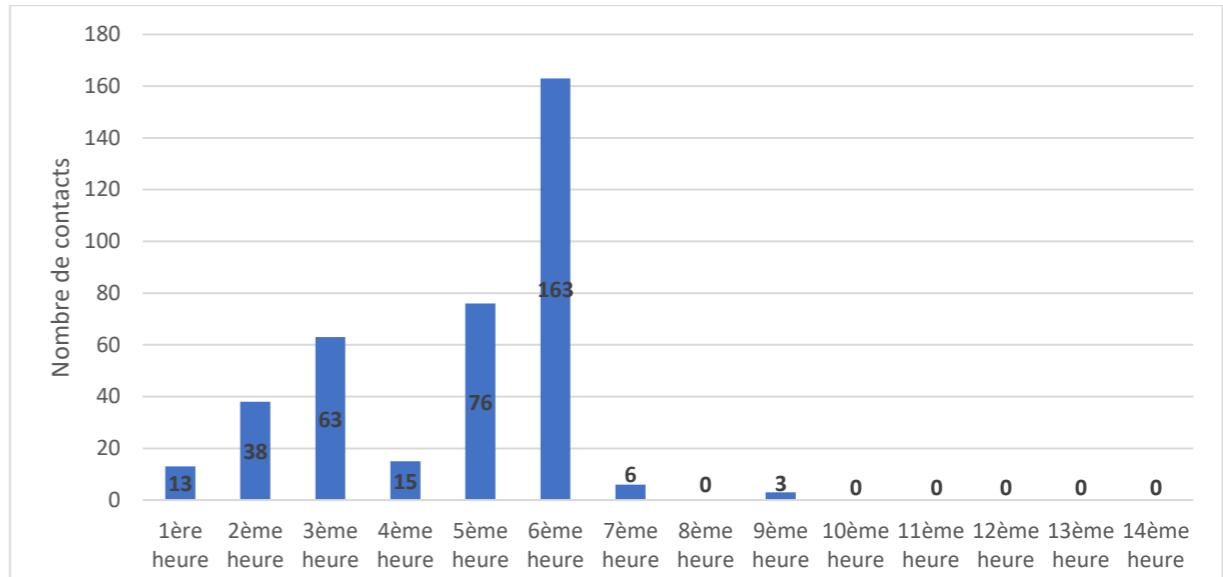
D'après les éléments ci-dessus, l'activité est supérieure durant les périodes de parturition et de transit automnal avec d'importants écarts du nombre de contacts d'un jour à l'autre en transit automnal. Ces écarts peuvent être due à des conditions météorologique plus ou moins favorable en fonction de la période ou à des flux migratoires.

Ainsi, l'aire d'étude semble être principalement utilisée par la chiroptérofaune comme zone de transit et de chasse pendant la période de mise bas des jeunes, de leur émancipation et la période de « swarming » (accouplement) et de retour au gîte d'hibernation. Il s'agit d'un schéma classique rencontré dans ce type d'habitats agricole et bocager bretons.



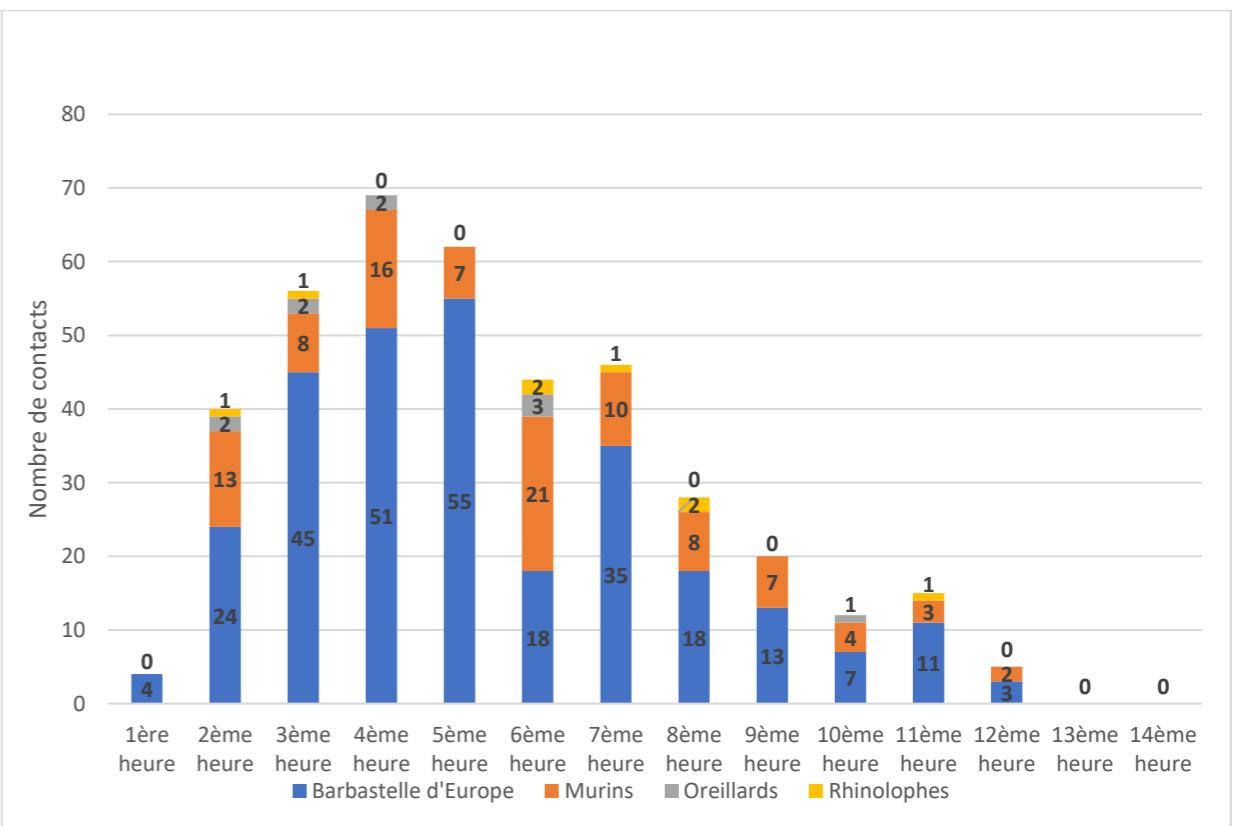
Distribution horaire de l'activité des pipistrelles en fonction de l'heure après le coucher du soleil (n=7 287 contacts de pipistrelles ; 27 nuits cumulées)

Sur l'ensemble de l'année, les contacts des différentes pipistrelles (commune et autres) représentent 90,64 % des signaux enregistrés. L'activité débute dès la première heure qui suit le coucher du soleil, atteint son pic à la deuxième heure puis diminue jusqu'à la 4^{ème} heure avant de remonter jusqu'à la 7^{ème} heure et enfin de baisser jusqu'à la 14^{ème} heure. La forte activité en début de nuit indique la présence probable de colonies de pipistrelles (espèces anthropophiles) dans les hameaux à proximités du parc. Les individus viennent chasser au sein de l'aire d'étude notamment le long des lisières sur lesquelles la plus forte activité a été mesurée. A l'inverse, pour les autres pipistrelles, l'activité plus importante en milieu de nuit indique probablement l'utilisation de la zone comme terrain de chasse.



Distribution horaire de l'activité du complexe des « Sérotules » en fonction de l'heure après le coucher du soleil (n=377 contacts de « sérotules » ; 27 nuits cumulées)

L'activité des « Sérotules » (quasi majoritairement composée de la Sérotine commune) est notée dès la première heure et augmente jusqu'à la 6^{ème} heure où elle atteint son pic avant de chuter et de devenir nulle dès la 10^{ème} heure. La faible activité en début de nuit justifie le fait que peu de colonies sont présentes au sein des villages aux alentours. Les individus viennent chasser au sein de l'aire d'étude notamment le long des lisières.



Distribution horaire de l'activité des autres chiroptères en fonction de l'heure du coucher du soleil (n=401 contacts ; 27 nuits cumulées)

L'activité des autres chiroptères (barbastelle, murins, rhinolophes, oreillards) commence dès la première heure qui suit le coucher du soleil pour la Barbastelle d'Europe et dès la 2^{ème} heure pour les autres espèces. Pour la Barbastelle d'Europe, l'activité est notée de la première heure à la 12^{ème} heure avec une augmentation jusqu'à la 5^{ème} heure puis une forte diminution jusqu'à la 12^{ème} heure. Concernant les murins, des contacts sont notés toutes les heures entre la 2^{ème} heure et la 12^{ème} heure. Des oreillards sont notés ponctuellement entre la 2^{ème} et la 10^{ème} heure. Les rhinolophes sont présents en début et en fin de nuit, le parc pouvant être situé sur le trajet entre leurs gîtes et leurs zones d'alimentation. Globalement, ces résultats laissent à supposer la présence de gîtes dans un périmètre un peu plus éloigné que le parc et une attractivité de la zone d'étude pour la chasse.



4.2.1 TRANSIT PRINTANIER (SUIVI PASSIF AU SOL)

Les **2 nuits d'écoute passive** ont permis d'enregistrer 316 contacts de chiroptères à raison de :

- 131 contacts analysés et collectés lors de la nuit du 26/04/2022 ;
- 185 contacts analysés et collectés lors de la nuit du 23/05/2022.

Sept espèces ont, a minima, été identifiées durant cette période.

Globalement, la station fixe disposée au niveau des milieux plus ouverts et moins connectés (**point 3, SM4 disposé au sein des fourrés en pied d'éolienne**) a enregistré une activité chiroptérologique plus faible. Les contextes de lisières et de haies (points 1 et 2, SM4 disposé en lisière bocagère) sont le lieu d'une activité chiroptérologique plus hétérogène et plus importante qu'en milieu plus ouvert. L'activité sur la période reste **faible dans l'ensemble** avec tout de même **une activité ponctuellement « assez forte » à « forte » de la Barbastelle d'Europe sur les points 1 et 2**.

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus durant la période printanière. La localisation des points d'écoute est disponible sur la carte de synthèse de l'activité chiroptérologique page suivante. Les résultats relatifs à l'activité horaire maximale est issue du référentiel TBM environnement/Écosphère, alors que l'activité chiroptérologique par espèce est issue et définie selon le référentiel du GMB (<https://gmb.bzh/activite-chauves-souris/>).

Synthèse de l'activité chiroptérologique détectée - période de migration/transit printanière (suivi passif de type SM4BAT)

Point d'écoute	Dates	Activité horaire max	Nbre total de contacts	Barbastelle d'Europe	Murin indét.	Murin à moustaches	Oreillard indét.	Petit Rhinolophe	Pipistrelle commune	Pipistrelle de Kuhl	Sérotine commune	Sérotule
1	Nuit du 26 au 27/04/2022	19	51	13	8	1	0	0	28	1	0	0
	Nuit du 23 au 24/05/2022	46	151	104	0	0	0	0	41	6	0	0
2	Nuit du 26 au 27/04/2022	28	77	27	4	0	0	1	45	0	0	0
	Nuit du 23 au 24/05/2022	18	27	0	1	0	0	0	16	1	1	8
3	Nuit du 26 au 27/04/2022	2	3	0	2	0	1	0	0	0	0	0
	Nuit du 23 au 24/05/2022	6	7	0	1	0	0	0	5	0	1	0

Activités chiroptérologique en période de transit printanier

Suivi environnemental en exploitation du Parc éolien de Keranfouler (22)



- Limites communales
- Rayon de 50 m autour de l'éolienne
- Eoliennes
- ▲ Point d'écoute passive (SM4Bat)

Niveau du taux de fréquentation

- Quasi-permanent
- Très important
- Important
- Moyen
- Faible
- Très faible
- Nul



Carte réalisée par TBM, 2023

Sources : TBM 2022, BD Topo@IGN, Ecosphère
Fond cartographique : BD Ortho 2021@IGN



Distribution spatiale des activités horaires maximales en période de transit printanier par date et par point d'écoute passive

4.2.2 PERIODE D'ESTIVAGE ET DE PARTURITION (SUIVI PASSIF)

Les 2 nuits d'écoute passive ont permis d'enregistrer un total de 1 916 contacts de chiroptères :

- 928 contacts analysés et collectés lors de la nuit du 16/06/2022 ;
- 988 contacts analysés et collectés lors de la nuit du 11/07/2022.

Neuf espèces ont, a minima, été identifiées durant cette période.

Globalement, les stations fixes disposées au niveau des milieux plus ouverts et moins connectés (points 6 et 7) ont enregistré un nombre total de contacts plus faible. L'activité de ces deux points concerne essentiellement les pipistrelles et les sérotules qui sont des groupes d'espèces pouvant voler à plusieurs dizaines voire centaines de mètres d'altitude pour les sérotules. L'activité horaire peut toutefois être considérée comme ponctuellement « forte » sur le point 6. Le point 4, situé le long d'une haie, est celui qui cumule le plus de contacts notamment de pipistrelles et de sérotules mais également quelques contacts d'espèces plus forestières et bocagères comme la **Barbastelle d'Europe, le Murin à moustaches ou les oreillard**s. Le point 5 situé en milieu ouvert reste moins éloigné des milieux arborés que les points 6 et 7. La diversité d'espèces et le nombre de contacts pour ce dernier apparaissent plus importants que pour les deux autres. La diversité spécifique du point 5 est moins importante que celle du point 4 mais le nombre de contact total est équivalent. Les contextes de lisières arborées/arbustives (point 4) sont le lieu d'une activité chiroptérologique plus hétérogène mais soutenue avec des niveaux d'activité « assez fort » à « fort ». La majorité des contacts obtenus correspond à une activité de Pipistrelle commune avec 1 144 contacts, soit près de 60% de l'activité chiroptérologique globale. Notons toutefois une activité qualifiée de « moyenne » à « assez forte » localement pour la Sérotine commune, de ponctuellement « moyenne » pour la Barbastelle d'Europe et globalement moyenne pour la Pipistrelle de Kuhl.

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus durant la période de parturition. Les localisations des points d'écoute sont disponibles sur la carte de synthèse de l'activité chiroptérologique page suivante. Les résultats relatifs à l'activité horaire maximale est issue du référentiel TBM environnement/Écosphère, alors que l'activité chiroptérologique par espèce est issue et définie selon le référentiel du GMB (<https://gmb.bzh/activite-chauves-souris/>) excepté pour le Murin de Bechstein dont l'activité est définie selon le référentiel Vigie-Chiro (<https://www.vigienature.fr/sites/vigienature/files/documents/referentielsvc.pdf>).

Synthèse de l'activité chiroptérologique détectée - période de parturition (suivi passif de type SM4BAT)

Point d'écoute	Dates	Activité horaire max	Nbre total de contacts	Barbastelle d'Europe	Murin indét.	Murin à moustaches	Murin de Bechstein	Oreillard indét.	Petit Rhinolophe	Pipistrelle commune	Pipistrelle / pygmée	Pipistrelle de Natusius	Pipistrelle commune / Natusius	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle de Kuhl / Natusius	Sérotine commune	Sérotule
4	Nuit du 16 au 17/06/2022	80	385	19	4	0	1	3	0	299	0	0	7	44	7	1	0
	Nuit du 11 au 12/07/2022	251	727	6	3	3	0	0	1	455	0	0	1	61	16	110	71
5	Nuit du 16 au 17/06/2022	112	413	5	4	0	0	0	0	258	1	0	22	48	19	52	4
6	Nuit du 16 au 17/06/2022	29	104	0	0	0	0	0	0	87	0	1	0	5	3	3	5
	Nuit du 11 au 12/07/2022	141	195	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	99	2	37	12
7	Nuit du 11 au 12/07/2022	27	66	0	0	0	1	0	0	0	0	0	31	14	4	12	4

Activités chiroptérologique en période de parturition

Suivi environnemental en exploitation du Parc éolien de Keranfouler (22)



- Limites communales
 - Rayon de 50 m autour de l'éolienne
 - Eoliennes
 - ▲ Point d'écoute passive (SM4Bat)
- Niveau du taux de fréquentation
- Quasi-permanent
 - Très important
 - Important
 - Moyen
 - Faible
 - Très faible
 - Nul



0 70 140 m
N

Carte réalisée par TBM, 2023
Sources : TBM 2022, BD Topo@IGN, Ecosphère
Fond cartographique : BD Ortho 2021@IGN

Distribution spatiale des activités horaires maximales en période de parturition par date et par point d'écoute passive

4.2.3 PERIODE DE TRANSIT POST-PARTURITION ET AUTOMNAL (SUIVI PASSIF)

Les 5 nuits d'écoute passive ont permis d'enregistrer 5 833 contacts de chiroptères, dont :

- 382 contacts analysés et collectés lors de la nuit du 23/08/2022 ;
- 85 contacts analysés et collectés lors de la nuit du 16/09/2022 ;
- 2 139 contacts analysés et collectés lors de la nuit du 26/09/2022 ;
- 115 contacts analysés et collectés lors de la nuit du 11/10/2022 ;
- 3 112 contacts analysés et collectés lors de la nuit du 19/10/2022.

12 espèces ont, a minima, été inventoriées durant cette période.

Globalement, les stations fixes 5, 6 et 7 disposées en milieux ouverts, ont enregistré les activités chiroptérologiques les plus faibles avec moins d'1% de l'activité globale sur la période pour un tiers des SM4 posés. Le point 2 avec 3 nuits d'enregistrements récolte à lui seul 87% des contacts de chiroptères sur la période. Pour les nuits du 26 au 27 septembre et du 19 au 20 octobre l'activité horaire maximum y est considérée comme « très forte » et l'activité des Pipistrelles communes également. Les points d'écoute 1, 3 et 4, posés en bordures de haies ou de landes à ajoncs et genêts, se situent entre le point 2 et les points 5, 6 et 7 en termes de nombre de contacts. Les points ayant eu la plus grande diversité d'espèces sont les points 3 et 4 avec 8 espèces contactées sur chacun d'eux. La très grande majorité des contacts obtenus correspond à une activité de Pipistrelle commune avec 5 560 contacts enregistrés, soit plus de 95% de l'activité chiroptérologique globale avec des activités qualifiées « très fortes » sur le point d'écoute 2. De même, notons des activités ponctuellement « fortes » enregistrées chez certaines espèces comme la Barbastelle d'Europe, le Murin de Natterer et la Sérotine commune et de ponctuellement « très forte » pour le Grand Murin.

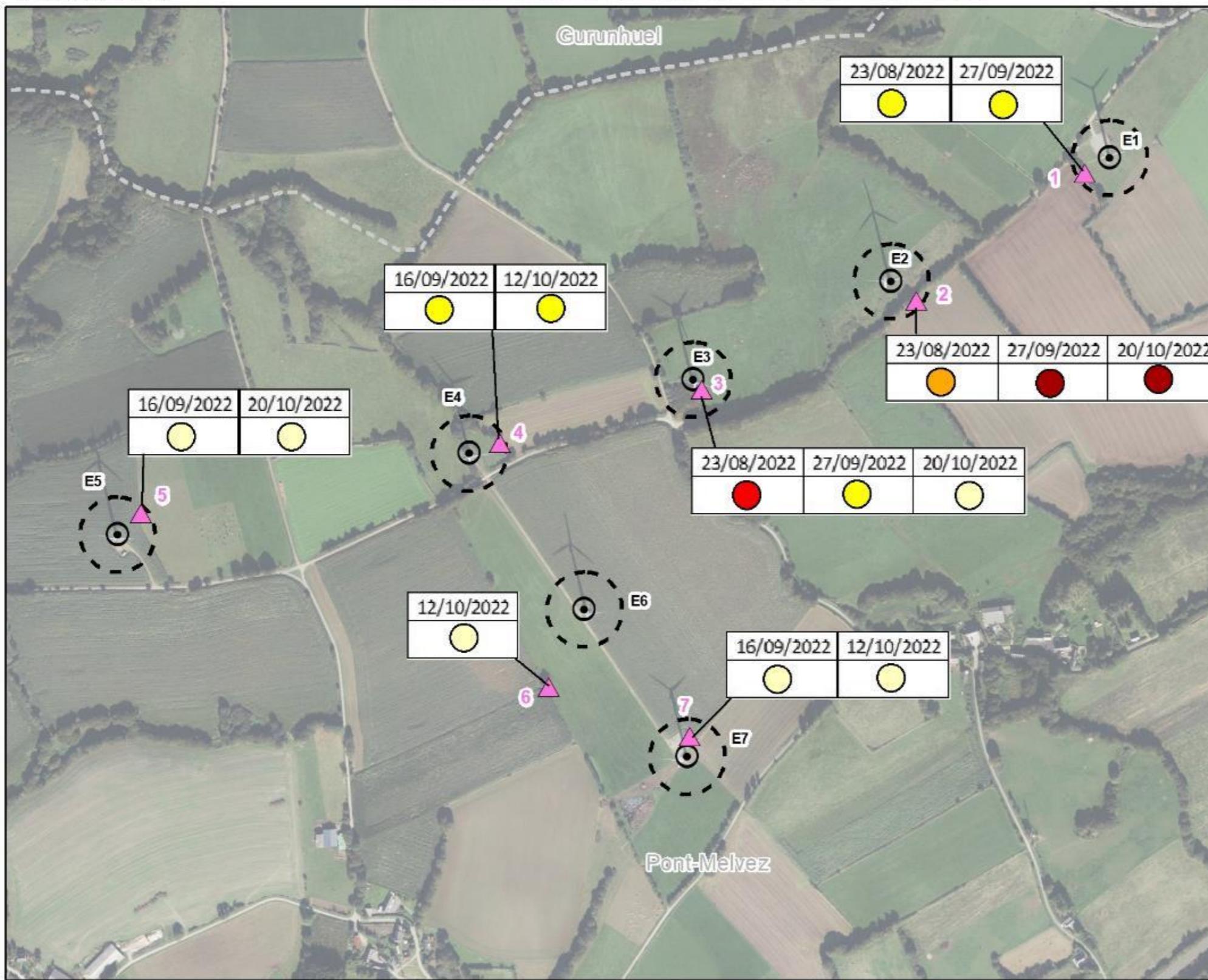
Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus durant la période automnale. Les localisations des points d'écoute sont disponibles sur la carte de synthèse de l'activité chiroptérologique page suivante. Les résultats relatifs à l'activité horaire maximale est issue du référentiel TBM environnement/Écosphère, alors que l'activité chiroptérologique par espèce est issue et définie selon le référentiel du GMB (<https://gmb.bzh/activite-chauves-souris/>) excepté pour le Murin de Bechstein dont l'activité est définie selon le référentiel Vigie-Chiro (<https://www.vigienature.fr/sites/vigienature/files/documents/referentielsvc.pdf>).

Synthèse des résultats obtenus en période de transit post-parturition et automnal (suivi passif de type SM4BAT)

Point d'écoute	Dates	Activité horaire max	Nbre total de contacts	Barbastelle d'Europe	Grand Murin	Grand Rhinolophe	Murin indét.	Murin à moustaches	Murin de Natterer	Murin de Bechstein	Oreillard indét.	Oreillard gris	Oreillard roux	Petit Rhinolophe	Pipistrelle indét.	Pipistrelle commune	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	Sérotine commune	Sérotule
1	Nuit du 23 au 24/08/2022	18	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	3	2	9	0
	Nuit du 26 au 27/09/2022	48	157	51	0	0	5	0	2	0	0	0	0	2	0	81	10	6	0	0
2	Nuit du 23 au 24/08/2022	104	174	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	159	1	0	10	2
	Nuit du 26 au 27/09/2022	399	1848	4	0	0	6	0	6	0	0	0	0	0	0	1830	0	2	0	0
	Nuit du 19 au 20/10/2022	362	3070	27	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3035	2	3	1	0
3	Nuit du 23 au 24/08/2022	147	181	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152	1	19	4	4
	Nuit du 26 au 27/09/2022	36	134	7	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	122	0	1	0	0
	Nuit du 19 au 20/10/2022	9	35	0	1	0	13	0	7	4	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
4	Nuit du 15 au 16/09/2022	35	68	8	0	2	4	0	0	0	1	0	1	2	0	48	1	1	0	0
	Nuit du 11 au 12/10/2022	30	97	6	4	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	83	0	0	0	0
5	Nuit du 15 au 16/09/2022	7	15	1	0	0	2	0	1	2	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0
	Nuit du 19 au 20/10/2022	4	7	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
6	Nuit du 11 au 12/10/2022	7	15	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	11	0	0	0	0
7	Nuit du 15 au 16/09/2022	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	Nuit du 11 au 12/10/2022	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0

Activités chiroptérologique en période de transit automnal

Suivi environnemental en exploitation du Parc éolien de Keranfouler (22)



Carte réalisée par TBM, 2023
Sources : TBM 2022, BD Topo@IGN, Ecosphère
Fond cartographique : BD Ortho 2021@IGN



Distribution spatiale des activités horaires maximales en période de transit automnal par date et par point d'écoute passive



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 7 éoliennes du parc de Keranfouler, dans un rayon de 50 m autour des mâts et au cours de 30 passages, un total de **5 cadavres** a été découvert, dont **4 oiseaux et 1 chauve-souris**. Un cadavre d'oiseau supplémentaire a été détecté au-delà du rayon de prospection. Ce cadavre n'a pas été pris en compte pour les estimations de la mortalité globale mais sera néanmoins traité pour l'analyse des impacts.

5.1.1 REPARTITION SPATIALE

Voir la carte « Localisation des cadavres ».

Les cadavres découverts sur le parc de Keranfouler sont distribués de manière hétérogène entre les éoliennes. Ainsi, 2 cadavres ont respectivement été découverts sous chacune des machines E3 et E4 et un cadavre a été découvert sous E1. Les oiseaux et les chauves-souris sont également répartis de façon irrégulière sur le parc, avec une mortalité constatée de 2 oiseaux sous chacune des machines E3 et E4 et de 1 chiroptère sous E1.

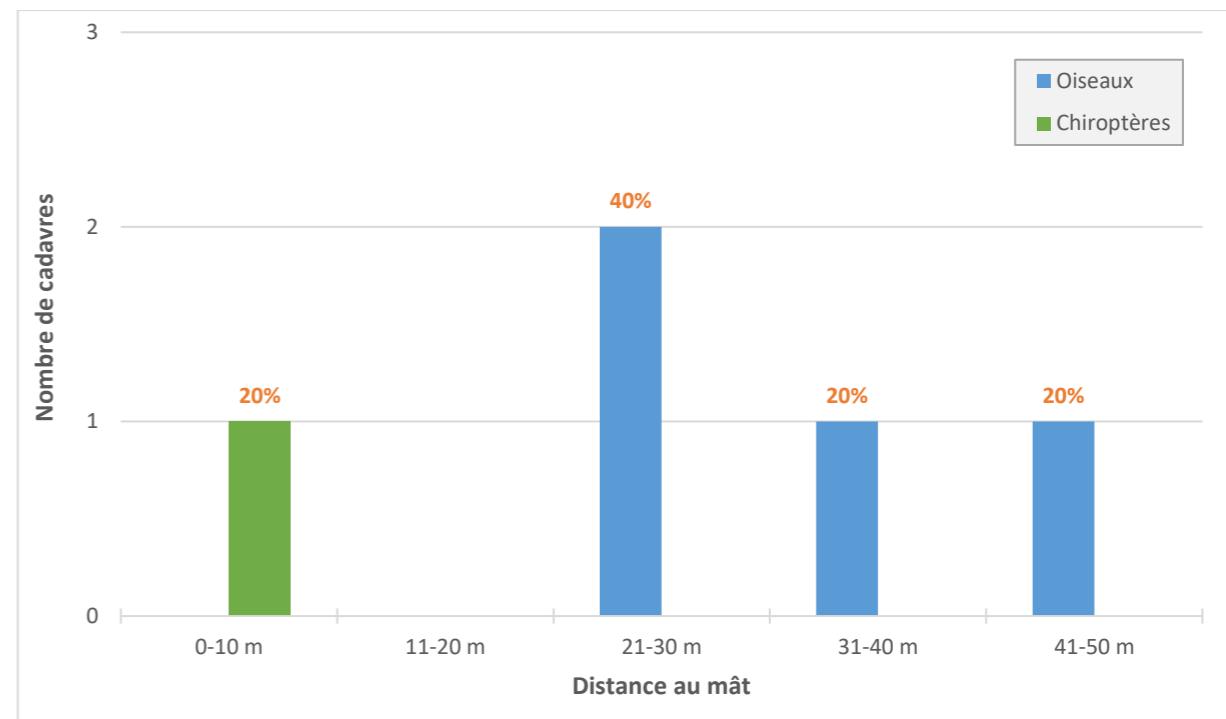
Le contexte paysager est hétérogène sur le parc, avec une topographie et une occupation du sol différentes entre les machines, ce qui explique en partie les résultats obtenus.

Répartition des cadavres découverts en 2022 (n = 5)

Éolienne n°	Nombre de cadavres découverts	Chiroptères	Oiseaux
E1	1	1	0
E2	0	0	0
E3	2	0	2
E4	2	0	2
E5	0	0	0
E6	0	0	0
E7	0	0	0
TOTAL	5	1	4

Par rapport à la distance au mât, les cadavres sont répartis de manière assez homogène dans les 50 mètres autour du mât.

Les résultats obtenus sont probablement fiables, les surfaces prospectées étant importantes sur le parc de Keranfouler. Même si les 10 premiers mètres autour des mâts sont généralement constitués de surface de très bonne visibilité (plateformes) présentant les taux de détection les plus élevés, des cadavres ont été trouvés dans la quasi-totalité des tranches de distance, ce biais est donc limité.



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

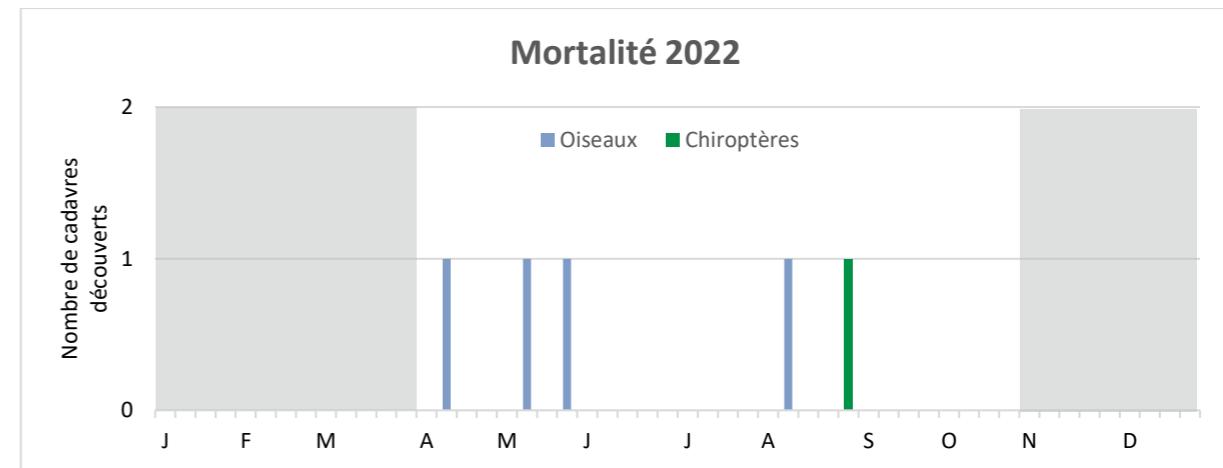
5.1.2 REPARTITION TEMPORELLE ET ESPECES CONCERNES

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 = 5). 2 périodes ont été définies, en fonction des passages réalisés et des périodes d'activité de la faune, pour des raisons de cohérence dans les analyses.

N° de passage	Date	Chiroptères	Oiseaux	Total
1	08/04/2022	0	0	0
2	13/04/2022	0	1	Faucon émerillon (E4)
3	20/04/2022	0	0	0
4	29/04/2022	0	0	0
5	05/05/2022	0	0	0
6	11/05/2022	0	1	Linotte mélodieuse (E3)
7	18/05/2022	0	0	0
8	24/05/2022	0	1	Passereau indéterminé (E3)
9	31/05/2022	0	0	0
10	07/06/2022	0	0	0
11	14/06/2022	0	0	0
12	21/06/2022	0	0	0
13	28/06/2022	0	0	0
14	05/07/2022	0	0	0
15	12/07/2022	0	0	0
16	19/07/2022	0	0	0

N° de passage	Date	Chiroptères		Oiseaux		Total
17	26/07/2022	0		0		0
18	02/08/2022	0		0		0
19	09/08/2022	0		1	Grive musicienne (E4)	1
20	17/08/2022	0		0		0
21	23/08/2022	0		0		0
22	30/08/2022	1	Pipistrelle de Kuhl (E1)	0		1
23	06/09/2022	0		0		0
24	13/09/2022	0		0		0
25	20/09/2022	0		0		0
26	27/09/2022	0		0		0
27	04/10/2022	0		0		0
28	12/10/2022	0		0		0
29	19/10/2022	0		0		0
30	26/10/2022	0		0		0



Répartition de la mortalité au cours de l'année 2022 (n=5). La période non suivie apparaît grisée.

Des cadavres ont été trouvés durant la majorité du suivi, entre le 13 avril et le 30 août 2022. Les oiseaux ont été détectés durant toute cette période. Le statut des espèces trouvées est variable, avec des individus locaux (Linotte mélodieuse, Grive musicienne) et des migrateurs (Faucon émerillon).

Une seule chauve-souris a été trouvée le 30 août. Il s'agit d'une Pipistrelle de Kuhl qui est une espèce sédentaire.

La mortalité constatée en 2022 se compose ainsi de :

- **4 oiseaux appartenant à 3 espèces** : Un Faucon émerillon [migrateur], une Linotte mélodieuse [local], une Grive musicienne [local] et un passereau indéterminé ;
- **1 chiroptère appartenant à 1 espèce** : 1 Pipistrelle de Kuhl [locale].

Les cadavres découverts sont majoritairement concentrés sous les éoliennes 3 et 4 (4 cadavres au total).



Pipistrelle commune, sous E1 le 30 août 2022 (G. Le Guen - TBM environnement)



Faucon émerillon, sous E4 le 13 avril 2022 (L. Fauverteix - TBM environnement)

Mortalité sur le parc de Keranfouler

Suivi environnemental en exploitation du Parc éolien de Keranfouler (22)



- Limites communales
- Rayon de 50 m autour de l'éolienne
- Eoliennes
- Avifaune**
 - Alouette des champs - *Alauda arvensis* (HP)
 - Faucon émerillon - *Falco columbarius*
 - Grive musicienne - *urdus philomelos*
 - Linotte mélodieuse - *Linaria cannabina*
 - Passereau indéterminé
- Chiroptères**
 - Pipistrelle de Kuhl - *Pipistrellus kuhlii*

* HP : La mention HP signifie que l'espèce a été observée Hors Protocole



0 70 140 m
N

Carte réalisée par TBM, 2023
Sources : TBM 2022, BD Topo@IGN, EDP renewables
Fond cartographique : BD Ortho 2021@IGN

5.2 VARIABLES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE

5.2.1 PERSISTANCE DES CADAVRES (VARIABLE P)

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

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

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

Taux de persistance des leurres déposés au pied des éoliennes.

	J+1		J+3		J+7		J+10		J+14	
	p	Tm								
Moyenne (69 leurres)	0,65	0,8 j	0,29	1,5 j	0,12	1,7 j	0,07	1,9 j	0,07	2,2 j

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

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

Les résultats bruts des tests de persistance ont également été implémentés dans l'application GenEst, en indiquant pour chaque faux-cadavre utilisé le dernier jour d'observation et le premier jour où il a été noté disparu/prédaté. Une probabilité de persistance « r » a ensuite été modélisée à partir de modèles statistiques dits d'« analyse de survie » et basés sur la méthode du maximum de vraisemblance¹⁷. 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. La persistance a été modélisée sur GenEst à partir des leurres déposés sur le parc de Keranfouler.

Probabilité de persistance r calculée avec GenEst

GenEst	Période de suivi (avril à octobre)		
	Médiane	[IC 10 - 90%]	
Probabilité de persistance (r)	0,314 à j+7	0,273	0,359

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

- Temps moyen de persistance (Tm) = 1,7 j à j+7 ;
- Taux de persistance (p) = 12 % à j+7.
- Probabilité de persistance (r) = 0,31 [IC 80 % : 0,27 - 0,36] (j+7).

La persistance est faible sur la période suivie (de début avril à fin octobre). **L'intervalle important entre les passages (un passage tous les 7 j) ne permet pas de réduire les biais liés à la disparition relativement rapide des cadavres** (12 % des cadavres sont toujours en place au bout de 7 j). On constate donc un fort degré d'imprécision.

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

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

Ainsi, dans des conditions normales de recherche, 122 leurres ont été retrouvés par les observateurs sur les 136 disposés en deux sessions au sein des différents types de végétation.

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

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

L'efficacité de l'observateur a été modélisée pour chaque période et pour les deux niveaux de visibilité prospectés en période 1 (en période 2, le modèle le plus adapté est constant et n'intègre pas de différence entre les visibilités car le nombre de leurres déposés dans les zones de visibilité moyenne n'est pas assez significatif) :

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

Visibilité	Test de détectabilité pour la 1 ^{ère} période		Test de détectabilité pour la 2 ^{ème} période	
	Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]
Bonne	0,86	0,8	0,91	
Moyenne	0,63	0,4	0,81	
TOTAL	0,84	0,77	0,88	0,96
			0,91	0,98

L'efficacité de l'observateur a été modélisée selon les deux tailles de leurres utilisées en période 2 (en période 1, le modèle le plus adapté est constant et n'intègre pas de différence entre les tailles de leurres car pas significatif). Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après :

¹⁷ 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>.

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

Taille de leurre	Test de détectabilité pour la 1 ^{ère} période		Test de détectabilité pour la 2 ^{ème} période	
	Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]
Petit	0,84	0,77	0,88	0,91 0,82 0,96
Moyen				0,98 0,95 1,00
TOTAL	0,84	0,77	0,88	0,95 0,91 0,98

Résultats des tests de détectabilité obtenus avec GenEst

Test de détectabilité globale		
Médiane	[IC 10 - 90%]	
0,89	0,85	0,92

En moyenne pour la seconde période, il en ressort **un taux d'efficacité (ou de détection) de 0,91 pour les petits leurres (assimilés à des chauves-souris ou des petits passereaux) et de 0,98 pour les leurres de taille moyenne (qu'on peut rapprocher aux turdidés par exemple)**.

Le taux moyen de détection est considéré comme bon, avec 89 % [IC 80 % : 0,85 - 0,92] de leurres découverts sur l'ensemble de la période de prospection.

5.2.3 AJUSTEMENT DE LA SURFACE REELLEMENT CONTROLEE (VARIABLE A)

Les surfaces de prospection ont été variables au cours de l'année ainsi que d'une éolienne à l'autre, 2 périodes distinctes ont donc été définies pour l'analyse.

Le tableau ci-dessous synthétise ces résultats par éolienne.

Surface moyenne prospectée (%) par éolienne en 2022

Éolienne	Moyenne sur la période 1 (avril-juillet)	Moyenne sur la période 2 (août-octobre)	Moyenne sur l'ensemble du suivi :
E1	66 %	47 %	57 %
E2	23 %	22 %	23 %
E3	34 %	36 %	35 %
E4	59 %	61 %	60 %
E5	21 %	59 %	37 %
E6	42 %	68 %	53 %
E7	60 %	73 %	66 %
Moyenne sur l'ensemble du parc :	44 %	52 %	47 %

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 de l'ensemble du parc, à savoir **47 %**. C'est cette surface moyennée à l'ensemble du parc pour toute la durée du suivi 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 faible à modérée. Elle est hétérogène entre les éoliennes, avec 23 à 66 % de surface prospectée par éolienne sur l'ensemble du suivi. 3 éoliennes sur 7 ont une surface moyenne prospectée inférieure à 40 %, les estimations statistiques sont donc à prendre avec précaution (Behr et al., 2011).

5.2.4 FAISABILITE DES ESTIMATIONS DE LA MORTALITE

Les différentes variables calculées sont censées permettre de corriger les résultats afin d'exprimer une estimation de la mortalité à l'échelle des éoliennes et des périodes suivies. **Il est néanmoins nécessaire d'analyser si ces paramètres sont suffisamment robustes et représentatifs pour éviter d'aboutir à des estimations trop aléatoires et ininterprétables.** TBM environnement, Agence Ouest d'Ecosphère, 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 échantillonnes et de la persistance locale. Le nombre de cadavres 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**, l'observateur ayant réalisé la majorité des passages du suivi de la mortalité a été testé. Une méthodologie standardisée a été suivie. L'efficacité de recherche est bonne et les incertitudes générées sont 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, rats et poussins) pour intégrer une différence de persistance entre les chauves-souris et les oiseaux. L'intégration de la persistance locale mesurée d'après ces leurres dans les applications permettra de corriger avec fiabilité les différentes estimations par groupe impacté. Dans le cas du parc de Keranfouler, la persistance est faible et génère une certaine incertitude.

Enfin, s'agissant des **surfaces prospectées**, les biais sont importants. En effet, la surface de prospection moyenne est de 47 %, ce qui est moyen, les estimations qui en résulte sont donc à prendre avec précaution.

Les interprétations faisant suite aux estimations prennent compte de ces biais.

En conséquence de tous ces éléments, des estimations statistiques ont été poursuivies en scindant les estimations 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 30 passages compris entre le 08/04 et le 26/10/2022 pour l'ensemble des éoliennes. Cette période correspond à la quasi-totalité de la période d'activité des chiroptères ainsi qu'aux périodes de migration et de nidification des oiseaux. Toutefois, des cas de mortalité se produisent également en dehors de ces périodes.

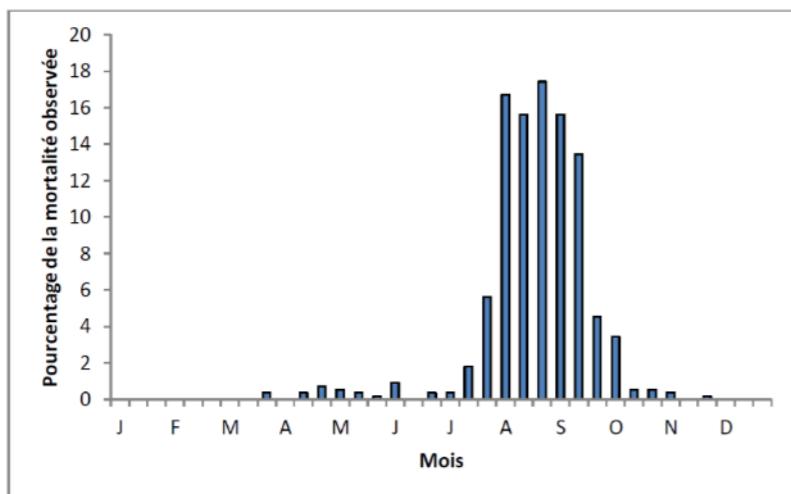


L'analyse des différentes sources bibliographiques révèle que le risque moyen de collision n'est pas égal au cours d'une année. Le tableau et le graphique ci-dessous montrent ainsi l'importance de la période située entre juillet et octobre.

Répartition annuelle de la mortalité chiroptérologique selon différentes sources bibliographiques

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

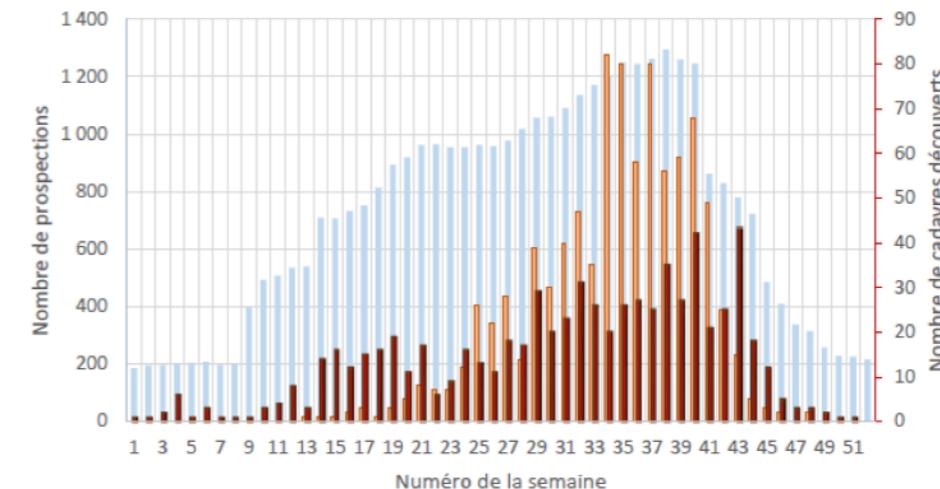
Le graphique suivant, un peu ancien, présente la répartition temporelle des cadavres récoltés pour 551 chauves-souris en Allemagne ([Dürr 2007 cité par Jones & al., 2009](#)). Ces données ont été reprises dans le graphique par Ecosphère ([Heitz & Jung, 2017](#)) pour disposer de pourcentages par décades.



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

■ Prospections ■ Chauves-souris ■ Oiseaux



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 présentée ci-dessous.

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

Pourcentage de mortalité (toutes espèces)	Chiroptères	Oiseaux	
Mi-mai à juillet (semaines 20 à 30) => période de reproduction	20 %	Pas de données entre mi-mai et juillet	25 % 1 cadavre entre mi-mai et juillet, soit 25 %
Août à octobre (semaines 31 à 43) => migration postnuptiale, mouvements locaux	75 %	1 cadavre entre août et octobre, soit 100 %	50 % 1 cadavre entre août et octobre, soit 25 %
Reste de l'année	5 %	Pas de données entre novembre et mi-mai	25 % 2 cadavres entre novembre et mi-mai, soit 50 %

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.

Ainsi, sur la base des données bibliographiques et des résultats recueillis en 2022, il apparaît que le suivi mené sur le parc de Keranfouler 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 :

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

Basés sur une compilation de différentes sources bibliographiques, ces coefficients correcteurs ne peuvent être directement appliqués à nos calculs et sont présentés ci-dessus à titre indicatif. Toutefois, ils illustrent un fait important : le suivi de la mortalité concerne la majeure partie du cycle biologique de la faune volante mais la mortalité engendrée par les éoliennes en dehors des périodes

de suivi est inconnue. Par ailleurs, il peut exister des variables locales qui font que la mortalité sur certains parcs n'est pas comparable à la bibliographie connue. **Les estimations réalisées sur le suivi de 2022 concernent uniquement la période suivie. Aucune extrapolation de la mortalité estimée ne peut être réalisée sur la période non suivie.**

Pour rappel, le premier suivi post-implantation réalisé dans le cadre du suivi ICPE a couvert une plus large période (année complète) mais avec un nombre de passage proportionnellement moins important.

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 est 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	Keranfouler
Période du suivi	Début avril - fin octobre 2022
Nbre d'éoliennes suivies	7
c (nombre de cadavres brut découverts sous les éoliennes dans un rayon de 50 m)	5
d (taux de détection moyen)	0,89
p (taux de persistance durant l'intervalle 7j)	0,12
Tm (durée moyenne de persistance durant l'intervalle)	1,7 jours

Paramètres	Keranfouler
r (probabilité de persistance durant l'intervalle)	0,31 [IC 80 % : 0,27 - 0,36] (à j+7)
I (intervalle moyen entre 2 visites)	6,9 jours
n (nombre de passage)	30
Sk (surface prospectée moyenne)	47 %

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 Keranfouler (7 éoliennes suivis du 8 avril au 26 octobre 2022). 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 ¹⁸)	Mortalité brute	Erickson		Huso		Jones	
		Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]
TOTAL (Chauves-souris plus oiseaux)	5	39,3	18,5 68,3	41,1	19,5 71,8	64,0	28,1 138,6

Le modèle d'Huso donne une valeur médiane de la mortalité globale (chauves-souris et oiseaux) d'environ **41,1 individus [IC 80 % : 19,5 - 71,8]** impactés sur l'ensemble du parc sur l'ensemble du suivi (début avril à fin octobre, sur 30 passages).

Le modèle de Jones donne une valeur médiane de la mortalité globale (chauves-souris et oiseaux) d'environ **64 individus [IC 80 % : 28,1 - 138,6]** impactés sur l'ensemble du parc sur l'ensemble du suivi (début avril à fin octobre, sur 30 passages).

Les intervalles de confiance obtenus pour Huso sont assez resserrés, mais une certaine imprécision de l'estimation statistique persiste, imprécision plus importante pour Jones dont les intervalles de confiance sont importants. Cela sous-entend que ces valeurs estimées sont à prendre avec précaution. Les biais induits dans les estimations (l'absence d'intégration des différences de surfaces prospectées

¹⁸ EolApp permet de sélectionner le principe méthodologique utilisé pour 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 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.

entre les éoliennes étant le principal) conduisent à des estimations moins précises et probablement surestimées dans le cas présent pour le modèle de Jones. Une intégration détaillée des variables dans les modélisations peut permettre d'affiner ces estimations, et ainsi les rendre plus justes.

5.3.2 ESTIMATIONS DE LA MORTALITÉ AVEC GENEST

Les tableaux suivants présentent les résultats des estimations de la mortalité réelle pour le parc de Keranfouler (7 éoliennes suivis du 8 avril au 26 octobre 2022) 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 brutes du parc.

Résultats des estimations de la mortalité réelle obtenus avec GenEst

Estimation avec GenEst	Période	Mortalité brute	Médiane	[IC 10 - 90%]	Ensemble du suivi
Chiroptères	Période 1	0	/	/	4,8 [1 - 11,0]
	Période 2	1	4,8	1,0 - 11,0	
Oiseaux	Période 1	3	32,9	10,2 - 62,7	37,1 [14,3 - 68,0]
	Période 2	1	4,0	1,0 - 9,0	
Chiroptères et oiseaux	Période 1	3	32,9	10,2 - 62,7	41,8 [17,9 - 73,0]
	Période 2	2	8,6	3,2 - 16,5	

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.

Les résultats obtenus présentent des intervalles de confiance plus ou moins resserrés. Les estimations sont modérément fiables :

- **Chiroptères** : mortalité estimée de **5 chauves-souris [IC 80 % : 1 - 11]** entre début août et fin octobre ; la surface de prospection est faible à modérée pour toutes les éoliennes (cette surface est comprise entre 22 % pour E2 et 73 % pour E7 pour la période), ce qui ne permet pas d'estimations robustes (taux de prospection inférieur à 50 % sur 3 des 7 éoliennes). L'efficacité des observateurs, quant à elle, est bonne (90 % de détectabilité), ce qui génère peu d'incertitudes vis-à-vis de ce paramètre. Le taux de persistance des cadavres est faible, entraînant un autre biais dans les estimations ;
 - Biais modérés, **estimations à prendre avec précaution** ;
- **Oiseaux** : mortalité estimée de **37 oiseaux [IC 80 % : 14 - 68]** entre début avril et fin octobre ; la surface de prospection est faible à modérée pour toutes les éoliennes (cette surface est comprise entre 23 % pour E2 et 66 % pour E7), ce qui ne permet pas d'estimations robustes (taux de prospection inférieur à 40 % sur 3 des 7 éoliennes). L'efficacité des observateurs, quant à elle, est bonne (90 % de détectabilité), ce qui génère peu d'incertitudes vis-à-vis de ce paramètre. Le taux de persistance des cadavres est faible, entraînant un biais dans les estimations ;
 - Biais modérés, **estimations à prendre avec précaution** ;
- **Mortalité globale** : mortalité estimée de **42 cadavres [IC 80 % : 18 - 73]** entre début avril et fin octobre ; la surface de prospection est faible à modérée pour toutes les éoliennes (cette

surface est comprise entre 23 % pour E2 et 66 % pour E7), ce qui ne permet pas d'estimations robustes (taux de prospection inférieur à 40 % sur 3 des 7 éoliennes). L'efficacité des observateurs, quant à elle, est bonne (90 % de détectabilité), ce qui génère peu d'incertitudes vis-à-vis de ce paramètre. Le taux de persistance des cadavres est faible, entraînant un biais dans les estimations ;

- Biais modérés liés aux surfaces prospectables et à la disparition des cadavres, **estimations à prendre avec précaution**.

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 groupe sur l'ensemble des paramètres).

Pour le parc de Keranfouler et au cours du suivi de 2022, les estimations de la mortalité réelle avec GenEst donnent une valeur médiane de la mortalité d'environ 5 chiroptères sur la période 2 [IC 80 % : 1 - 11] et 37 oiseaux sur l'ensemble du suivi [IC 80 % : 14 - 68]. Les estimations concernant la période suivie (avril - octobre) sont modérément fiables statistiquement et présentent des incertitudes.

5.4 CONCLUSION SUR LE SUIVI DE MORTALITÉ

Ce second suivi réalisé sur le parc de Keranfouler a fait l'objet de **30 passages répartis entre le 8 avril et le 26 octobre 2022, avec un intervalle entre les passages de 6,9 jours tout au long du suivi**. Ces passages ont été menés sur la quasi-totalité de la période d'activité des chiroptères ainsi que sur les périodes de migration et de nidification des oiseaux. Les **7 éoliennes** du parc ont été suivies selon le protocole national (2018). Les recherches ont été effectuées dans un **rayon de 50 m** autour du mât. La **surface moyenne de prospection est de 47 % sur l'intégralité du suivi**. Les tests de détection réalisés montrent une **détectabilité moyenne de 89 %**. Les tests de persistance mis en œuvre à partir de 69 leurres montrent **un taux de persistance de 12 %** durant l'intervalle (7 j).

5 cadavres ont été découverts, parmi lesquels :

- **4 oiseaux appartenant à 3 espèces** : Un Faucon émerillon [migrateur], une Linotte mélodieuse [local], une Grive musicienne [local] et un passereau indéterminé ;
- **1 chiroptère appartenant à 1 espèce** : 1 Pipistrelle de Kuhl [locale].

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 **5 chiroptères sur la période 2 [IC 80 % : 1 - 11] et 37 oiseaux [IC 80 % : 14 - 68] sur l'ensemble du suivi** (avril - octobre). Les estimations obtenues présentent des biais et doivent être pris avec précaution. Durant la période de suivi, la mortalité est partagée entre les individus locaux et migrateurs avec tout de même plus d'individus locaux impactés.





6. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI COMPORTEMENTAL DE L'AVIFAUNE

72 espèces ont été recensées toutes périodes confondues.

6.1 COMPORTEMENT DES ESPECES NICHEUSES

42 espèces nicheuses possibles, probables ou certaines ont été recensées durant le printemps/été 2022 dont :

- 32 espèces nichent de manière possible, probable ou certaine sur le territoire du parc éolien (rayon de 300 mètres autour des éoliennes) ;
- 10 autres espèces nichent dans un rayon de 300 mètres à 2 kilomètres du parc éolien.

6.1.1 CORTEGES/ENJEUX/SENSIBILITES A L'ECHELLE DU PARC ET SES ABORDS IMMEDIATS

32 espèces se reproduisent de manière possible, probable ou certaine à l'échelle du parc éolien et dans un rayon de 300 mètres autour de ce dernier. Ce périmètre comprend des cultures diverses, des friches herbacées à arborées et des haies. Le cortège nicheur se compose d'une faible diversité d'espèces des milieux cultivés et prairiaux (Alouette lulu, Bruant des roseaux, Cisticole des joncs et Tarier pâtre) et d'une diversité plus conséquente d'espèces des milieux bocagers et boisés (Bruant jaune, Locustelle tacheté, Accenteur mouchet, Corneille noire, Pigeon ramier, Rougegorge familier, Fauvette grisette, Merle noir, Mésange bleue, Mésange charbonnière, Linotte mélodieuse, Pinson des arbres, Étourneau sansonnet, Fauvette à tête noir, Verdier d'Europe, Grive draine, Grive musicienne, Pic épeiche, Troglodyte mignon, Chardonneret élégant, Fauvette des jardins, Mésange à longue queue, Chouette hulotte, Pouillot véloce, Pouillot fitis, Grimpereau des jardins et Sittelle torchepot).

Rappelons que la méthode d'attribution de l'enjeu spécifique régional est précisée en 3.4.1.

Sensibilité spécifique de l'avifaune nicheuse du parc éolien et ses abords immédiats

Habitat	Espèce	Sensibilité aux collisions avec les éoliennes ¹⁹	NICHEURS BRETAGNE			Justificatifs (Réévaluation de l'ESR/ESS)
			LRR ²⁰	ESR (Enjeu Spécifique Régional) ²¹	ESS (Enjeu Spécifique Stationnel) ⁸	
Espèces des milieux cultivés et prairiaux	Alouette des champs	0	LC	Faible	Moyen	Populations locales assez abondantes, comportement à risque lors des phases de chant. 7 mâles chanteurs ou couples sur les différentes parcelles du site.

¹⁹ Sensibilité exprimée par rapport à la taille des populations européennes de l'espèce concernée - classes de sensibilité issues du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres ([MEDDE & FEE, 2018](#))

²⁰ LRR = Liste Rouge Régionale des oiseaux nicheurs de Bretagne ([Bretagne vivante & al, 2018](#))

²¹ ESR & ESS : cf. méthodologie d'évaluation des espèces fréquentant le parc en Erreur ! Source du renvoi introuvable.⁴

Habitat	Espèce	Sensibilité aux collisions avec les éoliennes ¹⁹	NICHEURS BRETAGNE			Justificatifs (Réévaluation de l'ESR/ESS)
			LRR ²⁰	ESR (Enjeu Spécifique Régional) ²¹	ESS (Enjeu Spécifique Stationnel) ⁸	
Milieux bocagers et boisés	Alouette lulu	1	LC	Faible	Moyen	+ 1 niveau
	Bruant des roseaux	0	VU	Assez fort	Moyen	Espèce peu commune en Bretagne. Espèce déterminante ZNIEFF. Un déclin modéré en France ces 10 dernières années. Comportement à risque lors des phases de chant. 1 mâle chanteur au sud du site.
	Cisticole des joncs	0	LC	Faible	Faible	+ 1 niveau
	Tarier pâtre	0	LC	Faible	Faible	-1 niveau
	Bruant jaune	0	NT	Moyen	Moyen	Espèce peu impactée par les éoliennes, se déplace généralement bien en-dessous de la hauteur des pales. 1 mâle chanteur.
Milieux bocagers et boisés	Locustelle tacheté	0	LC	Faible	Faible	-
	Accenteur mouchet	0	LC	Faible	Faible	-
	Corneille noire	1	LC	Faible	Faible	-
	Buse variable	3	LC	Faible	Faible	-
	Faucon crécerelle	3	LC	Faible	Faible	-
	Pigeon ramier	1	LC	Faible	Faible	-
	Pigeon colombin	1	LC	Faible	Faible	-
	Rougegorge familier	0	LC	Faible	Faible	-
	Fauvette grisette	0	LC	Faible	Faible	-
	Merle noir	0	LC	Faible	Faible	-
	Mésange bleue	0	LC	Faible	Faible	-
	Mésange charbonnière	0	LC	Faible	Faible	-
	Linotte mélodieuse	0	LC	Faible	Faible	-
	Pinson des arbres	0	LC	Faible	Faible	-
	Étourneau sansonnet	0	LC	Faible	Faible	-
	Fauvette à tête noir	0	LC	Faible	Faible	-
	Verdier d'Europe	0	LC	Faible	Faible	-
	Geai des chênes	0	LC	Faible	Faible	-
	Grive draine	1	LC	Faible	Faible	-
	Grive musicienne	0	LC	Faible	Faible	-
	Pic épeiche	0	LC	Faible	Faible	-
	Pic vert	1	LC	Faible	Faible	-
	Troglodyte mignon	0	LC	Faible	Faible	-
	Chardonneret élégant	0	LC	Faible	Faible	-
	Fauvette des jardins	0	LC	Faible	Faible	-
	Grimpereau des jardins	0	LC	Faible	Faible	-
	Sittelle torchepot	0	LC	Faible	Faible	-
	Mésange à longue queue	0	LC	Faible	Faible	-
	Chouette hulotte	1	LC	Données insuffisantes	Faible	-
	Pouillot véloce	0	LC	Faible	Faible	-

Habitat	Espèce	Sensibilité aux collisions avec les éoliennes ¹⁹	NICHEURS BRETAGNE			Justificatifs (Réévaluation de l'ESR/ESS)
			LRR ²⁰	ESR (Enjeu Spécifique Régional) ²¹	ESS (Enjeu Spécifique Stationnel) ⁸	
	Pouillot fitis	0	EN	Fort	Assez fort	Espèce peu impactée par les éoliennes, se déplace généralement bien en-dessous de la hauteur des pales. 2 mâles chanteurs. -1 niveau
	Pie bavarde	0	LC	Faible	Faible	-

Il ressort du tableau précédent que 4 espèces présentant un enjeu stationnel « moyen » et un enjeu stationnel « fort » ont été notées en période de nidification. Il s'agit de :

- l'Alouette des champs qui, avec 7 mâles chanteurs cantonnés, occupe la majorité des parcelles agricoles du site ;
- l'Alouette lulu, avec un mâle chanteur observé en période de reproduction à l'ouest du site ;
- du Bruant jaune, avec 3 couples cantonnés dans différentes haies du site ;
- du Bruant des roseaux, avec un mâle chanteur dans les prairies au nord du site ;
- du Pouillot fitis, avec 2 chanteurs observés en période de reproduction au nord du site.

6.1.2 CORTEGES/ENJEUX/SENSIBILITES A L'ECHELLE DES ABORDS DU PARC

Parmi les espèces qui fréquentent le parc en période de reproduction 10 espèces se reproduisent de manière possible, probable ou certaine à l'extérieur du parc (plus 300 mètres des machines). Ces espèces fréquentent le parc éolien pour se nourrir pendant la période de reproduction (Bergeronnette grise, Buse variable, Choucas des tours, Chouette hulotte, Faucon crécerelle, Geai des chênes, Hirondelle rustique, Moineau domestique, Pic vert et Pigeon colombe).

Sensibilité spécifique de l'avifaune nicheuse des abords et fréquentant régulièrement le parc éolien

Habitat	Espèce	Sensibilité aux collisions avec les éoliennes*	NICHEURS BRETAGNE		Enjeu spécifique régional
			LRR	Enjeu spécifique régional	
Milieux bocagers et boisés	Buse variable	3	LC	Faible	
	Choucas des tours	-	LC	Faible	
	Corneille noire	1	LC	Faible	
	Faucon crécerelle	3	LC	Faible	
	Geai des chênes	0	LC	Faible	
	Chouette hulotte	1	LC	Données insuffisantes	
Milieux anthropiques	Hirondelle rustique	0	LC	Faible	
	Bergeronnette grise	0	LC	Faible	
	Choucas des tours	?	LC	Faible	
	Moineau domestique	0	LC	Faible	

* : sensibilité exprimée par rapport à la taille des populations européennes de l'espèce concernée - classes de sensibilité issues du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (MEDDE & FEE, 2018) ;

Il ressort du tableau précédent que :

- **2 espèces à sensibilités fortes** fréquentent le parc en période de reproduction, il s'agit de la Buse variable et du Faucon crécerelle, ces espèces sont particulièrement sensibles aux éoliennes au vu de leurs déplacements et de leurs techniques de chasse qui les amènent fréquemment à hauteur de pales. Cependant ces espèces restent peu observées en période de reproduction malgré la présence d'habitats favorables.

Il existe donc une source de risque modéré dans un rayon proche du parc éolien.

6.1.3 REACTIONS DE L'AVIFAUNE NICHEUSE

Les mouvements locaux ont été finement renseignés lors des passages sur le terrain du crépuscule à l'aube.

Sur les 42 espèces nicheuses du parc et de ses abords (rayon d'environ 2 kilomètres), 30 fréquentent régulièrement le parc. Le comportement et les effectifs de ces dernières ont été notés afin d'évaluer si le parc éolien entraînait des conséquences sur leurs déplacements, leur alimentation...

Les fréquences de traversées du parc sont différentes selon les espèces. Les espèces sont distinguées en fonction de la nature de leurs déplacements locaux. On recense :

- les espèces cantonnées qui circulent très peu et qui se déplacent très majoritairement au ras du sol en période de reproduction : Accenteur mouchet, Bruant des roseaux, Bruant jaune, Cisticole des joncs, Fauvette à tête noire, Fauvette des jardins, Fauvette grisette, Grive draine, Grive musicienne, Linotte mélodieuse, Locustelle tacheté, Merle noir, Mésange à longue queue, Mésange bleue, Mésange charbonnière, Moineau domestique, Pinson des arbres, Pouillot fitis, Pouillot véloce, Rougegorge familier, Tarier pâtre, Troglodyte mignon, Verdier d'Europe. Il s'agit essentiellement de petites espèces nichant au sein des haies et des prairies. Pour ces dernières, aucun comportement particulier par rapport aux éoliennes n'a été observé. Le parc éolien ne modifie pas les fonctionnalités locales de ces espèces ;

Les espèces cantonnées qui circulent et effectuent ponctuellement des vols à travers certaines parcelles agricoles et sont susceptibles de monter en altitude : Alouette des champs, Alouette lulu, Bergeronnette grise, Etourneau sansonnet, pigeons. L'espèce la plus abondante est l'Alouette des champs car elle est liée aux milieux cultivés où sont majoritairement installées les éoliennes. Les vols s'effectuent en majorité en dessous du rayon d'action des pales mis à part pour l'Alouette des champs qui, lors de ses vols territoriaux, monte à hauteur de pale sans pour autant que d'éventuelles réactions aient été observées ;

- Les espèces qui utilisent un large domaine vital : elles nichent au-delà des 300 mètres et viennent à proximité des éoliennes lors de leurs déplacements ou quand elles recherchent de la nourriture. Les espèces concernées sont 3 rapaces (Buse variable, Chouette hulotte, Faucon crécerelle), 2 corvidés (Choucas des tours, Corneille noire) et l'Hirondelle rustique. Aucun comportement d'évitement particulier n'a été observé. Leurs activités alimentaires semblent se produire indépendamment de l'activité des éoliennes.

6.1.4 SYNTHESE

Les 32 espèces nicheuses possibles, probables ou certaines du parc et ses abords immédiats présentent des sensibilités faibles au risque de collision. L'enjeu stationnel de conservation est « faible » à ponctuellement « moyen » pour 4 espèces (Alouette des champs, Alouette lulu, Bruant des roseaux et Bruant jaune) et « assez fort » pour une espèce (Pouillot fitis).

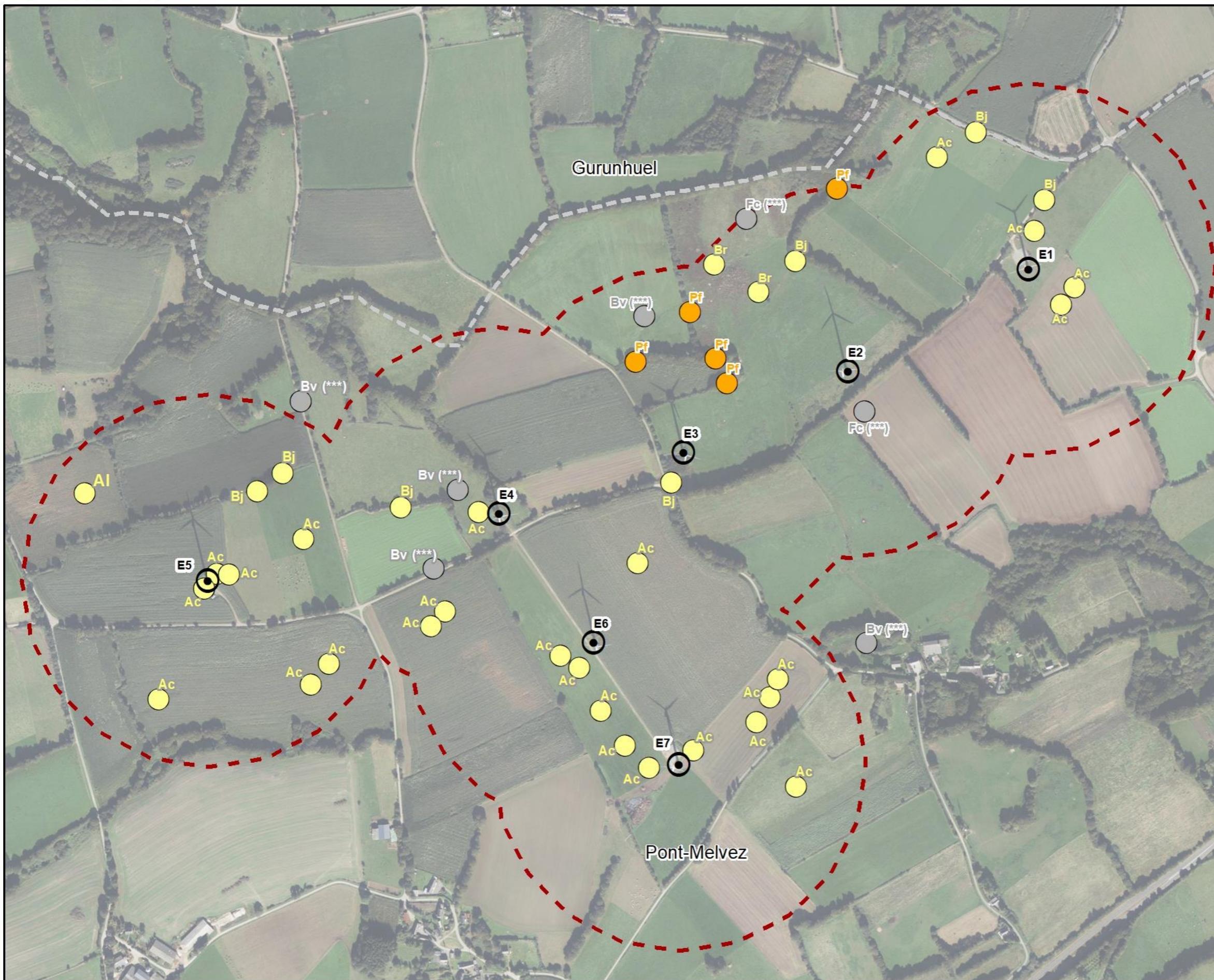
Aux abords proches, 10 espèces nicheuses fréquentent régulièrement le parc éolien. Parmi elles, figurent **2 espèces à sensibilité « forte »** à la collision : le Faucon crécerelle et la Buse variable.

L'observation des mouvements locaux révèle que les espèces nicheuses adoptent des comportements globalement peu risqués vis-à-vis des éoliennes. Les espèces les plus abondantes s'adaptent au parc éolien en privilégiant les abords ainsi que les trouées entre éoliennes. La plupart des espèces évoluent dans l'espace sous la garde au sol des éoliennes.



Avifaune nicheuse à enjeux et sensible au risque collision éolien

Suivi environnemental en exploitation du Parc éolien de Keranfouler (22)



Limites communales

Rayon de 300 m autour des éoliennes

Eoliennes

Enjeux

Très forts

Forts

Assez forts

Moyens

Faibles

Code	Nom	Enjeux
Pf	Pouillot fitis - <i>Phylloscopus trochilus</i>	Assez-fort
Ac	Alouette des champs - <i>Alauda arvensis</i>	Moyen
Al	Alouette lulu - <i>Lullula arborea</i>	Moyen
Bj	Bruant jaune - <i>Emberiza citrinella</i>	Moyen
Br	Bruant des roseaux - <i>Emberiza schoeniclus</i>	Moyen
Bv	Buse variable - <i>Buteo buteo</i>	Faible
Fc	Faucon crécerelle - <i>Falco tinnunculus</i>	Faible

Sensibilité de l'espèce à l'éolien :

* : Sensibilité faible à l'éolien

** : Sensibilité moyenne à l'éolien

*** : Sensibilité forte à l'éolien

**** : Sensibilité très forte à l'éolien

Absence d'astérisque : Sensibilité à l'éolien négligeable

(Sensibilité au risque de collision à l'éolien - Dürr, 2022)

0 70 140 m



Carte réalisée par TBM, 2023

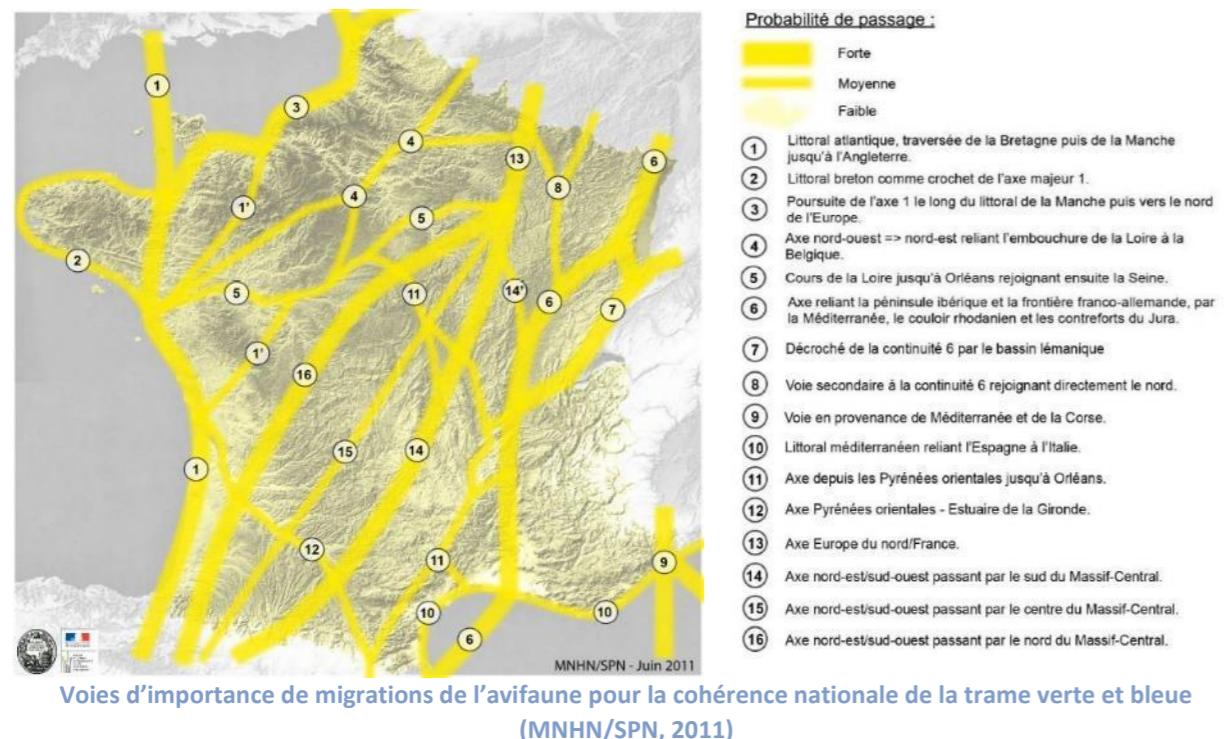
Sources : TBM 2022, BD Topo®IGN, EDP renewables
Fond cartographique : BD Ortho 2021® IGN

6.2 COMPORTEMENT DES ESPECES MIGRATRICES

6.2.1 CONTEXTE REGIONAL

Une partie des oiseaux passe l'hiver en Afrique ou en zone méditerranéenne. Ils viennent ensuite au printemps et l'été en Europe pour se reproduire. Pour cela, une partie des flux migratoires passe par l'Europe de l'Ouest. Certaines voies migratoires passent clairement par la Bretagne, notamment les oiseaux d'eau (limicoles, échassiers, anatidés, etc.) et certains passereaux, notamment ceux issus des populations anglaises et scandinaves. Même si le Centre-Bretagne est traversé par des voies de migrations, celles-ci semblent secondaires vis-à-vis des flux identifiés sur la carte ci-dessous.

La prise en compte des oiseaux migrants n'est pas négligeable dans la mesure où il y a des risques « d'effet barrière », de collision et de dérangement. Au regard de ces phénomènes migratoires, les connaissances en Bretagne restent diffuses notamment sur les principaux axes empruntés.



Dans le cas présent, les oiseaux empruntent **en migration postnuptiale** (période automnale correspondant au départ des oiseaux vers leurs quartiers d'hivernage dans le Sud de l'Europe et/ou en Afrique) un axe nord/sud à nord-est/sud-ouest.

Lors de la migration prénuptiale (retour des migrants ayant hiverné dans le sud de l'Europe et/ou en Afrique vers leurs sites de reproduction), le chemin emprunté par l'ensemble des espèces aviaires est similaire à celui qui est utilisé en migration postnuptiale, mais suivant un axe orienté sud/nord à sud-ouest/nord-est.

En général, les mouvements migratoires sont souvent plus diffus au printemps qu'à l'automne (passage des oiseaux migrants plus direct au printemps afin de revenir le plus rapidement possible sur les sites de nidification). De plus, les mouvements migratoires qui s'effectuent à l'automne concernent davantage d'individus que ceux du printemps (jeunes individus, forte mortalité au cours de la migration postnuptiale, mortalité hivernale...).

D'après la carte précédente, le parc de Keranfouler et ses abords sont situés en dehors de la voie migratoire « principale » (probabilité de passage considérée comme « forte ») matérialisée par la voie « Littoral Atlantique, traversée de la Bretagne puis de la Manche jusqu'à l'Angleterre » et de la voie migratoire « secondaire » (probabilité de passage considérée comme « moyenne ») matérialisée par la voie « Littoral breton comme crochet à l'axe majeur 1 ».

6.2.2 CORTEGES/EFFECTIFS/SENSIBILITES

6.2.2.1 Migration prénuptiale

46 espèces ont été recensées durant la période de migration prénuptiale sur le parc et ses abords proches.

Parmi elles, 6 ont été observées en migration active ou en halte migratoire. Les 40 autres espèces concernent essentiellement des individus locaux (nicheurs pour la plupart).

Les statuts de menace à l'échelle européenne (LRE EU27) sont utilisés en conformité avec la méthode du protocole national (MEDDE & FEE, 2018) et confrontés aux effectifs observés afin d'évaluer l'éventuel impact du parc éolien vis-à-vis de ces espèces.

Effectifs des espèces migratrices observées en période prénuptiale, 4 passages

	Sensibilité aux collisions avec les éoliennes*	Total prénuptial	LRE**
Busard des roseaux	2	2	LC
Goéland argenté	4	14	LC
Grive mauvis	0	500	LC
Hirondelle de fenêtre	1	12	LC
Hirondelle de rivage	0	1	LC
Hirondelle rustique	0	85	LC
Traquet motteux	0	7	LC

* : sensibilité exprimée par rapport à la taille des populations européennes de l'espèce concernée – classes de sensibilité issues du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (MEDDE & FEE, 2018) ;

** : LRE = Liste Rouge Européenne prise pour l'Europe des 27 (EU27 : BirdLife International, 2015), en conformité avec le protocole national précité.

Trois constats peuvent être tirés du tableau précédent :

- les espèces les plus abondantes sont caractérisées par une sensibilité « faible » aux collisions ;
- aucune espèce n'est menacée au niveau européen ;
- les 2 espèces les plus grandes sont également les plus sensibles aux collisions.

Même si 2 individus de Busard des roseaux, espèce classée à l'annexe I de la directive oiseaux, ont été observés, le parc éolien de Keranfouler reste bien en dehors des voies principales de migration de l'espèce.

Malgré l'observation de quelques individus, le site de Keranfouler reste également en dehors des principaux axes de passage du Goéland argenté.

Le Traquet motteux a été observé en halte migratoire sur le site, il s'agit d'une espèce qui migre de nuit et qui ne niche pas dans le centre Bretagne.

D'après les observations réalisées au cours des comptages, les flux migratoires constatés en période prénuptiale sont relativement faibles, de même que la richesse spécifique en migration active. Aucun stationnement notable d'oiseaux n'a été noté. Les passages semblent davantage diffus à travers l'aire d'étude.

6.2.2.2 Migration postnuptiale

56 espèces ont été recensées durant la période de migration postnuptiale sur le parc et ses abords proches.

Parmi elles, 34 ont été observées en migration active ou en halte migratoire pour un total de 4 523 individus. On notera qu'aucun axe de migration privilégié n'a été mis en évidence durant cette période. Cependant, les oiseaux semblaient partir en grande majorité vers le sud et le sud-ouest.

Les 22 autres espèces concernent essentiellement des individus locaux (sédentaires et hivernants).

Les statuts de menace à l'échelle européenne (LRE EU27) sont utilisés en conformité avec la méthode du protocole national (MEDDE & FEE, 2018) et confrontés aux effectifs observés afin d'évaluer l'éventuel impact du parc éolien vis-à-vis de ces espèces.

Effectifs des espèces migratrices observées en période postnuptiale ; 8 passages

Espèce	Sensibilité aux collisions avec les éoliennes*	Total postnuptial	LRE**
Alouette des champs	0	113	LC
Alouette lulu	1	19	LC
Bergeronnette grise	0	12	LC
Bergeronnette printanière	0	14	LC
Bruant des roseaux	0	2	LC
Chardonneret élégant	0	70	LC
Étourneau sansonnet	0	70	LC
Faucon pèlerin	3	1	LC
Goéland argenté	4	13	LC
Goéland brun	2	87	LC
Grande Aigrette	1	1	LC
Grive draine	1	24	LC
Grive litorne	0	2	LC
Grive mauvis	0	475	LC
Grive musicienne	0	32	LC
Hirondelle de fenêtre	1	24	LC
Hirondelle rustique	0	446	LC
Linotte mélodieuse	0	174	LC
Mouette rieuse	3	37	LC
Pigeon colombe	1	9	LC
Pigeon ramier	1	55	LC
Pinson des arbres	0	2250	LC
Pinson du nord	?	5	LC
Pipit farlouse	0	275	LC
Pluvier doré	1	3	LC
Tarin des aulnes	0	33	LC
Vanneau huppé	2	130	VU
Verdier d'Europe	0	113	LC

* : sensibilité exprimée par rapport à la taille des populations européennes de l'espèce concernée - classes de sensibilité issues du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (MEDDE & FEE, 2018) ;

** : LRE = Liste Rouge Européenne prise pour l'Europe des 27 (EU27 : BirdLife International, 2015), en conformité avec le protocole national précité.

Trois constats peuvent être tirées du tableau précédent :

- les espèces les plus abondantes sont caractérisées par une sensibilité « faible » aux collisions ;
- les espèces les plus abondantes ne sont pas menacées mis à part le Pipit farlouse dont les populations européennes ont décliné de 30 à 50 % en près de 12 ans (BirdLife International, 2015) ;

- les espèces avec la sensibilité la plus forte sont les laridés et les rapaces, avec 4 espèces observées en migration. Les effectifs de rapaces migrants restent faibles avec 1 seul individu pour une seule espèce, le Faucon pèlerin. Les effectifs de laridés quant à eux sont plutôt modérés pour un site situé à l'intérieur des terres avec 100 goélands (13 argentés et 87 bruns) et 37 Mouettes rieuses.

Au vu des faibles effectifs, le parc n'est pas localisé sous une voie de migration privilégiée par ces espèces. Par conséquent, le risque local apparaît faible. De plus, elles ne sont pas menacées à l'échelle européenne (BirdLife International, 2015). **L'éventuel impact d'une collision isolée ne serait pas susceptible de bouleverser le maintien de l'état de conservation de leurs populations.**

Il convient d'analyser également la situation des espèces pour lesquelles des individus ont été observés lors des suivis diurnes en faibles effectifs ou en halte migratoire. En effet, l'importance des flux de certaines espèces est largement sous-estimée notamment du fait du caractère principalement nocturne de leurs vols migratoires.

Sensibilité des espèces migratrices principalement nocturnes ayant traversé le parc en période postnuptiale

Espèce	Sensibilité aux collisions avec les éoliennes*	LRE**	Remarques locales
Grive draine	1	LC	En migration active et en halte
Grive litorne	0	LC	En migration active
Grive mauvis	0	LC	En migration active et en halte
Grive musicienne	0	LC	En migration active et en halte
Pouillot fitis	0	LC	Vus unitairement en halte
Pouillot véloce	0	LC	En halte
Roitelet à triple bandeau	1	LC	En halte
Rougegorge familier	0	LC	En halte
Tarier des prés	0	LC	Vus unitairement en halte
Traquet motteux	0	LC	Vus unitairement en halte

* : sensibilité exprimée par rapport à la taille des populations européennes de l'espèce concernée - classes de sensibilité issues du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (MEDDE & FEE, 2018) ;

** : LRE = Liste Rouge Européenne prise pour l'Europe des 27 (EU27 : BirdLife International, 2015), en conformité avec le protocole national précité.

D'après les observations réalisées au cours des comptages, les flux migratoires constatés en période de migration postnuptiale sont relativement faibles, de même que la richesse spécifique en migration active. Aucun stationnement notable d'oiseaux n'a été noté. Les passages semblent davantage diffus à travers l'aire d'étude.

6.2.3 REACTIONS DE L'AVIFAUNE MIGRATRICE

Malgré les faibles effectifs globaux, les fonctionnalités locales des oiseaux migrants ont pu être précisées. La représentativité des données est meilleure pour le passage en migration postnuptial.

La majorité des flux postnuptiaux sont diffus, ils proviennent :

- du nord et se dirigent vers le sud, sud-est et le sud-ouest. Ces flux ont principalement concerné les fringilles, qui migrent majoritairement entre les éoliennes ce qui les exposent moins au risque de collision.

En migration prénuptiale, les flux concernent des effectifs plus réduits.

Sur l'ensemble des passages migratoires, les comportements de vol observés divergent fonction des espèces/groupes d'espèces :

- les rapaces : 2 espèces ont été observées en migration active dont 2 Busards des roseaux et 1 Faucon pèlerin. On notera la faible diversité et les faibles effectifs de rapace en migration.

L'ensemble des individus a également été observé sur les abords du parc et non entre les éoliennes ;

- les laridés** : 3 espèces de laridés ont été observées sur le parc en migration : le Goéland argenté avec des effectifs similaires au cours des deux périodes migratoires (14 et 13 individus), le Goéland brun uniquement observé en migration postnuptiale avec 87 individus et la Mouette rieuse également observée en migration postnuptiale avec 37 individus. Les effectifs de laridés sont plutôt modérés pour un site situé à l'intérieur des terres et restent tout de même éloignés des principales voies de migrations des laridés. Lors de la traversée du parc, les goélands vols généralement à hauteur des pâles et évite les éoliennes en amont en empruntant les trouées entre ces dernières. Les mouettes quant à elles, vol la plupart du temps au-dessus de la hauteur des pâles ;
- Les limicoles** : 2 espèces de limicoles ont été observées en migration sur le parc : des Vanneaux huppés avec 130 individus répartis en plusieurs groupes et observés en vol au sud du parc proche de E6 et E7. Ils volaient sous le niveau des pales sans montrer de réaction particulière à l'approche des éoliennes. Un ajustement de la trajectoire du groupe a été possible en amont de son observation. Il s'agit habituellement d'une espèce pouvant présenter des réactions face aux machines mais traversant régulièrement les parcs. 3 pluviers dorés ont également été observés en migration au sud-ouest du site à bonne distance des éoliennes ;
- les passereaux** : bien que sous-estimés, sont bien représentés avec un total de près de 4 800 individus notés dont près de la moitié représentée par le Pinson des arbres (un peu plus de 2 250). La majorité des effectifs n'a pas présenté de réaction particulière lors du franchissement du parc. Par ailleurs, il faut signaler que la plupart de ces espèces, en raison de leur petite taille, peuvent difficilement être repérées de loin et suivies sur de longues distances. Il est donc difficile de dire si un changement de cap s'est produit en amont du parc. C'est pour cette raison que les résultats pour ce groupe doivent être pris avec précaution ; le suivi réalisé et les résultats obtenus pour ce groupe ne peuvent être fins, ils sont simplement indicatifs.

6.3 COMPORTEMENT DES ESPECES HIVERNANTES

6.3.1 CORTEGES/EFFECTIFS/SENSIBILITES

43 espèces hivernantes ont été recensées sur le parc et ses abords proches (dans les 2 kilomètres autour du parc). Quelques petits stationnements de limicoles et de passereaux ont été observés au sein des habitats terrestres (cultures). Les effectifs comptabilisés sont faibles à modérés en fonction des espèces. Ainsi, l'enjeu hivernal du parc éolien et ses abords apparaît modéré.

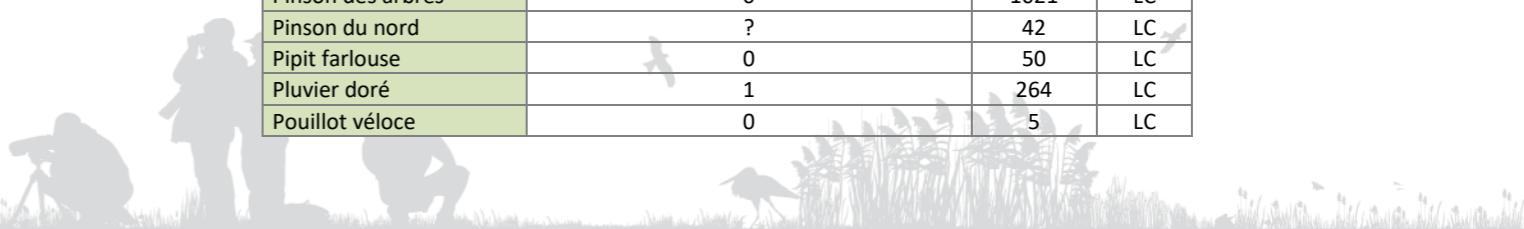
Parmi toutes les espèces qui ont fréquenté le parc, on recense :

- des passereaux**, globalement bien représentés au sein des friches herbacées à arborées du parc et au sein des cultures. Les espèces les plus abondantes sont l'Etourneau sansonnet avec jusqu'à plusieurs milliers d'individus en fin de période hivernal, le Pinson des arbres qui circule entre les haies et les labours du parc, les Grives mauvis et musicienne que l'on retrouve dans les haies et les prairies, l'Alouette des champs dont près de 200 individus hivernent entre les différents labours du site, etc. Toutes sont caractérisées par une sensibilité faible à la collision (classes 0 et 1). A l'échelle des populations européennes, aucune n'est menacée mis à part le Pipit farlouse, faiblement représenté localement en hiver (quelques individus) ;

- des rapaces**, dont les effectifs locaux sont faibles. L'Epervier d'Europe, le Faucon crécerelle et la Buse variable effectuent quelques déplacements et chassent au sein du parc. Un Autour des palombes a également été observé en déplacement proche de l'éolienne E7. Leur sensibilité à la collision par rapport à leurs populations est moyenne pour l'Autour des palombes et l'Epervier d'Europe et forte pour le Faucon crécerelle et la Buse variable ;
- des limicoles**: la Bécassine des marais, le Vanneau huppé et le Pluvier doré ont été observés dans l'emprise du parc. Des groupes de quelques dizaines d'individus de Vanneau huppé et de Pluvier doré ont été observés dans les labours et pâtures du site et de nombreux déplacements entre les différentes parcelles au sein et à l'extérieur du parc ont été constatés chez ces deux espèces. A l'échelle européenne, leur sensibilité à la collision est faible (0 ou 1) et les populations de Vanneau huppé menacées (vulnérable - BirdLife International, 2015) ;
- des laridés**, représentés par trois espèces, le Goéland argenté, le Goéland brun et la Mouette rieuse. Les effectifs pour ces espèces sont faibles et concernent essentiellement des individus en déplacement qui traversent le parc.

Sensibilité et enjeux des oiseaux hivernants fréquentant le parc

Espèce	Sensibilité aux collisions avec les éoliennes*	Total hivernants	LRE**
Accenteur mouchet	0	5	LC
Alouette des champs	0	586	LC
Alouette lulu	1	11	LC
Autour des palombes	2	1	LC
Bécassine des marais	0	12	LC
Bergeronnette grise	0	13	LC
Bouvreuil pivoine	0	21	LC
Bruant jaune	0	4	LC
Buse variable	3	6	LC
Chardonneret élégant	0	4	LC
Choucas des tours	?	11	LC
Cisticole des joncs	0	5	LC
Corneille noire	1	32	LC
Épervier d'Europe	2	3	LC
Étourneau sansonnet	0	3164	LC
Faucon crécerelle	3	4	LC
Geai des chênes	0	1	LC
Goéland argenté	4	26	LC
Goéland brun	2	7	LC
Grive draine	1	3	LC
Grive litorne	0	19	LC
Grive mauvis	0	563	LC
Grive musicienne	0	259	LC
Héron garde-bœufs	3	2	LC
Linotte mélodieuse	0	2	LC
Merle noir	0	12	LC
Mésange bleue	0	6	LC
Mésange charbonnière	0	6	LC
Mouette rieuse	3	8	LC
Pie bavarde	0	2	LC
Pigeon biset	NA	1	LC
Pigeon ramier	1	10	LC
Pinson des arbres	0	1021	LC
Pinson du nord	?	42	LC
Pipit farlouse	0	50	LC
Pluvier doré	1	264	LC
Pouillot véloce	0	5	LC



Espèce	Sensibilité aux collisions avec les éoliennes*	Total hivernants	LRE**
Roitelet à triple bandeau	1	1	LC
Rougegorge familier	0	12	LC
Tarier pâtre	0	9	LC
Tourterelle turque	0	1	LC
Troglodyte mignon	0	4	LC
Vanneau huppé	2	628	VU

* : sensibilité exprimée par rapport à la taille des populations européennes de l'espèce concernée - classes de sensibilité issues du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (MEDDE & FEE, 2018) ;

** : LRE = Liste Rouge Européenne prise pour l'Europe des 27 (EU27 : BirdLife International, 2015), en conformité avec le protocole national précité.

6.3.2 REACTIONS DE L'AVIFAUNE HIVERNANTE

Les mouvements locaux et quotidiens concernent majoritairement les limicoles (Vanneau huppé et Pluvier doré) et certains passereaux (Alouette des champs notamment), qui sont des espèces avec des comportements de vol très prudents vis-à-vis des éoliennes (contournement et adaptation de la hauteur de vol observés chez ces espèces).

Les autres espèces ne présentent aucune réaction particulière vis-à-vis des éoliennes.

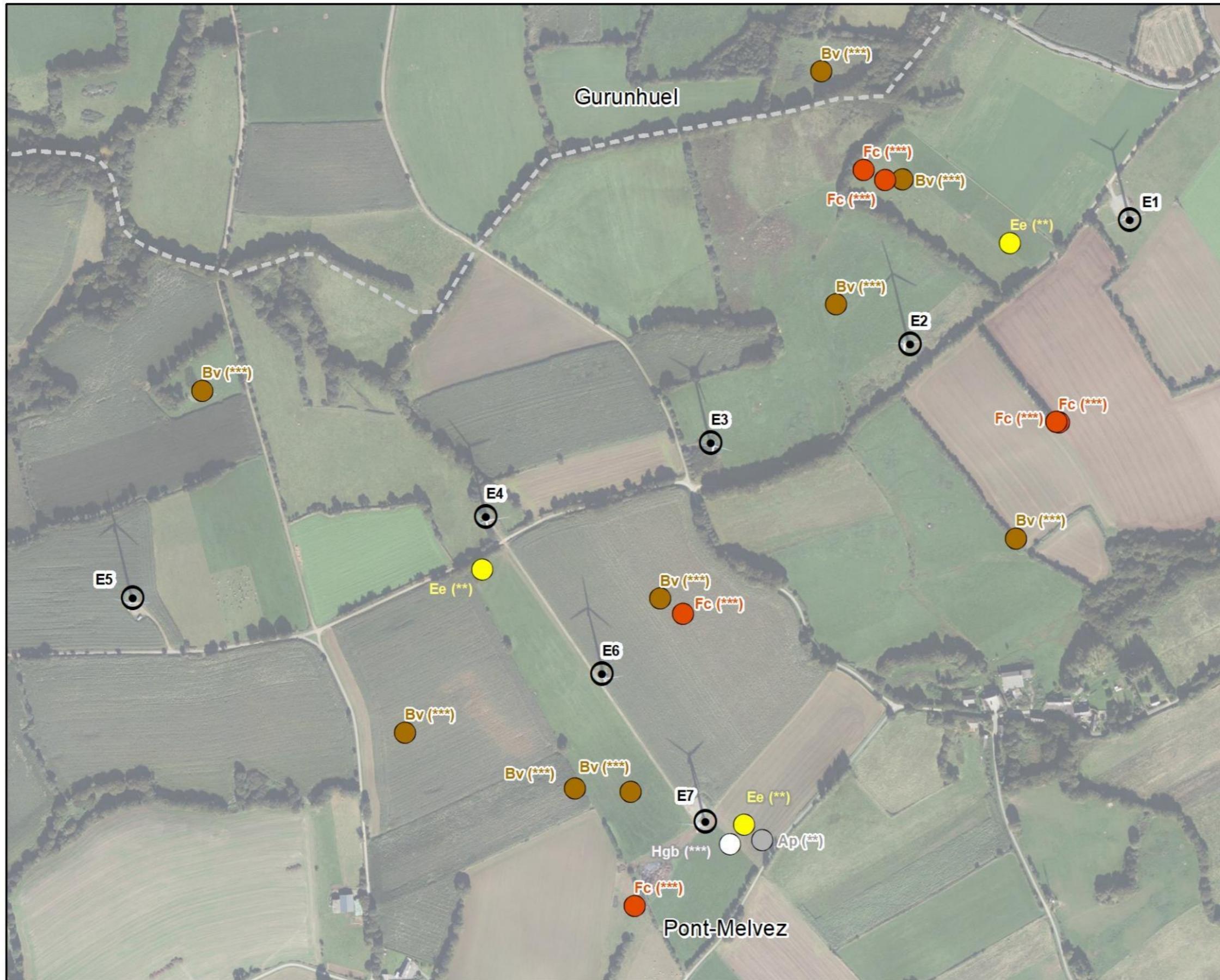
6.3.3 SYNTHESE

Le parc éolien et ses abords proches semblent intéressants pour plusieurs espèces hivernantes. Les zones de cultures (labours et pâtures) servent de zone de chasse pour la Buse variable et le Faucon crécerelle mais aussi de zone de gagnage pour le Vanneau huppé et le Pluvier doré ainsi que pour différentes espèces de passereaux (pinsons, grives, alouettes, Pipit farlouse, etc). Les haies et boisements quant à eux sont utilisés comme reposoirs par de nombreux oiseaux (passereaux, rapaces, corvidés, columbidés, etc.) et comme site de nourrissage notamment par les passereaux forestiers. Les espèces les plus abondantes sont des passereaux, dont l'Etourneau sansonnet, le Pinson des arbres, l'Alouette des champs et la Grive mauvis à raison de centaines à milliers d'individus. Les autres espèces qui présentent des effectifs notables sont le Vanneau huppé et le Pluvier doré avec quelques dizaines à centaines d'individus s'alimentant au sein des cultures et/ou les traversant. Toutes ces espèces fréquentent les milieux ouverts potentiellement proches des éoliennes.



Avifaune sensible au risque collision éolien en période d'hivernage

Suivi environnemental en exploitation du Parc éolien de Keranfouler (22)



0 70 140 m

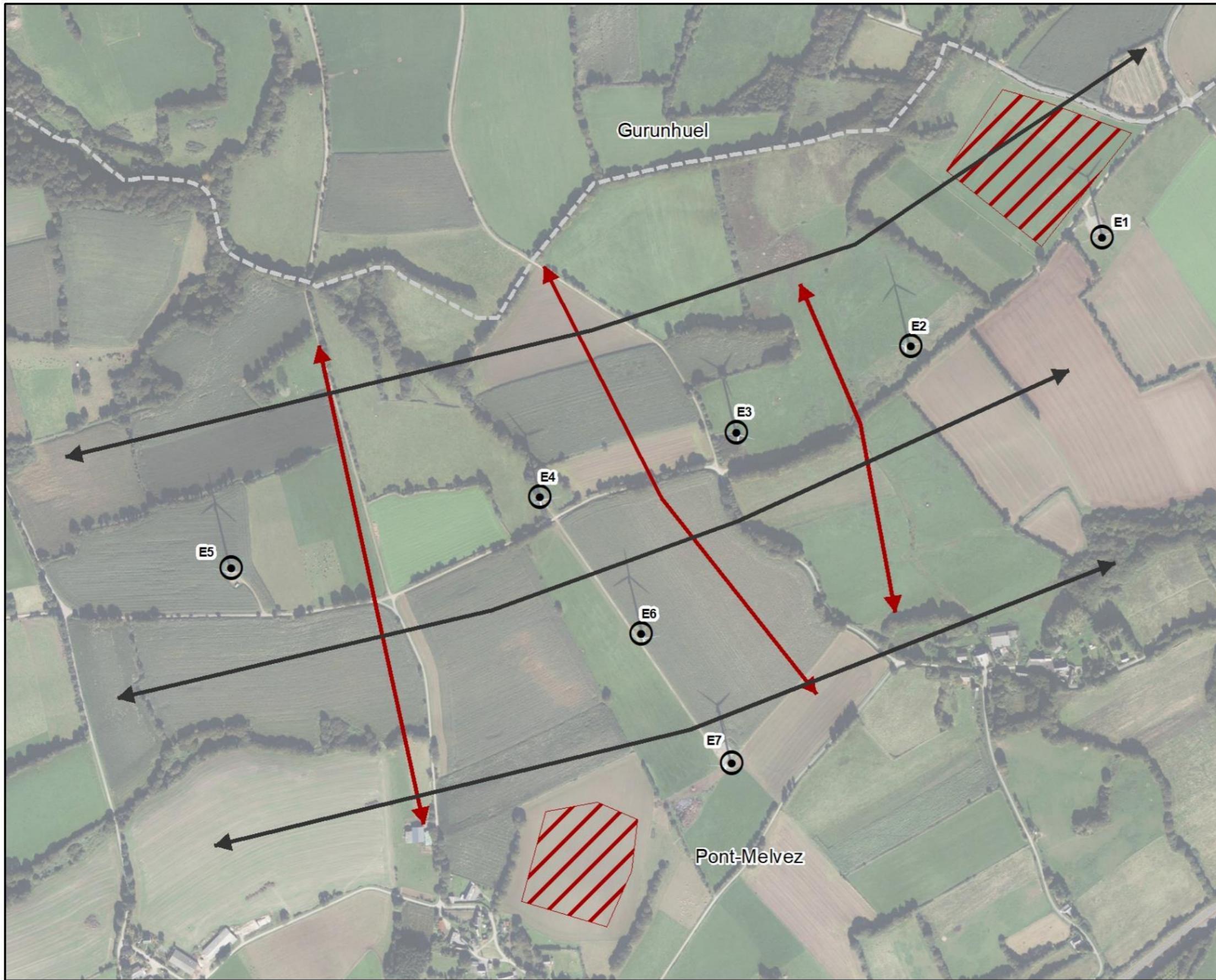


Carte réalisée par TBM, 2023

Sources : TBM 2022, BD Topo®IGN, EDP renewables
Fond cartographique : BD Ortho 2021® IGN

Avifaune sensible au risque collision éolien en période d'hivernage

Suivi environnemental en exploitation du Parc éolien de Keranfouler (22)



Limites communales

Eoliennes

Zone de stationnement
du Vanneau huppé -
Vanellus vanellus

Axe de passage

Axe de passage du
Vanneau huppé -
Vanellus vanellus

Axe de passage des
Laridés - *Laridae*

Nom de l'espèce	Effectif	Sensibilité
Vanneau huppé - <i>Vanellus vanellus</i>	628 ind.	**
Laridés		
Goéland argenté - <i>Larus argentatus</i>	26 ind.	****
Goéland brun - <i>Larus fuscus</i>	7 ind.	**
Mouette rieuse - <i>Chroicocephalus ridibundus</i>	8 ind.	***

Sensibilité de l'espèce à l'éolien :

* : Sensibilité faible à l'éolien

** : Sensibilité moyenne à l'éolien

*** : Sensibilité forte à l'éolien

**** : Sensibilité très forte à l'éolien

Absence d'astérisque : Sensibilité à l'éolien négligeable
(Sensibilité au risque de collision à l'éolien - Dürr, 2022)

0 70 140 m



Carte réalisée par TBM, 2023
Sources : TBM 2022, BD Topo@IGN, EDP renewables
Fond cartographique : BD Ortho 2021® IGN

6.4 MISE EN RELATION ACTIVITE/MORTALITE/CARACTERISTIQUES DU PARC

L'activité ornithologique est ci-après mise en relation avec la mortalité brute constatée et avec les caractéristiques du parc.

6.4.1 MORTALITE, ACTIVITE ET EVALUATION DES IMPACTS RESIDUELS

6.4.1.1 A l'échelle du parc

Le suivi de la mortalité du parc a permis de détecter 4 cadavres d'oiseaux (dont 1 indéterminé) de 3 espèces. 1 cadavre a également été découvert hors protocole, en novembre lors du suivi de la migration post-nuptial. Les découvertes se répartissent de la façon suivante :

Principaux résultats bruts issus du suivi mortalité 2022

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Nb passages	30	30	30	30	30	30	30
Nb cadavres d'oiseaux/éol			2	2		1	
Avril 2022 (4 passages)				1 Faucon émerillon			
Mai 2022 (4 passages)			1 Linotte mélodieuse et 1 passereau indéterminé				
Juin 2022 (5 passages)							
Juillet 2022 (4 passages)							
Août 2022 (5 passages)				1 Grive musicienne			
Septembre 2022 (4 passages)							
Octobre 2022 (4 passages)							
Novembre 2022 (hors passage standardisé)					1 Alouette des champs		

Trois principaux résultats apparaissent :

- les éoliennes 3 et 4 semblent plus accidentogènes que les autres ;
- les cas les plus nombreux de collisions concernent des oiseaux locaux ;
- 1 espèce strictement migratrice sur le site a été impactée : le Faucon émerillon.

Les résultats du suivi de mortalité sont confrontés aux 72 espèces observées au sein du parc et dans un rayon de 2 kilomètres autour de ce dernier.

Espèces locales/nicheuses impactées (N=3 cadavres)

Espèce	Nombre de cas de collision sur le parc éolien	Sensibilité aux collisions avec les éoliennes*	NICHEURS BRETAGNE	
			LRR**	Enjeu spécifique régional
Linotte mélodieuse	1	0	LC	Faible
Grive musicienne	1	0	NT	Faible
Alouette des champs	1	0	LC	Faible

Espèces non locales/non nicheuses impactées (N=1 cadavre)

Espèce	Nombre de cas de collision sur le parc éolien	Sensibilité aux collisions avec les éoliennes*	LRE***
Faucon émerillon	1	2	VU

* : sensibilité exprimée par rapport à la taille des populations européennes de l'espèce concernée - classes de sensibilité issues du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (MEDDE & FEE, 2018) ;

** : LRR = Liste Rouge Régionale des oiseaux nicheurs de Bretagne (2015) ;

*** : LRE = Liste Rouge Européenne prise pour l'Europe des 27 (EU27 : BirdLife International, 2015), en conformité avec le protocole national ;

Le parc éolien de Keranfouler a donc un impact sur les oiseaux. La Linotte mélodieuse et le Faucon émerillon sont protégés en France et le Faucon émerillon présente des enjeux de conservation au niveau européen (Classé VU sur la liste rouge européenne et inscrit à l'annexe I de la directive « oiseaux »).

La mortalité ornithologique annuelle du parc est estimée à 37 oiseaux impactés/an, sur la base des chiffres bruts constatés entre avril et octobre 2022.

Il convient ainsi d'analyser la situation de certaines espèces :

- locales/nicheuses dont les comportements sont les plus à risque et dont la mortalité est la mieux documentée : l'Alouette des champs ;
- migratrices impactées ayant un statut liste rouge le plus élevé : le Faucon émerillon.

6.4.1.2 Cas de l'Alouette des champs

- Description du cas de collision observé le 02/11/2022 sur l'éolienne E6 :

L'individu concerné par le cas de collision était en phase de chant lors de l'impact. Il a percuté une pale durant sa remontée à hauteur du moyeu de l'éolienne. L'oiseau a été propulsé à environ 80 mètres du mât dans une parcelle en repousse (végétation d'environ 20 centimètres de haut) et n'aurait donc pas été découvert lors des suivis de mortalité protocolés.

Il est à noter également la présence de plus d'une centaine d'autres alouettes à proximité immédiate de cette même éolienne en train de s'alimenter.

- Afin d'évaluer la situation locale de l'Alouette des champs vis-à-vis du risque éolien, il convient de rappeler les caractéristiques spécifiques suivantes :

- Espèce de sensibilité faible (classe 0) à la collision ;
- Espèce ayant un enjeu de conservation régional assez faible mais connaissant une forte chute de ses effectifs nicheurs (moins 25 % en 18 ans en Bretagne). Cette baisse d'effectif concerne toute l'Europe de l'Ouest (baisse de 50 % à 90 % depuis 1960) et est dû en grande partie aux changements de méthodes agricoles. Populations locales assez abondantes => enjeu spécifique stationnel = moyen ;
- Espèce abondante localement et fréquentant le parc toute l'année avec jusqu'à plusieurs centaines d'individus hivernants ;
- Espèce ayant des comportements de vol à risque vis-à-vis des éoliennes notamment en phase de chant ;
- Existence d'un cas de collision locale en période d'hivernage/migration de l'espèce.

La sensibilité de l'espèce est basée sur le nombre total de cas de collision recensé en Europe, soit 395 cas dont 97 en France (Dürr, 2022).



Le niveau d'impact résiduel du parc éolien sur les populations locales d'Alouette des champs peut donc être évalué comme suit, conformément à la méthodologie précisée en 3.4 :

Evaluation de l'impact réel sur les populations d'Alouette des champs

Paramètres	1 ^{re} étape	2 ^e étape	3 ^e étape	Niveau d'impact résiduel
Portée d'impact	1 seul cas de collision = faible	Intensité d'impact (portée x sensibilité)		
Sensibilité à l'impact	Populations abondantes et taux de collision faible (réévaluation) = faible	=> Faible		
Enjeu spécifique stationnel	Moyen	= Moyen		=> Négligeable



Cadavre d'Alouette des champs sous l'éolienne E6 (Q. Le Bayon - TBM environnement)

6.4.1.3 Cas du Faucon émerillon

Afin d'évaluer la situation locale du Faucon émerillon vis-à-vis du risque éolien, il convient de rappeler les caractéristiques spécifiques suivantes :

- Espèce de sensibilité forte (classe 2) à la collision ;
- Espèce non évaluée au niveau régional (non nicheuse en France) mais présente des enjeux de conservation au niveau européen (Classée VU sur la liste rouge européenne et inscrit à l'annexe I de la directive « oiseaux ») ;
- Espèce essentiellement migratrice au sein du parc, aucune observation réalisée lors des sorties spécifique à l'avifaune ;
- Existence d'un cas de collision locale en période de migration.

La sensibilité de l'espèce est basée sur le nombre total de cas de collision recensé en Europe, soit 4 cas dont aucun en France (Dürr, 2022).

Le niveau d'impact résiduel du parc éolien sur les populations de Faucon émerillon peut donc être évalué comme suit, conformément à la méthodologie précisée en 3.4 :

Evaluation de l'impact réel sur les populations de Faucon émerillon

Paramètres	1 ^{re} étape	2 ^e étape	3 ^e étape
Portée d'impact	1 seul cas de collision = faible	Intensité d'impact (portée x sensibilité)	Intensité d'impact (portée x sensibilité)
Sensibilité à l'impact	Populations peu abondantes et taux de collision faible (réévaluation) = moyenne => Moyen à Faible		
Enjeu spécifique stationnel	Faible	= Faible	= Négligeable





7. EVALUATION DES IMPACTS PAR COLLISION ET BAROTRAUMATISME

7.1 OISEAUX

De nombreuses espèces d'oiseaux sont susceptibles d'entrer en collision avec les pales, notamment les rapaces de jour et les passereaux de nuit. Au cours du suivi réalisé en 2022, certaines espèces observées au sein ou aux abords du parc font partie des espèces susceptibles d'être impactées, à savoir par exemple le Faucon crécerelle, la Corneille noire ou l'Etourneau sansonnet. Certains oiseaux locaux ont été impactés au cours du suivi (Alouette des Champs, Linotte mélodieuse, Grive musicienne). La mortalité constatée concerne également des individus migrants (Faucon émerillon).

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

Statuts et enjeux des espèces d'oiseaux impactées en 2022 (méthode détaillée au chapitre 3.4.5) 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 (Dürr, 2022)	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce	
Alouette des Champs <i>Alauda arvensis</i>	LC	NT	NA	LC	Faible (395 cas en Europe, dont 97 en France ²²)	Faible 1 cadavre (E6, 02/11/22) [Hivernant- hors protocole] Suivi comportemental : Groupes assez importants en stationnement dans les labours et semi du parc avec des déplacements sous la hauteur des pâles. Comportement à risque lors des phases de chant.	Faible	Moyen	Négligeable	
Faucon émerillon <i>Falco columbarius</i>	VU	-	NA	DD	Moyen (4 cas en Europe, aucun en France)	Faible 1 cadavre (E4, 14/04/2022) [Migrateur] Suivi comportemental : Aucune observation	Faible	Faible	Négligeable	

²² Chiffres probablement très largement inférieurs à la réalité mais, comparativement à la taille de ses populations européennes, cela ne représente qu'une faible proportion des individus.

	LRE	LRN nich	LRN migr	LRR	1 Sensibilité à l'impact (Dürr, 2022)	2 Portée de l'impact	1 x 2 = 3 Intensité d'impact	4 Enjeu spécifique sur le site	3 x 4 = 5 Niveau d'impact par espèce
Grive musicienne <i>Turdus philomelos</i>	LC	LC	NA	LC	Faible (203 cas en Europe, dont 28 en France)	Faible 1 cadavre (E4, 10/08/22) [Local] Suivi comportemental : RAS	Faible	Faible	Négligeable
Linotte mélodieuse <i>Linaria cannabina</i>	LC	VU	NA	LC	Faible (51 cas en Europe, dont 9 en France)	Faible 1 cadavre (E3, 11/05/22) [Local] Suivi comportemental : RAS	Faible	Faible	Négligeable

Bien que le niveau d'impact constaté soit négligeable, le Faucon émerillon et la Linotte mélodieuse sont protégés 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 (2022)

	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Siavi comportemental	Mortalité brute - 2022	Mortalité estimée avec GenEst - 2022	Niveau d'impact par mois
Aucun flux n'a été identifié concernant les oiseaux dont des cadavres ont été retrouvés sous les éoliennes.	1 Faucon émerillon	Période 1 : 32,9 oiseaux [IC 80 % : 10,2 - 62,7]									Négligeable
	1 Linotte mélodieuse et 1 passereau indéterminé										Négligeable
	-										Négligeable
	-										Négligeable
	1 Grive musicienne										Négligeable
	-										Négligeable
	-										Négligeable

7.2 CHAUVES-SOURIS

Un cadavre de chauve-souris a été retrouvé entre avril et octobre 2022. L'évaluation ci-dessous se base sur les résultats du suivi de la mortalité. Les tableaux ci-dessous présentent le niveau d'impact par espèce puis par mois.



Statuts et enjeux des espèces de chauves-souris impactées en 2022 (méthode détaillée au chapitre 3.4.5) 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, 2022 et Eurobats, juin 18)	Portée de l'impact	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	LC	LC	LC	Faible (648 en Europe, dont 221 en France)	Moyenne ----- 1 cadavres (E1, 30/08/2022) [Local] ----- Activité au sol : L'activité chiroptérologique en période de transit automnal était faible pour l'espèce.	Faible	Faible	Négligeable

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

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

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

Évaluation du niveau d'impact par période de l'année (2022)

	Activité chiroptérologique au sol	Mortalité brute - 2022	Mortalité estimée avec GenEst par périodes - 2022	Niveau d'impact par mois
Avril	En transit printanier, l'activité chiroptérologique est importante à très importante.	-		Négligeable
Mai		-		Négligeable
Juin	En période d'estivage et de parturition, l'activité chiroptérologique est faible à très importante.	-		Négligeable
Juillet		-		Négligeable
Août	En période de parturition et automnal, l'activité chiroptérologique est faible à très importante notamment au niveau du point 2 qui enregistre des activités de Pipistrelle	1 Pipistrelle de Kuhl	Période 2 : 4,8 chiroptères [IC 80 % : 1,0 - 11,0]	Négligeable
Septembre		-		Négligeable
Octobre		-		Négligeable

Activité chiroptérologique au sol	Mortalité brute - 2022	Mortalité estimée avec GenEst par périodes - 2022	Niveau d'impact par mois
commune assez forte et forte.			

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. Le cas du parc de Keranfouler illustre bien cet élément, aucune mortalité de chauve-souris n'ayant été constatée lors du premier suivi réalisé en 2014-2015.

7.3 ELEMENTS DE COMPARAISON AVEC LE PREMIER SUIVI DE MORTALITE (2014-2015)

Le parc de Keranfouler, mis en service en 2006, a fait l'objet d'un premier suivi de mortalité en 2014-2015. Ce premier suivi était composé de 30 sorties réparties sur une année complète.

Un cadavre d'oiseau a été découvert en avril 2015, il s'agit du seul cas de mortalité relevé durant cette première étude.

Aucune estimation de la mortalité réelle n'avait été faite lors du suivi de 2014-2015.

Les résultats bruts obtenus sont différents entre ces deux suivis. En 2014-2015, un seul cadavre avait été découvert et il s'agissait d'un oiseau (un Pouillot véloce au mois de mai), alors qu'aucun chiroptère n'avait été trouvé sur le parc. De plus, le cadavre avait été trouvé sous l'éolienne E2. La répartition de la mortalité est différente sur le parc en 2022 (1 cadavre sous E1 et E6 et 2 cadavres sous E3 et E4) et concerne également les chauves-souris. 5 cadavres d'oiseaux (dont 1 hors protocole) et 1 cadavre de chiroptère ont été détectés.

Le Pouillot véloce, concerné par la mortalité en 2015, a été recontacté sur le site en 2022 à de nombreuses reprises mais n'a fait l'objet d'aucun cas de mortalité.

Le fait qu'il y ait eu plus de cadavres de chiroptères en 2022 qu'en 2014-2015 peut s'expliquer en partie par le nombre inférieur de sorties réalisées durant la période d'activité des chiroptères au cours du premier suivi de mortalité.

Les risques de collision, évalués en 2014-2015 pour les oiseaux et les chiroptères sur la base des activités enregistrées et de la mortalité, sont résumés dans les tableaux suivants.

Évaluation du niveau d'impact pour les oiseaux, contextualisée par mois sur la base de la sensibilité des espèces et des cas de mortalité découverts en 2014-2015

	Critères d'évaluation (Cas de mortalité)	Niveau d'impact en 2014-2015
Octobre	Aucun cadavre	Négligeable
Novembre	Aucun cadavre	Négligeable
Décembre	Aucun cadavre	Négligeable
Janvier	Aucun cadavre	Négligeable
Février	Aucun cadavre	Négligeable
Mars	Aucun cadavre	Négligeable

	Critères d'évaluation (Cas de mortalité)	Niveau d'impact en 2014-2015
Avril	1 Pouillot véloce (E2)	Négligeable
Mai	Aucun cadavre	Négligeable
Juin	Aucun cadavre	Négligeable
Juillet	Aucun cadavre	Négligeable
Août	Aucun cadavre	Négligeable
Septembre	Aucun cadavre	Négligeable

En conclusion, le niveau d'impact pour chacune des espèces dont la mortalité a été constatée en 2022 sur le parc de Keranfouler 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 oiseaux et pour les chiroptères.**

Le niveau d'impact pour les oiseaux et les chiroptères apparaît négligeable tout au long du suivi, soit d'avril à octobre 2022.

L'absence d'impact avéré ne justifie pas la mise en place de mesure particulière sur le parc de Keranfouler. Toutefois, quelques mesures de réduction des risques de collision sont proposées dans le chapitre suivant.

**Évaluation du niveau d'impact pour les chiroptères, contextualisée par mois
sur la base des activités enregistrées et de la mortalité en 2014-2015**

	Critères d'évaluation (Cas de mortalité, surfaces prospectées, observation d'activité)	Niveau d'impact en 2014-2015
Octobre	Aucun cadavre	Négligeable
Novembre	Aucun cadavre	Négligeable
Décembre	Aucun cadavre	Négligeable
Janvier	Aucun cadavre	Négligeable
Février	Aucun cadavre	Négligeable
Mars	Aucun cadavre	Négligeable
Avril	Aucun cadavre	Négligeable
Mai	Aucun cadavre	Négligeable
Juin	Aucun cadavre	Négligeable
Juillet	Aucun cadavre	Négligeable
Août	Aucun cadavre	Négligeable
Septembre	Aucun cadavre	Négligeable

Aucun bridage n'a été mis en place à la suite du suivi réalisé en 2014-2015 sur le parc de Keranfouler, Le niveau d'impact pour les oiseaux et les chiroptères étant considéré négligeable.





8. 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).

8.1 PROTECTION DES CHAUVES-SOURIS FREQUENTANT LE PARC

8.1.1 PRINCIPE GENERAL

Le moyen technique le plus communément utilisé par les exploitants pour arrêter 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. La **mise en drapeau a pour objectif de réduire les risques de collision, tout en maintenant l'éolienne active. Il est ainsi possible d'augmenter 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.

8.1.2 LIMITATION DU FREE WHEELING NOCTURNE

La **mortalité résiduelle constatée en 2022 n'apparaît pas significative** avec un **niveau évalué de « négligeable » tout au long de l'année**, seul un cadavre de Pipistrelle de Kuhl ayant été découvert en août 2022. Toutefois, au vu des biais mis en évidence précédemment (persistance faible notamment), il est difficile d'être catégorique sur l'absence d'impact du parc sur les chiroptères notamment. Aussi, dans la mesure du possible, il serait de bonne pratique de limiter le free Wheeling par mise en drapeau des pales pour des vents inférieurs à 4 m/s d'août à octobre à partir de 2023. Il faut préciser que ce modèle d'éolienne ne produit de l'énergie qu'à partir de 3 m/s, ainsi ce niveau de bridage n'entraîne pas de pertes financières significatives.

Pour rappel, dans le cas du parc de Keranfouler, le suivi acoustique à hauteur de nacelle, réalisé en 2022 sur l'éolienne E3, n'a pas permis de suivre l'activité chiroptérologique par suite de plusieurs défaillances (fragilité du microphone TM20). Il n'est donc pas possible d'évaluer le pourcentage de l'activité chiroptérologique globale protégé par augmentation de la « cut-in speed ».

Le tableau ci-après détermine pour chaque mois les paramètres de limitation du « Free wheeling » proposés par mise en drapeau des pales la nuit afin de réduire les risques de collision des chauves-souris à partir de 2023.

Préconisations de « cut in speed » pour réduire les risques de collision des chiroptères

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

Free wheeling (vent à hauteur de nacelle)	
Du 1 ^{er} janvier au 31 juillet	Mise en drapeau à 3 m/s toute la nuit
Du 1 ^{er} août au 31 octobre	Mise en drapeau à 4 m/s toute la nuit ($T > 10^{\circ}\text{C}$)
Du 1 ^{er} novembre au 31 décembre	Mise en drapeau à 3 m/s toute la nuit

Dans la mesure du possible, il serait de bonne pratique d'appliquer les paramètres préconisés ci-dessus à l'ensemble des éoliennes du parc de Keranfouler. **Il est ainsi recommandé d'augmenter la « cut-in speed » à 4 m/s, tout au long de la nuit d'août à octobre, quelle que soit la température.**

Il est à noter que cette mesure appliquée la nuit serait aussi bénéfique, indirectement, aux oiseaux migrateurs, certaines de ces espèces étant des victimes avérées par collision du parc de Keranfouler (Faucon émerillon).

8.2 CONTROLE DE L'ECLAIRAGE NOCTURNE

Chaque éolienne est équipée d'une lampe halogène blanche au niveau de sa porte d'accès, laquelle se déclenche grâce à un détecteur de mouvement pour permettre la montée des escaliers en sécurité de nuit.

La durée pendant laquelle la lampe reste allumée ne devrait pas dépasser les deux minutes afin de limiter les risques de pollution lumineuse. En effet, en premier lieu les pipistrelles sont connues pour chasser les insectes volants se réunissant autour des halos lumineux, d'où des risques de collisions et de mortalité augmentés. D'autres espèces au contraire sont davantage lucifuges et évitent les points lumineux (murins, Barbastelle, oreillard...) , ce qui crée un dérangement de ces espèces avec un risque de désertion de la zone.

8.3 GESTION DES HABITATS AUTOUR DES EOLIENNES

Les friches herbacées aux abords des plateformes des éoliennes constituent des habitats privilégiés par les chauves-souris et le Faucon crécerelle pour la chasse. **Afin de limiter leur attractivité, il est recommandé de les maintenir à ras le plus longtemps possible tout au long de la saison active (mars à octobre en général).** Moins la végétation herbacée se développera, moins les invertébrés (papillons, mouches, araignées...) et les micromammifères auront la possibilité de proliférer et donc d'attirer leurs prédateurs que sont les chiroptères ou les rapaces. Une convention avec le propriétaire ou l'agriculteur exploitant des parcelles pourra permettre de mettre en œuvre cette mesure.

Il est à noter que les plateformes du parc éolien de Keranfouler ne présentent pas de surfaces significatives laissées volontairement en friche, réduisant déjà ce facteur de risque. Seul le tas de terre situé sous E7 était enrichie de façon permanente en 2022.

9. MESURES DE SUIVI

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

La mortalité résiduelle constatée en 2022 dans le cadre du présent suivi **n'apparaît pas significative** avec un niveau évalué de « négligeable » tout au long de l'année que ce soit pour les oiseaux et les chiroptères.

Il n'apparaît donc **pas nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures de réduction des risques de collision** préconisées en fin de suivi.





10. 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 audiois (11). Présentation lors du colloque éolien à Reims les 15, 16 et 17 septembre 2010. ADEME, MEEDEM, 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.
- Arnet E. 2005.** Relationships between Bats and Wind Turbines in Pennsylvania and West Virginia : An Assessment of Fatality Search Protocols, Patterns of Fatality, and Behavioral Interactions with Wind Turbines. Final report prepared for the Bats and Wind Energy Cooperative. 187p.
- Arnett E., Johnson G.D., Erickson W.P. & Hein C.D. 2013.** A synthesis of operational mitigation studies to reduce bat fatalities at wind energy facilities in North America. A report submitted to the National Renewable Energy Laboratory. The National Renewable Energy Laboratory. Austin, Texas, USA : Bat Conservation International, 2013. 38 p.
- Arnett E., Baerwald E. F., Mathews F., Rodrigues L., Rodriguez-Duran A., Rydell J., Villegas-Patrac R. & Voigt C. C. 2016.** Impacts of wind energy development on bats: a global perspective. In Bats in the Anthropocene: conservation of bats in a changing world (C. C. Voigt and T. Kingston, eds.). Springer-Verlag, Berlin.
- Arnett E., Huso M., Hayes J.P. & Schirmacher M. 2010.** Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Austin, Texas, USA : Bat Conservation International, 2010. 58 p.
- Arnett E., Schirmacher M., Huso M. & Hayes J. 2009.** Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities – Bats and Wind Energy Cooperative, 44p.
- Arthur L. & Lemaire M. 2015.** Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Collection Parthénope, éditions Biotope, Mèze. MNHN, Paris, 2^{ème} éd. 544 p.
- Aulagnier S., Haffner P., Mitchell-Jones A. J., Moutou F. & Zima J. 2008.** Guide des mammifères d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. Delachaux & Niestlé, Paris, 272 p.
- Avel pen Ar Bed. 2000.** Avifaune et projets éoliens, approche bibliographique. ADEME.
- Azam C., Kerbiriou C., Vernet A., Julien J-F., Bas Y., Plichard L. & Le Viol I. 2015.** Is part-night lighting an effective measure to limit the impacts of artificial lighting on bats ? Global change biology, 21 (12). 4333-4341.
- Azam C., Le Viol I., Julien J-F., Bas Y. & Kerbiriou C. 2016.** Disentangling the relative effect of light pollution, impervious surfaces and intensive agriculture on bat activity with a national scale monitoring program. Landscape Ecology, 31 (10). 2471-2483.
- Bach L. 2001.** Fledermaus 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 sensoring bat activity at proposed wind plans in forest. 1p.
- Bach L., Bach P., Tillmann M. & Zucchi H. 2012.** Fledermausaktivität in verschiedenen Straten eines Buchenwaldes in Nordwestdeutschland und Konsequenzen für Windenergieplanungen. 2012, 128, pp. 148-157.
- Baerwald E-F., D'Amours G-H., Klug B-J. & Barclay R.M.R. 2008.** Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. Current Biology 18(16) : 695-696.
- Barataud M. 1994.** Étude de l'activité nocturne de 18 espèces de Chiroptères. Mémoires des Sciences Naturelles et Archéologiques de la Creuse, tome 44-45.
- Barataud M. 2015.** Écologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope, Mèze; MNHN, Paris, 344 p.
- Barataud M., Barataud J., Giosa S., Jemin J., Vittier J. & Besnard A. 2017.** Suivi temporel acoustique des chiroptères forestiers du Limousin (2014-2016). Plume de naturalistes n°1 (déc. 2017). 42-66p.
- Barclay R. 2013.** It is Time to Stop Counting Bat Fatalities per Wind Turbine. In: Abstracts 16th International Bat Research Conference & 43rd North American Symposium on bat Research. San Jose, Costa Rica, 11 au 15 août 2013. p.16
- Barré K. 2017.** Mesurer et compenser l'impact de l'éolien sur la biodiversité en milieu agricole. Thèse sous la direction de Romain Julliard et de Christian Kerbiriou et de Isabelle Le Viol. Museum national d'histoire naturelle - MNHN PARIS, 2017. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01714548>
- Barrios L. & Rodriguez A. 2004.** Behavioral and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines. Journal of Applied Ecology 41, 72-81.
- Bastos R., Santos M. & Cabrai J.A. 2013.** A new stochastic dynamic tool to improve the accuracy of mortality estimates for bats killed at wind farms. Ecological Indicators, 34: 428-440. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.06.003>
- Behr O., Brinkmann R., Niermann I., Korner-Nievergelt F. 2011.** Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. In BRINKMANN R., BEHR O., NIERMANN I., Reich Michael (eds.), 2011. Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Umwelt und Raum, Cuvillier Verlag, Göttingen, Bd. 4: 177–286.
- Behr O., Eder D., Marckmann U., Mette-Christ H., Reisinger N., Runkel V. & Von Helversen O. 2007.** Akustisches Monitoring im Rotorbereich von Windenergieanlagen und methodische Probleme beim Nachweis von Schlagopfern – Ergebnisse aus Untersuchungen im mittleren und südlichen Schwarzwald. Nyctalus (N.F.) 12 (2/3): 115-127
- Bergen F. 2001.** Windkraftanlagen und Frühjahrsdurchzug des Kiebitz (Vanellus vanellus): eine Vorher-Nachher-Studie an einem traditionellen Rastplatz in Nordrhein-Westfalen. 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 Threeee 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 Castelnau-Pégayrols (12). Suivi pluriannuel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campagnes des 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} années d'exploitation (2009-2011). EXEN & KJM Conseil Environnement, 111 p.
- Bevanger K. & al. 2010.** Pre- and post-construction studies of conflicts between birds and wind turbines in 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/ecs.21966
- 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-Weissbach H.** 2002. Welche Auswirkungen haben Windenergieanlagen auf Fledermäuse? *Der Flattermann* 14(2): 31-32
- Brinkman R., Schauer-Weissbach 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 Rhônes Alpes (CORA) Faune Sauvage (Groupe chiroptères).** 2011. Gestion forestière et préservation des chauves-souris. CRPF. [En ligne] Décembre 2011. [Citation : 2 mars 2016.] 32 p.. http://www.crfp.fr/new/telechargement%20dossiers/CTChiro_forestiers.pdf. ISBN 2-908010-80-1.
- Collins J. & Jones G.** 2009. Differences in bat activity in relation to bat detector height: implications for bat surveys at proposed windfarm sites. *Acta Chiropterologica* 11 : 343-350.
- Conduche N. & al.** 2012. Suivi 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., Bonacorso 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., Schofield 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., Olioso G. & Yesou P.** 2008. Nouvel inventaire des oiseaux de France. Delachaux et Niestlé, Paris, 558 p.
- Dubourg-Savage M.-J.** 2004. Impacts des éoliennes sur les Chiroptères, de l'hypothèse à la réalité. *Arvicola*, 16 (2) : 44-48.
- Dulac P.** 2008. Évaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi. Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon – Nantes. 106 p.
- Dürr T.** 2002. Éoliennes et Chauves-souris. *Nyctalus*, n°8 2002, cahier 2, p 115-118.
- Dürr T.** 2003. Windenergieanlagen und Fledermausschutz in Brandenburg – Erfahrungen aus Brandenburg mit Einblick in die bundesweite Fundkartei von Windkraftopfern. In: *Fachtagung, Kommen Vögel und Fledermäuse unter die (Wind)räder ? Dresden*, 17-18 nov. 2003.
- Dürr T.** 2005. Actes du séminaire éoliennes, avifaune, chiroptères : quels enjeux ?
- Dürr T.** 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.
- Écosphère.** 2013. Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions. Rapport de stage de L. Jung et 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 Détriot (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., Kroner 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/Cepesc 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 Wiesenweide, 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 Landes-amt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein, 92 pp
- Grünkorn, T., Blew, J., Coppack, O., Krüger, O., Nehls, G., Potiek, A., Reichenbach, M., von Rönn, J., Timmermann, H., & Weitekam, S.** 2016. Ermittlung der Kollisionsraten von (Greif)Vögeln und Schaffung planungsbezogener Grundlagen für die Prognose und Bewertung des Kollisionsrisikos durch Windenergieanlagen (PROGRESS). Schlussbericht zum durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des 6. Energieforschungsprogrammes der Bundesregierung geförderten Verbundvorhaben PROGRESS, FKZ 0325300A-D.
- Grünkorn, T., Blew, J., Krüger, O., Potiek, A., Reichenbach, M., von Rönn, J., Timmermann, H., Weitekam, S. & Nehls, G.** 2017. A large-scale, multispecies assessment of avian mortality rates at land-based wind turbines in Northern Germany. In: Köppel, J. (ed.) Wind Energy and Wildlife Interactions, DOI 10.10007/978-3-319-51272-3_3.
- Haquart A., Bas Y., Tranchard J. & Lagrange H.** 2012. Suivi annuel continu de l'activité des chiroptères sur 10 m² 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.
- Hötker H. & al.** 2006. Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources : the example of birds and bats – facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.
- Hötker 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., Toeich U. & Dziok 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.
- Kerbirou C., Julien J-F., Arthur L., Depraetere M., Lemaire M., Le Viol I., Lorrilliere R., Maratrat J., Marmet J., Pelissier V. & Reneville C.** 2015. Suivi national des chauves-souris communes et retombées locales. Symbioses 32 : 57-62.
- Kerns J. & Kerlinger P.** 2004. A study of bird and bat collision fatalities at the mountaineer wind energy center, Tucker County, West Virginia : Annual report for 2003 – FPL Energy and Mountaineer Wind Energy Center Technical Review Committee, 39p.
- Kerns J., Erickson W. P., & Arnett E. B.** 2005. Bat and bird fatality at wind energy facilities in Pennsylvania and West Virginia. In: Relationship between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of bat fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. ed E.B. Arnett., Bat conservation International, Austin, Texas (cited in Brinkmann & Schauer-Weissahn 2006), p. 24-95.
- Ketzenberg C., Exo K.M., Reichenbach M. & Castor M.** 2002. Einfluss von Windkraftanlagen auf brütende Wiesenvögel. Nat. Landsch 77 : 144-153.
- Kippeurt L.** 2012. Volet avifaune et chiroptères de l'étude d'impact pour l'implantation d'un parc éolien sur le territoire de la communauté de communes du secteur de Dompaire (88). Biotope 107p.
- Korner-Nievergelt F., Behr O., Brinkmann R., Etterson M., Huso M., Dalthorp D., Korner-Nievergelt P., Roth T. & Niermanni.** 2015. Mortality estimation from carcass searches using the R-package carcass - a tutorial. Wildlife Biology, 21(1):30-43. 15p. doi: 10.2981/wlb.00094
- Korner-Nievergelt F., Brinkmann R., Niermann O. & Behr O.** 2013. Estimating Bat and Bird Mortality Occuring at Wind Energy Turbines from Covariates and Carcass Searches Using Mixture Models. PLoS ONE 8(7) : e67997.
- Korner-Nievergelt F., Korner-Nievergelt P., Behr O., Niermann I., Brinkmann R. & Hellriegel B.** 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. Wildlife Biology. NVK 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 museum 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/MEEDEM/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, Zoogdiervereniging & Bureau Waardenburg. 120p.
- Loiret Nature Environnement.** 2010. Suivi ornithologique et chiroptérologique des parcs éoliens de Beauce : Premiers résultats 2006 - 2009. Plaquette 6 p.
- Lucas M. de. & al.** 2004. The effects of a wind farm on birds in a migration point : the Strait of Gibraltar. Biodiversity and Conservation 13, 395-407.
- Ludin G.** 2005. Cranes: Where, When and Why? A Guide Book for Visitors in European Crane Areas and Ideas How to Manage Cranes in an Agricultural Environment. Swedish Crane Working Group, 228 p.
- Lustrat P.** 1997. Biais dus aux techniques d'étude des chiroptères en activité de chasse en milieu forestier. Arvicola IX (1) : 7-10.
- Mabbe T.J., Plissner J.H. & Cooper B.A.** 2005. A radar and visual study of nocturnal bird and bat migration at the proposed Flat Rock wind power project, New York, fall 2004. ABR, Inc. – Environmental Research & Services, Forest Grove (Oregon), 30 p.
- Marchesi, Blant & Capt.** 2011. Clé morphologique et clé des crânes présentes dans le guide : Mammifères de Suisse : clés de détermination. Fauna Helvetica.
- Martin G. R.** 2011. Understanding bird collisions with man-made objects: a sensory ecology approach. Ibis (153) : 239-254.
- Marx G.** 2017. Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune. Étude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015. LPO : 80 p. + annexes.
- Masden E. A., Haydon D. T., Fox A. D., Furness R. W., Bullman R. & Desholm M.** 2009. Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds. ICES Journal of Marine Science 66 : 746-753.
- Mathews F.** 2011. National Bats and Wind Turbines Project. University of Exeter. 25p.
- Mattei-Roesli M, Blant M, Magnin B & Ruedi M.** 2011. Clé des crânes des Mammifères de Suisse : clés de détermination. Fauna Helvetica, 21 : 68-84 & 133-145
- 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. Muséum 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.
- Mezan S.** 2012. Programme de suivi temporel des oiseaux communs (STOC) : bilan de la décennie 2002-2011. EPOB, 31 p.
- Million, L., Julien, J.-F., Juliard, R., & Kerbirou, 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. & Kerbirou 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. MEEDEM – 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.
- Nádo 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 Rahmen-bedingungen, 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 vindmøelles invirkning pa fuglelivet. Fugles reaktioner pa opfoerelse og ideftsaettelsen af tjaereborgmoellen ved Det Danske Vadehav. Danske Vildundersøgelser 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
- 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. Hötker, 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-Sauvage M.-J., Karapandza B., Kovac D., Kervyn T., Dekker J., Kepel A., Bach P., Collins J., Harbusch C., Park K., Micevli B. and Minderman J.** 2015. Guidelines for consideration of bats in wind farm projects – Revision 2014. EUROBATS Publication Series No. 6 (English version). UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany. 133p.
- Roeleke M., Blohm T., Kramer-Schadt S., Yovel Y. & Voigt C.** 2016. Habitat use of bats in relation to wind turbines revealed by GPS tracking. Scientific reports 6, 28961 ; doi 10.1038/srep28961.
- Roemer C., Discab T., Coulon A., Basa Y.** 2017. Bat flight height monitored from wind masts predicts mortality risk at wind farms. Biological Conservation 215 (2017) 116–122. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2017.09.002>

- Rydell J. & al. 2012.** The effect of wind power on birds and bats. Report 6511. Swedish Environmental Protection Agency, 152 p.
- Santos S.M., Carvalho 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'Etude 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.
- IUCN FRANCE, MNHN, LPO, SEOF & ONCFS. 2016.** La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Oiseaux de France métropolitaine. Paris, France.
- IUCN FRANCE, MNHN, SFEPM & ONCFS. 2017.** La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France.
- IUCN FRANCE. 2012.** Liste rouge des chiroptères de la région Centre (validation CSRPN de 11/2013)
- IUCN 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.

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

Date	Tâche	Intervenant	Intervalle (j)
08/04/2022	Suivi mortalité	Charlotte Demartini / Claire Le Rouzic	
14/04/2022	Suivi mortalité	Laura Fauverteix	5
20/04/2022	Suivi mortalité	Alexis Crampon	7
29/04/2022	Suivi mortalité	Valentin Guiho	9
05/05/2022	Suivi mortalité	Jean Courtin	6
11/05/2022	Suivi mortalité	Guillaume Le Guen	6
18/05/2022	Suivi mortalité	Guillaume Le Guen	7
24/05/2022	Suivi mortalité	Guillaume Le Guen	6
31/05/2022	Suivi mortalité Tests efficacité	Guillaume Le Guen & Jean Courtin	7
07/06/2022	Suivi mortalité Test de persistance (dépôt)	Guillaume Le Guen	7
08/06/2022	Test de persistance (J+1)	Guillaume Le Guen	
10/06/2022	Test de persistance (J+3)	Guillaume Le Guen	
14/06/2022	Suivi mortalité Test de persistance (J+7)	Guillaume Le Guen	7
17/06/2022	Test de persistance (J+10)	Guillaume Le Guen	
21/06/2022	Suivi mortalité Test de persistance (J+14)	Guillaume Le Guen	7
28/06/2022	Suivi mortalité	Guillaume Le Guen	7
05/07/2022	Suivi mortalité	Guillaume Le Guen	7
12/07/2022	Suivi mortalité	Guillaume Le Guen	7
19/07/2022	Suivi mortalité	Guillaume Le Guen	7
26/07/2022	Suivi mortalité	Guillaume Le Guen	7
02/08/2022	Suivi mortalité	Guillaume Le Guen	7
09/08/2022	Suivi mortalité	Guillaume Le Guen	7
17/08/2022	Suivi mortalité	Guillaume Le Guen	8
23/08/2022	Suivi mortalité	Guillaume Le Guen	6
30/08/2022	Suivi mortalité	Guillaume Le Guen	7
06/09/2022	Suivi mortalité	Guillaume Le Guen	7
13/09/2022	Suivi mortalité Test de persistance (dépôt)	Guillaume Le Guen	7
14/09/2022	Test de persistance (J+1)	Guillaume Le Guen	
16/09/2022	Test de persistance (J+3)	Guillaume Le Guen	

Date	Tâche	Intervenant	Intervalle (j)
20/09/2022	Suivi mortalité Test de persistance (J+7)	Guillaume Le Guen	7
23/09/2022	Test de persistance (J+10)	Guillaume Le Guen	
27/09/2022	Suivi mortalité Test de persistance (J+14)	Guillaume Le Guen	7
04/10/2022	Suivi mortalité Test de performance	Guillaume Le Guen & Jean Courtin	7
12/10/2022	Suivi mortalité	Guillaume Le Guen	8
19/10/2022	Suivi mortalité	Guillaume Le Guen	7
26/10/2022	Suivi mortalité	Quentin Le Bayon	7



ANNEXE 2 : SURFACES PROSPECTÉES PAR EOLIENNE AU COURS DU SUIVI

Pour chaque éolienne, les surfaces prospectées ont été différencierées par classes de visibilité : Prospecté (**B** = Bonne & **Moy** = Moyenne), non prospecté (**Nulle**).

Mois	Nbr de passages	E1			E2			E3			E4			E5			E6			E7			% moyen de surface prospectée
		Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté	Prospecté	Non prospecté	% prospecté	
Avril	4	5263	2570	67%	4408	3426	56%	4788	3042	61%	4737	3096	60%	2985	4846	38%	3063	4772	39%	5613	2221	72%	56%
Mai	4	6582	1251	84%	2349	5486	30%	4472	3358	57%	4127	3704	53%	1705	6126	22%	3309	4525	42%	2715	5119	35%	46%
Juin	5	6500	1333	83%	454	7379	6%	326	7504	4%	4704	3128	60%	1016	6816	13%	3184	4649	41%	5299	2535	68%	39%
Juillet	4	1908	5925	24%	454	7378	6%	1679	6151	21%	4919	2913	63%	1098	6733	14%	3465	4368	44%	5111	2722	65%	34%
Août	5	1094	6739	14%	1546	6285	20%	4654	3175	59%	3895	3937	50%	6292	1540	80%	4923	2910	63%	6099	1734	78%	52%
Septembre	4	3974	3859	51%	3185	4646	41%	2839	4991	36%	5593	2239	71%	5976	1856	76%	4923	2910	63%	4191	3642	54%	56%
Octobre	4	6549	1284	84%	475	7357	6%	447	7383	6%	5098	2734	65%	1055	6776	13%	6337	1496	81%	6879	954	88%	49%
Moyenne :			57%			23%		35%		60%		37%			53%			66%					47%

ANNEXE 3 : SYNTHESE DES CADAVRES DECOUVERTS LORS DU SUIVI DE MORTALITE

Groupe d'espèces	Nom français	Nom scientifique	Sexe	Date ramassage	Coord_X_L93	Coord_Y_L93	Distance mat	Num éolienne	Découreur	Identificateur	Etat	Occupation du sol	Visibilité
Oiseaux	Faucon émerillon	<i>Falco columbarius</i>	Ind	14/04/2022	234693	6839183	34	E4	Laura FAUVERTEIX	Valentin GUIHO	Frais	Prairie	Bonne
Oiseaux	Linotte mélodieuse	<i>Linaria cannabina</i>	Ind	11/05/2022	234927	6839276	29	E3	Guillaume LE GUEN	Guillaume LE GUEN	?	Chemin	Bonne
Oiseaux	Passereau indéterminé	<i>Passereau sp</i>	Ind	24/05/2022	234914	6839286	42	E3	Michaël ROCHE	Michaël ROCHE	Avancé	Chemin	Bonne
Oiseaux	Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	Ind	10/08/2022	234644	6839199	21	E4	Guillaume LE GUEN	Guillaume LE GUEN	?	Prairie	Bonne
Chiroptères	Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Ind	30/08/2022	235504	6839584	10	E1	Guillaume LE GUEN	Guillaume LE GUEN	Avancé	Plateforme	Bonne



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... KeranfoulerSv22_cadavres_tot.csv
Upload complete

Nb lignes lues = 30

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

Browse... KeranfoulerSv22_persistence_tot.csv
Upload complete

Nombre de lignes lues = 69

Méthode de calcul des intervalles de confiance

Non-paramétrique
 Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =

6,9

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =

140

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

125

Pourcentage de la surface prospectée =

0,47

CALCULER

Données en entrée

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

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

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

7, 1, 0, 3, 0, ..., 1, 0, 0, 1, 0

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	39.29	9.01	89.20	18.46	68.27
Huso	41.14	9.20	97.25	19.47	71.82
Winkelmann	101.95	23.87	316.20	45.88	203.90
Jones	64.01	15.15	243.24	28.12	138.59



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

Présentation de quelques captures d'écran.

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

Model Inputs:

Carcass ID Column (CO)
carcID

Fraction of Facility Surveyed:
1

Date Found:
DateFound

Estimate Clear Estimate

Splitting Mortality:

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

Search Schedule (SS) Variable:
Season

Carcass Observation (CO) Variable:
Group

Split Estimate Transpose Clear Split

Figures Summary

Show 25 entries Search:

	Group	Season	X	10%	25%	50%	75%	90%
1	bat	periode_1	0	0	0	0	0	0
2	bat	periode_2	1	1	1	4.78	8.63	11.02
3	bird	periode_1	3	10.18	20.56	32.86	46.41	62.69
4	bird	periode_2	1	1	1	3.99	6.59	9.02

Showing 1 to 4 of 4 entries Previous 1 Next

Download



- Résultats obtenus pour l'ensemble des cadavres par période. Résultats présentés dans le tableau en partie 5.3.2.

General Inputs
Searcher Efficiency
Carcass Persistence
Mortality Estimation
Detection Probability

Model Inputs:

Carcass ID Column (CO)
carcID

Fraction of Facility Surveyed:
1

Date Found:
DateFound

Estimate Clear Estimate

Splitting Mortality:

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

Search Schedule (SS) Variable:
Season

Carcass Observation (CO) Variable:

Split Estimate Clear Split

Figures
Summary

Show 25 entries Search:

Season	X	10%	25%	50%	75%	90%
1 periode_1	3	10.18	20.56	32.86	46.41	62.69
2 periode_2	2	3.16	4.65	8.63	12.82	16.47

Showing 1 to 2 of 2 entries Previous 1 Next

[Download](#)



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

DATAFILES INPUTS :		<i>DWP_unique pour chaque éolienne</i>
GENERAL INPUTS	<i>Model inputs</i>	
	Number of iteration	1000
	Confidence level	0,8
	Carcass Class Column	Aucun
SEARCHER EFFICIENCY	<i>Model inputs</i>	
	Observations	Search1
	Predictor variables	Visibility
	Fixed k	0,75
	<i>Selection</i>	
		periode 1 : p~constant; (ΔAICc : 0,26) periode 2 : p~constant; (ΔAICc : 0)
	p model /p ~	
CARCASS PERSISTENCE	k model	0,75
	<i>Model inputs</i>	
	Last time present	LastPresent
	First time absent	FirstAbsent
	Predictor variables	
	Distributions	all
	<i>Selection</i>	
MORTALITY ESTIMATION		periode 1 : lognormal (ΔAICc : 1,43) periode 2 : lognormal (ΔAICc : 1,48)
	Distribution	
	Location ~	I ~constant
	Scale ~	s ~constant
	<i>Model inputs</i>	
	Carcass ID	carcID
	Fraction of Facility Surveyed	1
	DWP	-
	Date found	DateFound
	<i>Split mortality</i>	
	Search Schedule (SS) Variable	Season
	Carcass Observation (CO) Variable	Group

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



PRÉFET
DES CÔTES-
D'ARMOR

Liberté
Égalité
Fraternité

Direction départementale
des territoires et de la mer

Arrêté autorisant le ramassage de cadavres sur place de spécimens d'espèces protégées d'oiseaux et de chiroptères dans le cadre du suivi d'un parc éolien terrestre de Keranfouler à PONT-MELVEZ

Le Préfet des Côtes-d'Armor
Chevalier de la Légion d'Honneur
Officier de l'Ordre National du Mérite

Vu la directive 92/43/CEE du conseil du 21 mai 1992, modifiée, concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages ;

Vu le livre IV du code de l'environnement, et notamment ses articles L. 411-1 et L. 411-2, R. 411-1 à R. 411-14 ;

Vu le décret n° 97-1204 du 19 décembre 1997 pris pour l'application du décret n° 97-34 du 15 janvier 1997 relatif à la déconcentration des décisions administratives individuelles ;

Vu l'arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4^e 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 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 du 29 octobre 2009 fixant les listes des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ;

Vu l'arrêté du 18 décembre 2014 fixant les conditions et limites dans lesquelles des dérogations à l'interdiction de capture de spécimens d'espèces animales protégées peuvent être accordées par les préfets pour certaines opérations pour lesquelles la capture est suivie d'un relâcher immédiat sur place ;

Vu l'arrêté préfectoral en date du 11 mai 2022 portant délégation de signature à M. Éric HENNION, directeur départemental des territoires et de la mer des Côtes-d'Armor par intérim ;

Place du général de Gaulle
BP 2370 – 22023 SAINT-BRIEUC
www.cotes-darmor.gouv.fr
Prefet22

1/9

Vu la demande en date du 22 février 2022 portée par M. Sylvain CHAUVAUD, directeur de l'Agence Ouest d'Écosphère de la Société TBM Environnement, pour le ramassage de cadavres de chiroptères et d'oiseaux pour identification sur place, dans le cadre du suivi du parc éolien terrestre de Keranfouler à PONT-MELVEZ (22390) ;

Vu l'avis du conseil scientifique régional du patrimoine naturel de Bretagne en date du 3 mai 2022 ;

Considérant que la dérogation sollicitée ne nuira pas au maintien de l'état de conservation de ces espèces dans leur aire de répartition naturelle et qu'elle ne remet pas en cause le bon état de conservation de ces espèces dans le département des Côtes-d'Armor ;

Considérant que les spécimens seront ramassés à des fins de détermination sur place ;

Considérant que, après identification, les cadavres de chauves-souris seront transmis au Muséum national d'histoire naturelle de PARIS qui mène différentes études sur les espèces de chiroptères ;

Considérant la qualification du demandeur et que les objectifs scientifiques poursuivis sont conformes à l'article L. 411-2 du code de l'environnement ;

Considérant qu'il n'existe pas d'autre solution satisfaisante pour réaliser ces études ;

Considérant que le projet n'a pas d'effet significatif sur l'état de conservation des espèces protégées concernées et que par conséquent il n'est pas nécessaire de procéder aux modalités définies à l'article L. 123-19-2 du code de l'environnement relatif à la participation du public aux décisions individuelles en matière d'environnement ;

Sur proposition du directeur départemental des territoires et de la mer des Côtes-d'Armor par intérim ;

ARRÊTE :

Article 1^e: Bénéficiaire et nature de la dérogation

M. Sylvain CHAUVAUD, directeur de l'Agence Ouest Écosphère – TBM environnement, située 2 rue de Suède à AURAY (56400), désigné dans le présent arrêté comme le bénéficiaire, est autorisé, conformément au contenu du dossier de demande de dérogation et sous réserve des dispositions définies dans le présent arrêté, à ramasser les cadavres des espèces de chiroptères et d'oiseaux, listées en annexe du présent arrêté, et ce à des fins de détermination.

La présente dérogation est accordée dans le cadre des suivis de mortalité de parc éolien terrestre.

Article 2 : Autres personnes autorisées

Les personnes suivantes, désignées par le bénéficiaire, sont autorisées à procéder aux ramassages des cadavres des espèces de chiroptères et d'oiseaux, listées en annexe du présent arrêté, et ce à des fins de détermination :

2/9

- M. Valentin GUIHO, technicien en écologie, faunisticien multigroupe ;
- M. Mickaël ROCHE, chargé d'études en écologie, faunisticien multigroupe ;
- M. Yves DAVID, chargé d'études en écologie, faunisticien multigroupe ;
- M. Yves DUBOIS, chargé d'études en écologie, faunisticien multigroupe.

Article 3 : Localisation

Les prospections et les ramassages sont limités au périmètre du parc éolien de Keranfouler sur la commune de PONT-MELVEZ (22390).

Article 4 : Durée de la dérogation

La présente dérogation est délivrée au bénéficiaire à compter de la signature du présent arrêté et jusqu'au 30 novembre 2022.

Article 5 : Opérations et mesures de suivi

Le bénéficiaire effectue le ramassage des cadavres manuellement.

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

Les cadavres de spécimens d'oiseaux, une fois identifiés, sont laissés sur place. Les cadavres de spécimens de chiroptères, sont transportés en laboratoire pour identification.

Les recommandations formulées par Eurobats et par le protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (2018) doivent être appliquées.

Le bénéficiaire doit transmettre les données recueillies sur la plateforme DEPOBIO.

Pour les espèces faisant l'objet d'un plan national d'actions, le bénéficiaire doit également transmettre les données aux coordinateurs du plan et aux directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) coordinatrices.

Le bénéficiaire doit veiller à éliminer les espèces non indigènes.

Un bilan détaillé des opérations sera transmis à la direction départementale des territoires et de la mer des Côtes-d'Armor (DDTM) avant le 30 juin 2023. Il comportera à minima pour chaque espèce : le nombre d'individus, les dates et lieux de prélèvement (cartographie), le sexe (si identifiable) et le nombre de spécimens morts trouvés lors des opérations.

Article 6 : Modalités de transport

Le transport de cadavres est autorisé pour identification vers le siège de l'Agence Ouest Ecosphère de la société TBM, situé au 2 rue de Suède à AURAY (56400).

Les cadavres de chiroptères non utilisés pourront faire l'objet d'un transport vers le Muséum national d'histoire naturelle de PARIS pour alimenter les différentes études sur ces espèces. Les autres cadavres devront être envoyés à l'équarrissage.

Article 7 : Autres réglementations

La présente dérogation ne dispense en aucun cas le bénéficiaire de solliciter les déclarations ou d'obtenir les autorisations ou accords requis par d'autres réglementations.

Article 8 : Sanctions administratives et pénales

Le non-respect des dispositions du présent arrêté peut donner lieu aux sanctions administratives prévues par les articles L. 171-7 et L. 171-8 du code de l'environnement.

Les infractions pénales aux dispositions du présent arrêté sont punies des peines prévues à l'article L. 415-3 du code de l'environnement.

Article 9 : Droits et informations des tiers

Les droits des tiers sont et demeurent expressément réservés. Le présent arrêté sera publié au recueil des actes administratifs de la préfecture des Côtes-d'Armor.

Le dossier de demande de dérogation portant sur des espèces protégées est consultable à la DDTM des Côtes-d'Armor.

Article 10 : Voies et délais de recours

Le présent arrêté peut faire l'objet d'un recours devant le Tribunal administratif de RENNES dans un délai de deux mois à compter de sa publication au recueil des actes administratifs de la préfecture des Côtes-d'Armor.

Le tribunal administratif peut être saisi par l'application « télérecours citoyens » accessible par le site internet www.telerecours.fr.

Article 11 : Exécution

La secrétaire générale de la préfecture, le directeur départemental des territoires et de la mer par intérim, le directeur régional de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Bretagne et le chef du service départemental de l'Office français de la biodiversité sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté.

Saint-Brieuc, le 02 JUIN 2022
Pour le Préfet et par déléction
Le directeur départemental
des territoires et de la mer
par intérim

Eric HENNION

ANNEXE de l'arrêté autorisant le ramassage de cadavres sur place de spécimens d'espèces protégées d'oiseaux et de chiroptères dans le cadre du suivi d'un parc éolien terrestre de Keranfouler à PONT-MELVEZ

Liste des espèces de la dérogation :

Nom vernaculaire	Nom latin
Avifaune	
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i>
Aigrette garzette	<i>Egretta garzetta</i>
Alouette haussecol	<i>Eremophila alpestris</i>
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>
Avocette élégante	<i>Recurvirostra avosetta</i>
Bécasseau cocorli	<i>Calidris ferruginea</i>
Bécasseau minute	<i>Calidris minuta</i>
Bécasseau sanderling	<i>Calidris alba</i>
Bécasseau variable	<i>Calidris alpina</i>
Bec-croisé des sapins	<i>Loxia curvirostra</i>
Bergeronnette de Yarrell	<i>Motacilla yarrellii</i>
Bergeronnette des ruisseaux	<i>Motacilla cinerea</i>
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba alba</i>
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>
Bernache cravant	<i>Branta bernicla</i>
Bondrée apivore	<i>Pernis apivorus</i>
Bouscarle de Cetti	<i>Cettia cetti</i>
Bouvreuil pivoine	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>
Bruant des neiges	<i>Plectrophenax nivalis</i>
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>
Bruant lapon	<i>Calcarius lapponicus</i>
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>
Bruant zizi	<i>Emberiza cirlus</i>
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>
Busard des roseaux	<i>Circus aeruginosus</i>
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>
Blongios nain	<i>Ixobrychus minutus</i>
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>

5/9

Chevalier culblanc	<i>Tringa ochropus</i>
Chevalier guignette	<i>Actitis hypoleucos</i>
Chevalier sylvain	<i>Tringa glareola</i>
Choucas des tours	<i>Corvus monedula</i>
Chouette chevêche	<i>Athene noctua</i>
Chouette effraie	<i>Tyto alba</i>
Chouette hulotte	<i>Strix aluco</i>
Cigogne blanche	<i>Ciconia ciconia</i>
Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i>
Coucou gris	<i>Cuculus canorus</i>
Cygne chanteur	<i>Cygnus cygnus</i>
Cygne tuberculé	<i>Cygnus olor</i>
Echasse blanche	<i>Himantopus himantopus</i>
Engoulement d'Europe	<i>Caprimulgus europaeus</i>
Épervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>
Faucon émerillon	<i>Falco columbarius</i>
Faucon hobereau	<i>Falco subbuteo</i>
Faucon pèlerin	<i>Falco peregrinus</i>
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>
Fauvette babillard	<i>Sylvia curruca</i>
Fauvette des jardins	<i>Sylvia borin</i>
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>
Gobemouche gris	<i>Muscicapa striata</i>
Gobemouche noir	<i>Ficedula hypoleuca</i>
Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>
Goéland brun	<i>Larus fuscus graelisi</i>
Goéland brun	<i>Larus fuscus</i>
Goéland leucophée	<i>Larus michahellis</i>
Goéland marin	<i>Larus marinus</i>
Gorgebleue à miroir	<i>Luscinia svecica</i>
Grand corbeau	<i>Corvus corax</i>
Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>
Grand Cormoran (Atlantique)	<i>Phalacrocorax carbo carbo</i>
Grande Aigrette	<i>Ardea alba</i>
Grèbe à cou noir	<i>Podiceps nigricollis</i>
Grèbe castagneux	<i>Tachybaptus ruficollis</i>

6/9



Grèbe huppé	<i>Podiceps cristatus</i>
Grimpereau des jardins	<i>Certhia brachydactyla</i>
Grosbec casse-noyaux	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>
Guêpier d'Europe	<i>Merops apiaster</i>
Harle bièvre	<i>Mergus merganser</i>
Harle piette	<i>Mergellus albellus</i>
Héron bihoreau	<i>Nycticorax nycticorax</i>
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>
Héron garde-boeufs	<i>Bubulcus ibis</i>
Héron pourpré	<i>Ardea purpurea</i>
Hibou moyen-duc	<i>Asio otus</i>
Hirondelle de fenêtre	<i>Delichon urbicum</i>
Hirondelle de rivage	<i>Riparia riparia</i>
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>
Huppe fasciée	<i>Upupa epops</i>
Hypolais polyglotte	<i>Hippolais polyglotta</i>
Linotte mélodieuse	<i>Linaria cannabina</i>
Locustelle tachetée	<i>Locustella naevia</i>
Loriol d'Europe	<i>Oriolus oriolus</i>
Marouette ponctuée	<i>Porzana porzana</i>
Martinet noir	<i>Apus apus</i>
Martin-pêcheur d'Europe	<i>Alcedo atthis</i>
Merle à plastron	<i>Turdus torquatus</i>
Mésange à longue queue	<i>Aegithalos caudatus</i>
Mésange bleue	<i>Cyanistes caeruleus</i>
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>
Mésange huppée	<i>Lophophanes cristatus</i>
Mésange noire	<i>Periparus ater</i>
Mésange nonnette	<i>Poecile palustris</i>
Milan noir	<i>Milvus migrans</i>
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>
Mouette mélanocéphale	<i>Ichthyaetus melanocephalus</i>
Mouette pygmée	<i>Hydrocoloeus minutus</i>
Mouette rieuse	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>
Oedicnème criard	<i>Burhinus oedicnemus</i>
Mésange à moustaches	<i>Panurus biarmicus</i>
Petit Gravelot	<i>Charadrius dubius</i>

7/9

Phragmite aquatique	<i>Acrocephalus paludicola</i>
Phragmite des joncs	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>
Pic épeichette	<i>Dendrocopos minor</i>
Pic mar	<i>Dendrocopos medius</i>
Pic noir	<i>Dryocopus martius</i>
Pic vert, Pivert	<i>Picus viridis</i>
Pie-grièche écorcheur	<i>Lanius collurio</i>
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>
Pinson du nord	<i>Fringilla montifringilla</i>
Pipit des arbres	<i>Anthus trivialis</i>
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>
Pipit rousseline	<i>Anthus campestris</i>
Pipit spioncelle	<i>Anthus spinoletta</i>
Pluvier guignard	<i>Eudromias morinellus</i>
Pouillot de Bonelli	<i>Phylloscopus bonelli</i>
Pouillot de Sibérie	<i>Phylloscopus collybita tristis</i>
Pouillot fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>
Pouillot siffleur	<i>Phylloscopus sibilatrix</i>
Pouillot vêloce	<i>Phylloscopus collybita</i>
Râle des genêts	<i>Crex crex</i>
Rémiz penduline,	<i>Remiz pendulinus</i>
Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>
Roitelet huppé	<i>Regulus regulus</i>
Rossignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>
Rougequeue à front blanc	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>
Rousserolle effarvatte	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>
Serin cini	<i>Serinus serinus</i>
Sittelle torchepot	<i>Sitta europaea</i>
Spatule blanche	<i>Platalea leucorodia</i>
Sterne caugek	<i>Thalasseus sandvicensis</i>
Sterne caugek	<i>Thalasseus sandvicensis sandvicensis</i>
Sterne naine	<i>Sternula albifrons</i>
Sterne pierregarin	<i>Sterna hirundo</i>
Tadorne de Belon	<i>Tadorna tadorna</i>

8/9



Tarier pâtre	<i>Saxicola rubicola</i>
Tarin des aulnes	<i>Spinus spinus</i>
Tichodrome échelette	<i>Tichodroma muraria</i>
Torcol fourmilier	<i>Jynx torquilla</i>
Tournepie à collier	<i>Arenaria interpres</i>
Traquet motteux	<i>Oenanthe oenanthe</i>
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>
Verdier d'Europe	<i>Chloris chloris</i>
Chiroptères	
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>
Grand rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>
Vespertilion à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>
Murin d'Alcathoé	<i>Myotis alcathoe</i>
Vespertilion de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>
Vespertilion de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>
Vespertilion de Brandt	<i>Myotis brandti</i>
Vespertilion à oreilles échancrées	<i>Myotis emarginatus</i>
Vespertilion de Bechstein	<i>Myotis bechsteinii</i>
Grand murin	<i>Myotis myotis</i>
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>
Petit rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>
Sérotine bicolore	<i>Vesperilio murinus</i>
Nocture de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>

9/9



ANNEXE 8 : LISTE DES OISEAUX OBSERVÉS SUR LE PARC DE KERANFOULER EN 2022

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Statut biologique Bretagne	Législation national	Liste rouge Bretagne		Sensibilité aux éoliennes Dürr 2022
				Nicheur	Migrateur	
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i>	NS M H	Art. 3	LC	-	0
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	N M H	-	LC	DD	0
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	N M H	Art. 3	LC	DD	1
Autour des palombes	<i>Accipiter gentilis</i>	NR MR HR	Art. 3	EN	-	2
Bécassine des marais	<i>Gallinago gallinago</i>	NR M H	-		DD	1
Bergeronnette des ruisseaux	<i>Motacilla cinerea</i>	NS M H	Art. 3	LC	DD	-
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	N M H	Art. 3	LC	DD	0
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	N M	Art. 3	NT	DD	0
Bouvreuil pivoine	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	NS	Art. 3	VU	NA	-
Bruant des roseaux	<i>Emberiza schoeniclus</i>	N M H	Art. 3	VU	DD	0
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>	NS	Art. 3	NT	NA	0
Bruant zizi	<i>Emberiza cirlus</i>	NS	Art. 3	LC	NA	0
Busard des roseaux	<i>Circus aeruginosus</i>	N M H	Art. 3	EN	DD	2
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	N M H	Art. 3	LC	DD	3
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	N M H	Art. 3	LC	DD	0
Choucas des tours	<i>Corvus monedula</i>	NS	Art. 3	LC	LC	-
Chouette hulotte	<i>Strix aluco</i>	NS	Art. 3	DD	-	1
Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i>	NS	Art. 3	LC	NA	0
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	NS	-	LC	-	1
Épervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>	N M H	Art. 3	LC	DD	2
Étourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	N M H	-	LC	LC	0
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	N M H	Art. 3	LC	-	3
Faucon pèlerin	<i>Falco peregrinus</i>	N M H	Art. 3	EN	DD	3
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	N M H	Art. 3	LC	DD	0
Fauvette des jardins	<i>Sylvia borin</i>	N M	Art. 3	LC	DD	0
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>	N M	Art. 3	LC	DD	0
Geai des chênes	<i>Garrulus glandarius</i>	NS M H	-	LC	-	0
Goéland brun	<i>Larus fuscus</i>	N M H	Art. 3	LC	LC	2
Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>	N M H	Art. 3	VU	NA	4
Grand Corbeau	<i>Corvus corax</i>	NS	Art. 3	EN	-	1
Grande Aigrette	<i>Casmerodius albus</i>	M H	Art. 3	NA	EN	1
Grimpereau des jardins	<i>Certhia brachydactyla</i>	NS	Art. 3	LC	-	0
Grive draine	<i>Turdus viscivorus</i>	NS M H	-	LC	DD	1
Grive litorne	<i>Turdus pilaris</i>	M H	-	-	DD	0
Grive mauvis	<i>Turdus iliacus</i>	M H	-	-	DD	0
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	N M H	-	LC	DD	0
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>	N M H	Art. 3	LC	DD	2
Héron garde-boeufs	<i>Bubulcus ibis</i>	N M H	Art. 3	EN	NT	3
Hirondelle de fenêtre	<i>Delichon urbica</i>	N M	Art. 3	LC	DD	1
Hirondelle de rivage	<i>Riparia riparia</i>	N M	Art. 3	LC	DD	0

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Statut biologique Bretagne	Législation national	Liste rouge Bretagne		Sensibilité aux éoliennes Dürr 2022
				Nicheur	Migrateur	
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	N M HR	Art. 3	LC	DD	0
Linotte mélodieuse	<i>Linaria cannabina</i>	N M H	Art. 3	LC	DD	0
Locustelle tachetée	<i>Locustella naevia</i>	N M	Art. 3	LC	DD	2
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	NS M H	-	LC	DD	0
Mésange à longue queue	<i>Aegithalos caudatus</i>	NS	Art. 3	LC	DD	0
Mésange bleue	<i>Cyanistes caeruleus</i>	NS M H	Art. 3	LC	LC	0
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	NS	Art. 3	LC	NA	0
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	NS M	Art. 3	LC	-	0
Mouette rieuse	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	NR M H	Art. 3	NA	LC	3
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	NS	Art. 3	LC	NA	0
Pic vert	<i>Picus viridis</i>	NS	Art. 3	LC	-	1
Pie bavarde	<i>Pica pica</i>	NS	-	LC	-	0
Pigeon biset domestique	<i>Columba livia</i>	NS	-	-	-	NA
Pigeon colombin	<i>Columba oenas</i>	N M H	-	LC	DD	1
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	N M H	-	LC	DD	1
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	N M H	Art. 3	LC	DD	0
Pinson du Nord	<i>Fringilla montifringilla</i>	M H	Art. 3	-	DD	-
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>	N M H	Art. 3	VU	DD	0
Pluvier doré	<i>Pluvialis apricaria</i>	M H	-	-	LC	1
Pouillot fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	N M	Art. 3	EN	DD	0
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	N M H	Art. 3	LC	-	0
Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	N M H	Art. 3	LC	DD	1
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	N M H	Art. 3	LC	DD	0
Sittelle torchepot	<i>Sitta europaea</i>	NS	Art. 3	LC	-	0
Tarier des prés	<i>Saxicola rubetra</i>	N M	Art. 3	CR	DD	1
Tarier pâtre	<i>Saxicola rubicola</i>	NS M H	Art. 3	LC	NA	0
Tarin des aulnes	<i>Spinus spinus</i>	N (couple 2022) M H	Art. 3	-	DD	0
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	NS M H	-	LC	NA	0
Traquet motteux	<i>Oenanthe oenanthe</i>	N M	Art. 3	EN	DD	0
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	NS	Art. 3	LC	-	0
Vanneau huppé	<i>Vanellus vanellus</i>	N M H	-	VU	DD	2
Verdier d'Europe	<i>Chloris chloris</i>	N M H	Art. 3	LC	DD	-