



Parc éolien de Plouvien (29)

Suivi post-implantation 2022

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

21/03/2023



INFORMATIONS & CONTACTS •••

Parc éolien de Plouvien (29) 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
Ecologue - Chargé de projets

Suivi de mortalité

Yves DUBOIS, Valentin GUIHO, Quentin LE BAYON,
Chargés d'études faune

Analyses faunistiques

Quentin LE BAYON
Chargé d'études faune

SIG et cartographie

Loan FERREIRA
Géomaticienne

Contrôle qualité

Michaël ROCHE
Ecologue - Chargé de projets

CONTEXTE •••

Le parc éolien de Plouvien est constitué de 8 éoliennes de 1 300 kW chacune, de type Siemens SWT-1.3-62. Il a été mis en service en 2006. Ce parc se situe sur la commune de Plouvien, au Nord de la ville de Brest, dans le département du Finistère (29), en contexte de cultures intensives et bocager.

L'étude d'impact du site menée en 2003 et mise à jour en 2008 n'a pas comporté de suivi d'activité des chiroptères. Un premier suivi post-implantation a été réalisé en 2014-2015, celui-ci n'a pas comporté de suivi d'activité des chiroptères en hauteur mais des écoutes au sol ont été réalisées. 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 Plouvien 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

INFORMATIONS & CONTACTS 2

CONTEXTE 2

SOMMAIRE 3

RESUME NON TECHNIQUE 4

1. CADRE TECHNIQUE ET REGLEMENTAIRE D'UN SUIVI POST-IMPLANTATION 7

1.1 CADRE REGLEMENTAIRE	7
1.2 DEFINITION DU PROTOCOLE NATIONAL.....	7
1.3 APPLICATION DU PROTOCOLE NATIONAL A L'ECHELLE DU PARC SUIVI	7

2. PRESENTATION DU PARC EOLIEN 8

2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ECOLOGIQUE.....	8
2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES.....	8
2.3 SITUATION ECOLOGIQUE ANTERIEURE - RAPPEL DE L'ETUDE D'IMPACT ET DU SUIVI POST-IMPLANTATION 2014-2015	9

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	26

4. RESULTATS ET INTERPRETATION DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE 27

4.1 RESULTATS ET INTERPRETATION DU SUIVI ACOUTIQUE DES CHAUVES-SOURIS EN NACELLE	27
4.2 RESULTATS ET INTERPRETATION DU SUIVI ACOUTIQUE DES CHAUVES-SOURIS AU SOL	28

5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE MORTALITE 38

5.1 RESULTATS BRUTS.....	38
5.2 VARIABLES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE	41
5.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE	44
5.4 CONCLUSION SUR LE SUIVI DE MORTALITE	45

6. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI COMPORTEMENTAL DE L'AVIFAUNE 46

6.1 COMPORTEMENT DES ESPECES NICHEUSES	46
6.2 COMPORTEMENT DES ESPECES MIGRATRICES.....	48
6.3 COMPORTEMENT DES ESPECES HIVERNANTES	51
6.4 MISE EN RELATION ACTIVITE/MORTALITE/CARACTERISTIQUES DU PARC.....	52

7. EVALUATION DES IMPACTS PAR COLLISION ET BAROTRAUMATISME 54

7.1 OISEAUX	54
7.2 CHAUVES-SOURIS	54
7.3 ELEMENTS DE COMPARAISON AVEC LE PREMIER SUIVI DE MORTALITE (2014-2015)	55

8. MESURES DE REDUCTION DES RISQUES DE COLLISION 56

8.1 PROTECTION DES CHAUVES-SOURIS FREQUENTANT LE PARC PAR UN BRIDAGE NOCTURNE DIFFERENCIE	56
8.2 CONTROLE DE L'ECLAIRAGE NOCTURNE	56
8.3 GESTION DES HABITATS AUTOUR DES EOLIENNES	57

9. MESURES DE SUIVI 57

10. BIBLIOGRAPHIE 58

ANNEXE 1 : DATES DE PROSPECTION DU SUIVI DE MORTALITE ET DES TESTS ASSOCIES 63

ANNEXE 2 : SURFACES PROSPECTEES PAR EOLIENNE AU COURS DU SUIVI 64

ANNEXE 3 : SYNTHESE DES CADAVRES DECOUVERTS LORS DU SUIVI DE MORTALITE 65

ANNEXE 4 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR D'EOLAPP 66

ANNEXE 5 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR DE GENEST 67

ANNEXE 6 : PARAMETRES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE AVEC « GENEST » 69

ANNEXE 7 : DEMANDE DE DEROGATION POUR LA CAPTURE OU L'ENLEVEMENT DE CADAVRES DE CHIROPTERES PROTEGES 70





RESUME NON TECHNIQUE

Ce résumé présente les éléments essentiels à retenir, exposés de manière synthétique, et se veut pédagogique. 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 Plouvien est situé sur la commune de Plouvien, au Nord de la ville de Brest, dans le département du Finistère (29), en région Bretagne.

Le parc est constitué de 8 éoliennes implantées dans un contexte de cultures et bocage. Elles ont été mises en service en 2006.

❖ Contexte du suivi post-implantation de 2022

Le parc de Plouvien a été mis en service en 2006. Un premier suivi post-implantation a été réalisé en 2014-2015. Ce dernier était composé d'un suivi de la mortalité (29 passages répartis entre octobre 2014 et octobre 2015 en fonction des périodes de sensibilités 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 Plouvien 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'a pas comporté de suivi d'activité des chiroptères en altitude.

EDPR a souhaité lancer le suivi environnemental pour son parc éolien de Plouvien 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 8 éoliennes du parc, se trouvant toutes dans un contexte agricole de cultures intensives et bocager, 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 25 octobre 2022 (semaines 14 à 43), avec un intervalle moyen entre les passages de 6,9 jours.

Les pales mesurant 31 m, les prospections se sont effectuées dans un rayon de 50 mètres autour des mâts des machines.

Deux tests de persistance ont été réalisés les 07 juin 2022 et 13 septembre 2022, avec un suivi de la persistance des leurres répartis sur les éoliennes à J+1, J+3, J+7, J+11 et J+14. Deux tests d'efficacité des observateurs, réalisés les 01 juin 2022 et 05 octobre 2022, ont consisté en la dépose de 147 leurres sur les différentes zones prospectables autour des éoliennes.

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

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

❖ Résultats du suivi de la mortalité

Résultats bruts

La mortalité constatée entre avril et octobre 2022 se compose de 7 individus :

- 3 oiseaux appartenant à au moins 2 espèces différentes ont été trouvés : 2 Goélands argentés [locaux], Pigeon indéterminé [local].
- 4 chiroptères appartenant à au moins 2 espèces : 1 Pipistrelle commune [locale], 1 Sérotine commune [locale] et 2 pipistrelles indéterminées [statut indéterminé].

Les cadavres découverts sont distribués de manière relativement homogène entre les éoliennes, avec 1 à 2 découvertes par éolienne.

Date de découverte	Chiroptères	Oiseaux
08/04/2022	-	Goéland argenté (E2)
08/04/2022	-	Goéland argenté (E2)
02/08/2022	Pipistrelle indéterminée (E6)	-
08/08/2022	Sérotine commune (E5)	-
23/08/2022	-	Pigeon indéterminé (E3)
13/09/2022	Pipistrelle commune (E3)	-
27/09/2022	Pipistrelle indéterminée (E1)	-

Persistance des cadavres

Les tests de persistance réalisés à partir de 38 et 48 leurres montrent un taux de persistance moyen de 22% durant l'intervalle de 3 j et de 3 % durant l'intervalle de 7 j.

La persistance apparaît faible sur la période suivie (avril à octobre). L'intervalle de 7 jours entre les passages ne permet pas de limiter les biais liés à la disparition relativement rapide des cadavres et augmente par conséquent le degré d'imprécision de l'estimation de la mortalité.

Détectabilité (efficacité de l'observateur)

Le taux moyen de détection est considéré comme bon, avec 85 % [IC 80 %¹ : 0,80 - 0,91] de leurres découverts sur l'ensemble de la période de prospection. Ce taux est équivalent pour les deux intervenants ayant effectués des prospections régulières sur le parc de Plouvien en 2022.

Surface prospectée

La surface moyenne de prospection est de 55 % sur l'intégralité du suivi, avec des variabilités entre les éoliennes et les différentes périodes de suivis.

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).

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

signifie 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.

Ils ont également été analysés à partir de l'application « GenEst », développée par Huso & Dalthorp (USGS). Les résultats obtenus avec cette seconde méthode sont plus fiables 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 **111 chiroptères [IC 80 % : 11 - 251] et 15 oiseaux [IC 80 % : 3 - 31]** sur l'ensemble du suivi (avril - octobre). Les estimations obtenues pour les chiroptères ne peuvent être considérées comme fiables. Elles présentent des biais importants (surface prospectée moyenne, persistance faible) et sont par conséquent à prendre avec précaution. Durant la période de suivi, la mortalité concerne les individus locaux plutôt que les migrateurs, autant pour les chauves-souris que pour les oiseaux.

❖ Suivi comportemental de l'avifaune

Avifaune nicheuse

28 des 30 espèces nicheuses possibles, probables ou certaines du parc et ses abords immédiats présentent des sensibilités faibles au risque de collision, **seuls la Buse variable et le Faucon crécerelle montrent des sensibilités fortes au risque de collision**. Les enjeux stationnels de conservation sont faibles à ponctuellement moyens pour 2 espèces (Alouette des champs et Bruant jaune).

14 autres espèces fréquentent régulièrement le parc éolien mais nichent à l'extérieur de celui-ci. Parmi elles, figurent 2 espèces à sensibilité forte à la collision : le Héron garde-bœufs et le Goéland argenté (tous deux abondant localement). Ces 2 espèces présentent respectivement des enjeux stationnels de conservation fort et assez forts. Quatre autres espèces nicheuses sont caractérisées par une sensibilité moyenne à la collision : le Canard colvert, l'Epervier d'Europe, le Héron cendré et le Goéland brun. Plusieurs espèces sensibles au risque de collision nichent à proximité du parc et le fréquentent régulièrement.

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 de garde au sol des éoliennes.

Avifaune migratrice

La grande majorité des espèces migratrices les plus abondamment observées ne sont pas menacées et sont caractérisées par des sensibilités faibles à la collision. Certaines espèces sensibles, mais non menacées à l'échelle européenne, fréquentent ponctuellement le parc mais les effectifs concernés sont faibles. La situation des espèces migratrices nocturnes, dont les flux sont peu décelables de jour et les sensibilités à la collision sont nettement sous-estimées, est à prendre en compte, surtout pour celles dont les populations sont menacées ou quasiment menacées en Europe, afin d'anticiper d'éventuels impacts directs et cumulatifs.

Les **flux migratoires sont globalement diffus** au niveau du parc éolien.

L'observation des comportements en vol ne révèle **pas de perturbation nette des trajectoires**. Des adaptations de vol sont néanmoins envisageables pour plusieurs espèces puisqu'une majorité des oiseaux observés à proximité du parc l'a traversé en utilisant la hauteur de garde au sol des éoliennes.

Avifaune hivernante

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 les rapaces et de gagnage pour les laridés, les limicoles, les columbidés ainsi que pour différentes espèces de passereaux (Etourneaux,

Pinsons, Grives, Alouettes, Pipit farlouse, etc). Les haies et boisements quant à eux sont utilisés comme reposoirs part de nombreux oiseaux (passereaux, rapaces, corvidés, columbidés, etc) et comme sites de nourrissage notamment par les passereaux forestiers. Les espèces les plus abondantes sont des passereaux, dont le Pinson des arbres et l'Etourneau sansonnet avec plusieurs milliers d'individus. Les autres espèces qui **présentent des effectifs notables** sont le **Goéland argenté, la Mouette rieuse, le Vanneau huppé et le Pluvier doré** avec quelques centaines d'individus s'alimentant au sein des cultures et/ou les traversant. Toutes ces espèces fréquentent les milieux ouverts potentiellement proches des éoliennes.

Les mouvements locaux quotidiens concernent majoritairement les limicoles (Vanneau huppé et Pluvier doré) les laridés (Goéland argenté et Mouette rieuse notamment) et certains passereaux, il s'agit d'espèces avec des comportements de vol, lors de leurs déplacements, très prudent 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.

❖ Evaluation des impacts par collision

Pour les oiseaux, le niveau d'impact avéré est **faible pour le Goéland argenté** en avril, ou négligeable pour les autres espèces dont des cadavres ont été découverts au niveau du parc. Le niveau d'impact global pour l'avifaune est négligeable.

Pour les chauves-souris, le niveau d'impact avéré est **moyen pour la Sérotine commune et la Pipistrelle commune** en août-septembre. Ce niveau d'impact est négligeable sur le reste de la période suivie pour les chiroptères.

❖ Mesures de réduction des risques de collision et de suivi

Bridage nocturne

La mortalité résiduelle constatée en 2022 est significative, avec un total de 4 chiroptères découverts appartenant à au moins deux espèces différentes. Un bridage sur le parc de Plouvien est donc préconisé.

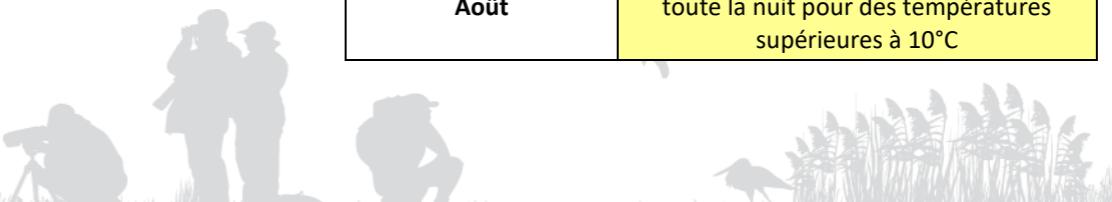
Le suivi de l'activité à hauteur de nacelle n'a pu être mené à bien malgré plusieurs tentatives en 2022. Il n'est donc pas possible de protéger un pourcentage de l'activité chiroptérologique globale par un bridage selon le niveau de risque mensuel évalué. Aussi, les préconisations de bridage établies pour le présent suivi sont ajustées en se basant sur les lignes directrices et la bibliographie.

Le tableau ci-dessous détermine pour chaque mois les paramètres de bridage établis afin de réduire les risques de collision des chauves-souris à partir de 2023.

Préconisations de bridage pour réduire les risques de collision des chiroptères issues du suivi de 2022

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

Bridage nocturne en 2023 (vent à hauteur de nacelle)	
Du 1 ^{er} janvier au 31 juillet	Aucun bridage
Août	Mise en drapeau à 6 m/s toute la nuit pour des températures supérieures à 10°C



Bridage nocturne en 2023 (vent à hauteur de nacelle)	
Septembre	Mise en drapeau à 6 m/s toute la nuit pour des températures supérieures à 10°C
Du 1 ^{er} octobre au 31 décembre	Aucun bridage

Les paramètres de bridage préconisés cette année s'appliquent à l'ensemble des éoliennes du parc de Plouvien. **Un bridage préventif jusqu'à 6 m/s, tout au long de la nuit d'août à septembre, pour des températures supérieures à 10°C, est ainsi à mettre en place.**

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).**

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

Suivi de l'efficacité des mesures

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

Au vu des risques de collision pour les chauves-souris qui persistent sur le parc de Plouvien, **nous estimons qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives préconisées en fin de suivi par un autre suivi de mortalité entre août et septembre 2023, couplé à un suivi chiroptérologique à hauteur de nacelle, afin d'ajuster au mieux les paramètres du bridage. De plus, afin de limiter le biais lié à la persistance, très faible sur ce parc en 2022, il est préconisé la réalisation de deux passages par semaine pour chacune des éoliennes du parc.**



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 2018²** avec un nouveau protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres.

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

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

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

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

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

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

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

Dans le cas du parc éolien de Plouvien, 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 (29 passages répartis entre octobre 2014 et octobre 2015, fonction des périodes de sensibilités 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 Plouvien 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.

² Décision du 5 avril 2018, NOR : TREP1807992S

2. PRESENTATION DU PARC EOLIEN

2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ECOLOGIQUE

Voir la carte « *Situation des éoliennes du parc de Plouvien* » en fin de chapitre.

Le parc éolien de Plouvien est situé sur la commune de Plouvien, au nord-ouest du département du Finistère (29) en région Bretagne. Il se trouve à une quinzaine de kilomètres au nord-est de Brest. Le parc est constitué de 8 éoliennes.

Ce parc s'inscrit dans un contexte de cultures et de bocage, dominé par la culture de céréales et l'élevage bovin. On y trouve un réseau de haies assez important, des prairies humides pâturés ainsi que quelques petits boisements. Il est situé entre l'Aber Vrac'h et l'Aber Benoît ce qui explique la présence permanente de l'aridés sur le site. Il est à noter également la présence des landes de Lanveur à proximité immédiate de l'éolienne E1.



Vue du parc aux abords de l'éolienne E4 (V. Guiho - TBM environnement)



Vue du parc aux abords de l'éolienne E6 (V. Guiho - TBM environnement)

2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES

Le parc éolien de Plouvien est composé de 8 éoliennes. Leurs caractéristiques techniques sont résumées dans les tableaux suivants.

Caractéristiques du parc de « Plouvien »

Date de mise en service	2006
Modèle	Siemens SWT-1.3-62
Nombre d'éoliennes	8
Exploitant	EDPR Renewables
Puissance cumulée	10,4 MW

Caractéristiques des éoliennes

Modèle	Siemens SWT-1.3-62
Hauteur du moyeu	68 m
Diamètre du rotor	62 m
Garde au sol	37 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



Eolienne 8

Contexte écologique aux abords des éoliennes (Y. Dubois et 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 réalisée en amont de la construction du parc ont pu être consultées. Une analyse de ce contenu de l'étude d'impact écologique datant de 2003 et mis à jour en 2008 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 références bibliographiques et de l'analyse cartographique.

2.3.1.1 L'avifaune

L'EIE se basant uniquement sur des références bibliographiques et de l'analyse cartographique, aucun niveau de risque n'a pu être évalué.

2.3.1.2 Les chiroptères

Les chiroptères n'ont pas été pris en compte lors de l'EIE.

2.3.1.3 Enjeux pressentis

Les espèces considérées avec le risque de collision le plus élevé sur le site sont la Buse variable et les laridés (goélands et mouettes). Il est également précisé que les conditions météorologiques comme le brouillard peuvent augmenter les risques de collision de l'avifaune.

2.3.2 SUIVI POST-IMPLANTATION 2014-2015

Le suivi réalisé en 2014-2015 sur le parc de Plouvien était constitué de **29 passages de suivi de la mortalité répartis entre le 24/10/2014 et le 06/10/2015**, fonction des périodes de sensibilités pour les espèces soit :

- du 15/01 au 15/02 : 1 contrôle toutes les 2 semaines ;
- du 15/02 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 du parc. La recherche a été menée sur un carré de 100 m de côté (quadrat) dont le centre est le pied du mât.

3 cadavres d'oiseaux ont été découverts tout au long du suivi, aucun de chiroptère :

- **1 rapace** (1 Buse variable [sédentaire probable]) ;
- **2 laridés appartenant à 2 espèces** (1 Goéland brun [migrateur probable] et 1 Mouette indéterminée [hivernante]).

La conclusion de ce premier suivi a mis en évidence **un impact non négligeable** du parc éolien de Plouvien sur les oiseaux.

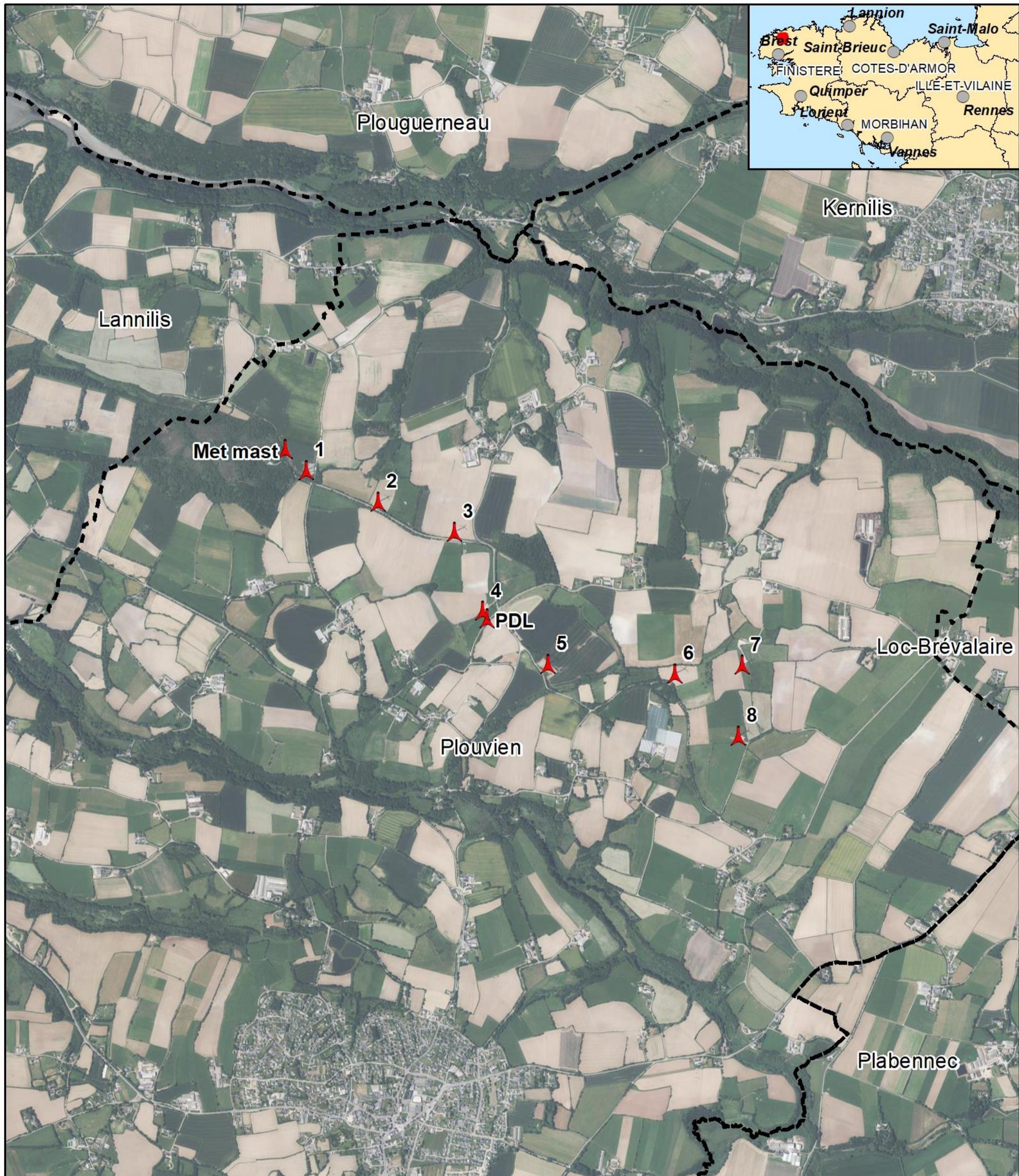
Dans le même temps, un **suivi comportemental de l'avifaune** (3 passages pour l'avifaune migratrice et 2 en période de reproduction) et un **suivi de la fréquentation des chiroptères au sol** (3 sessions d'écoute active entre mai et septembre) ont été menés. Ces derniers ont conclu que le parc de Plouvien ne semble pas présenter de sensibilité importante vis-à-vis des populations d'oiseaux et de chauves-souris locales.

Pour rappel, ce premier suivi post-implantation du site n'a pas comporté de suivi d'activité des chiroptères en altitude.



Situation des éoliennes du Parc de Plouvien

Suivi environnemental en exploitation du Parc éolien de Plouvien (29)



Limites communales

Eoliennes du Parc de Plouvien

0 250 500 m





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 E6 (J. AUCLAIR - Écosphère)

L'éolienne E6 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 (Kaleidoscope pro et Batsound 4). Précisons que Kaleidoscope pro a été utilisé uniquement comme outil de tri de données et non comme système d'identification automatique car ce système peut facilement induire en erreur, malgré des avancées récentes pour certaines espèces³. En effet, 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'écoutes dites « passives », basées sur l'enregistrement en continu de l'activité des chauves-souris en 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 espèces. Les détecteurs ont été positionnés dans un rayon de 200 à 300 mètres autour des éoliennes. Ces détecteurs permettent de capturer 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 sont ensuite 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 l'activité des chauves-souris en un point donné.

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

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



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

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

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 commune, de Kuhl et de Nathusius, correspondent aux individus émettant des cris en fréquence modulée compris entre 35 et 44 kHz. Seules les séquences caractéristiques présentant des cris avec une largeur de bande très faible (QFC) et les cris sociaux (servant à discriminer les Pipistrelles) ont généralement permis une distinction efficace des trois espèces.

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

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

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

3.2 SUIVI DE MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX

3.2.1 PRESSION D'ECHANTILLONNAGE

3.2.1.1 Éoliennes suivies

Les **8 éoliennes du parc**, se trouvant toutes dans un contexte de grandes cultures et de prairies bocagères, ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un protocole standardisé conforme au protocole ministériel de suivi environnemental des parc 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 réalisés à raison de 1 par semaine.**

Le suivi de la mortalité a ainsi été réalisé 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'a donc pas été 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 sensibles au risque de collision. Différentes vagues de migration se poursuivent pour les oiseaux au cours de l'automne, avec des pics de passage d'autres espèces sensibles en octobre (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** : ici, de mai à fin-juillet. Elle correspond principalement à la période de reproduction des oiseaux et à la parturition des chauves-souris.

- **la période 2** : ici, 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.

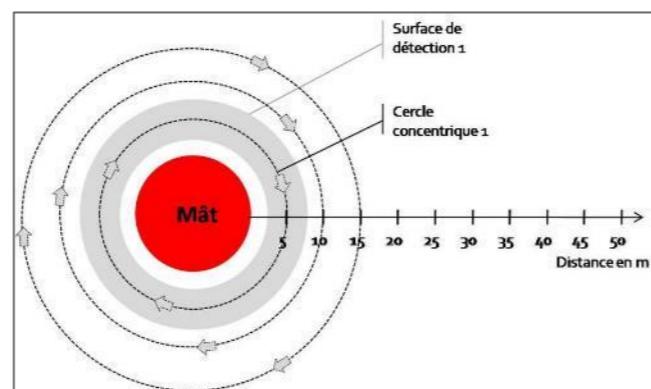
3.2.2.1 Méthode pour la recherche des cadavres et surfaces prospectées

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 Plouvien, les prospections se sont donc effectuées dans un rayon de 50 mètres 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 mètres, ce qui permet à l'observateur de rechercher la présence de cadavre sur une largeur de 2,5 mètres de part et d'autre de sa ligne de déplacement. En effet, [Arnett et al., \(2005\)](#) ont démontré que l'efficacité chute fortement au-delà d'une distance de 3 mètres. De la sorte, l'observateur a réalisé **10 transects pour s'éloigner au maximum de 50 mètres des mâts**. Précisons que ces itinéraires ont été réalisés d'un pas lent et régulier pour une détectabilité optimale et 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 Identification des espèces

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

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

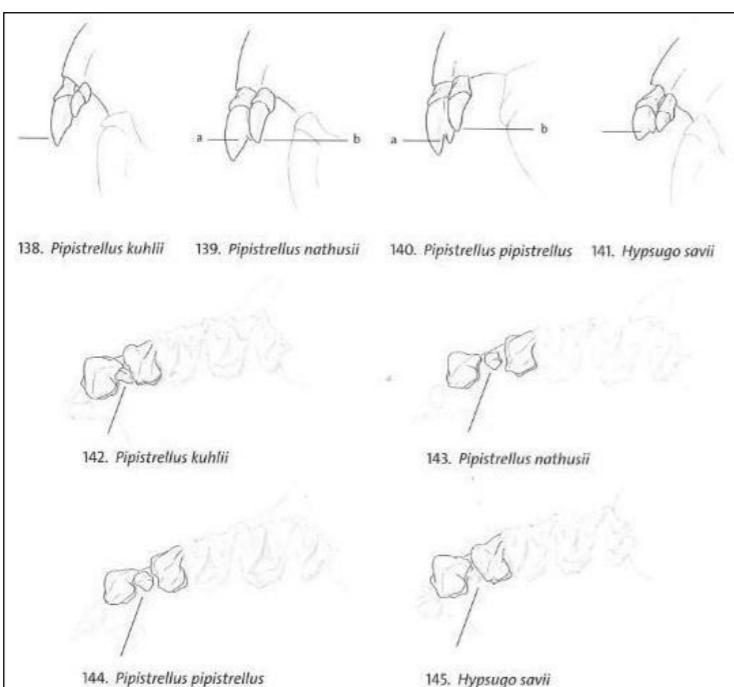
niveau national a été faite auprès de la Direction Départementale des Territoires et de la MER du Finistère le 21 mars 2022 (annexe 7) mais celle-ci est resté sans retour.

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

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

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

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

3.2.3 ESTIMATION DE LA 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 ($b = p \cdot d$). C'était l'approche utilisée par la première méthode développée au début des années 90, mais elle ne tenait pas compte de la fréquence des passages (tendance à la surestimation de la mortalité ; Korner-Nievergelt et al., 2011).

Une deuxième méthode, dite d'Erickson, a mieux pris en compte à partir de l'année 2000 la fréquence des passages ainsi que la persistance des cadavres, mais elle sous-estimait légèrement la mortalité (sauf

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

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

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

3.2.3.1 Paramètres et biais pris en compte

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

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

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

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

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

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

Dans le cas de cette étude, l'utilisation des applications « EolApp »⁴ et « GenEst⁵ » (détaillées ci-après) se basent sur la moyenne des surfaces prospectées durant une période considérée.

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

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

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

Le taux d'enlèvement équivaut à la proportion de dépouilles qui demeurent durant l'intervalle compris entre deux recherches ([Cornut et Vincent, 2010](#)). Des tests de disparition de cadavres peuvent ainsi être effectués sur le terrain et pour chaque période tenir compte des variations de hauteur de végétation dans la zone contrôlée. Idéalement, chaque test dure 10 jours consécutifs⁶.

En 2011, [Niermann et al.](#) ont réalisé ces tests avec des souris de laboratoires de couleur foncée qu'ils ont 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 dépose des cadavres : 07/06/2022), le second en fin d'été (date de dépose 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 8 éoliennes du parc** (soit 38 et 48 cadavres par session, 86 au total sur l'année pour le parc). Aussi, **les leurres ont été déposés aléatoirement sur l'emprise de la surface théorique à prospector, et répartis sur l'ensemble des types d'habitats présents.**

Ensuite, la persistance de ces cadavres « non naturels » a été contrôlée à raison **d'un premier passage le lendemain de la dépose (J+1), puis de 2 passages par semaine jusqu'à disparition des cadavres ou après une période de 14 jours**, soit à J+3, J+7, J+11 et J+14. (Voir l'annexe 1 pour le détail des dates de suivi).

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

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

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



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

❖ 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 01/06/2022 et le 05/10/2022. 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 147 leurres a été déposé.** Selon le nombre de leurres artificiels retrouvés par l'observateur, le taux d'efficacité a pu être calculé par le rapport entre le nombre de leurres découverts et le nombre de leurres déposés.

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

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



Différents leurres 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.

Avec :

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

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

❖ Modèle de Jones (2009)

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

- le taux de mortalité est considéré comme globalement constant sur l'intervalle de recherche ;

- la durée de persistance d'un cadavre suit une variable exponentielle négative, le taux de persistance étant calculé ainsi (T_m = durée moyenne de persistance en jours) :

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

- 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)

T_m = durée moyenne de persistance en jours

I : Intervalle moyen entre deux visites

\hat{I} : Intervalle effectif moyen

\hat{e} : coefficient correcteur moyen de l'intervalle

équivalent à $\frac{\text{Min}(I:\hat{I})}{\hat{I}}$

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

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 : $-\log(0,01) \times T_m$. 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 :

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

D'où la formule :

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

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)

T_m = durée moyenne de persistance en jours

I : Intervalle moyen entre deux visites

\hat{I} : Intervalle effectif moyen

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

3.2.3.3 EolApp (Besnard & Bernard, 2018)

Les différents modèles de calculs présentés ci-dessus ont été exploités avec une application web Shiny (EolApp) faisant tourner un script R sur le serveur⁷. L'ensemble du code est dans le langage R, très utilisé aujourd'hui du fait de son caractère gratuit. Les applications ont été programmées par Aurélien Besnard et Cyril Bernard, chercheurs du Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (UMR5175 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 EolApp interface. At the top, there are two file selection boxes: "Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés:" containing "Ploulien_cadavre_tot.csv" and "Sélectionner un fichier avec la durée de persistance des cadavres déposés:" containing "Ploulien_carcass_persistence.csv". Below these are sections for "Nombre de lignes lues" (29 and 85 respectively), "Méthode de calcul des intervalles de confiance" (Non-paramétrique selected), "Intervalle de temps entre les passages" (6,9), "Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection" (147), "Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection" (125), "Pourcentage de la surface prospectée" (0,55), and a "CALCULER" button.

Estimation des mortalités induites par les éoliennes

Données en entrée

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

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

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

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

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	56.36	13.97	123.43	27.02	95.93
Huso	66.57	16.81	193.24	29.99	133.69
Winkelmann	283.98	62.58	893.87	118.32	641.24
Jones	172.13	36.37	780.22	64.83	501.99

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

⁷<https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>

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

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

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

Les limites de cette méthode sont les suivantes :

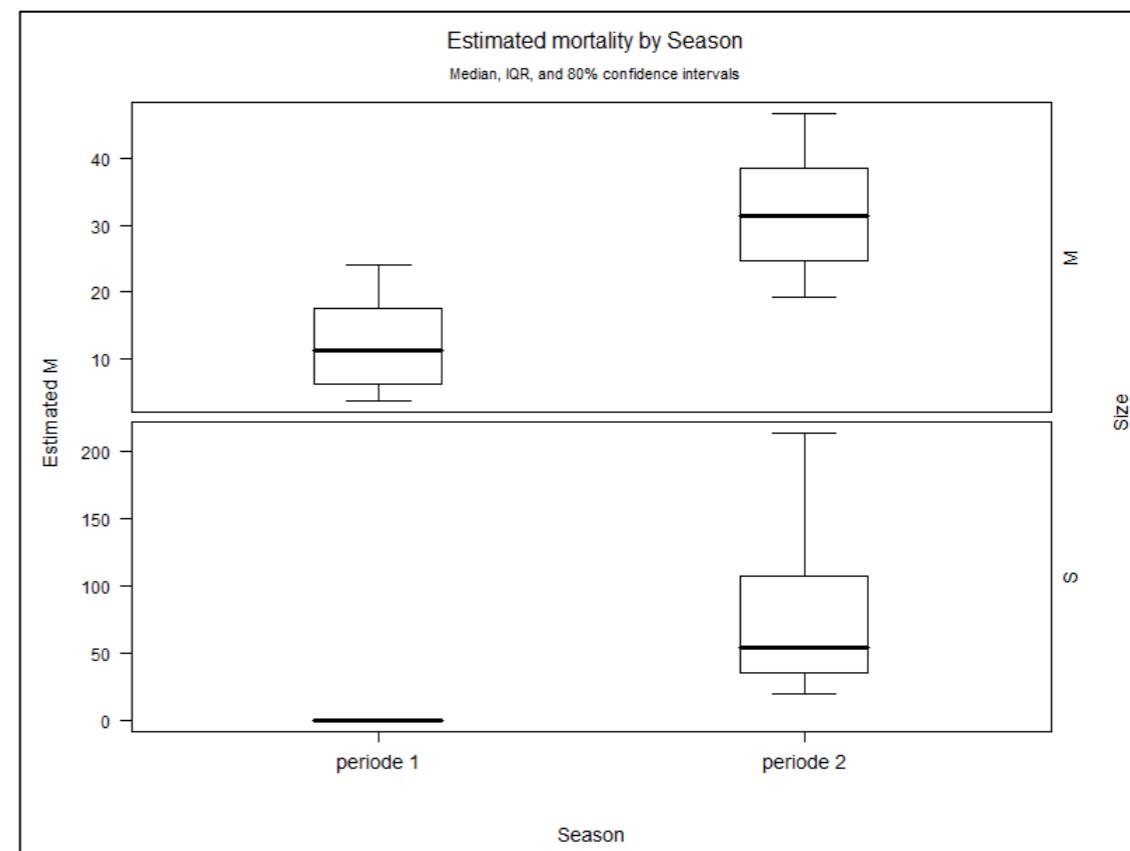
- La correction surfacique (les zones prospectées n'étant pas toujours égales à la surface théorique du protocole) se fait sur l'ensemble des éoliennes tout au long du suivi ou d'une sous-période. Cela a tendance à approximer et/ou lisser la réalité de terrain ;
- L'absence de prise en compte de la taille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

3.2.3.4 GenEst : estimateur international standardisé

Plus récemment, les spécialistes internationaux que sont **Huso & Dalthorp (USGS)** et **Korner-Nievergelt (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 logiciel⁸ open source R nommée « **GenEst** »⁹. 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 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>)

⁸<https://www.r-project.org/>

⁹<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 au sein de 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 et en début de nuit, en fonction de la biologie des espèces, avec une identification à vue et à l'ouïe (écoute des chants et des cris, utilisation de la technique de la « repasse » pour certaines espèces plus difficiles à détecter comme pour les rapaces nocturnes).

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 ;
- Écoutes nocturnes avec utilisation éventuelle de la technique de la repasse sur des itinéraires échantillons pour les oiseaux nocturnes (rapaces nocturnes, Caille des blés...), y compris en période de migration ;
- 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 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, dont 3 en janvier-février 2022 et 1 en décembre 2022 ;
- 4 passages en migration prénuptiale de mars à mi-mai 2022 ;
- 8 passages pour les oiseaux nicheurs entre avril et début juillet 2022 ;
- 8 passages en migration postnuptiale de fin août à début novembre 2022.

Des représentations cartographiques ont été réalisées. Ces dernières mettent en évidence les espèces remarquables (menacées, rares, certaines protégées, certaines inscrites à la 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 européennes¹⁰ sur la base du tableau suivant.

Statut de menace/rareté		Niveau d'enjeu régional de l'espèce
CR	Espèce animale en danger critique d'extinction au niveau régional	Très fort
EN	Espèce animale en danger d'extinction au niveau régional	Fort
VU ¹¹ NT et au moins R	Espèce animale vulnérable au niveau régional Espèce animale quasi-menacée et au moins rare au niveau régional	Assez fort
NT ¹² LC mais au moins AR (voire AC)	Espèce animale quasi-menacée au niveau régional Espèce animale non menacée mais peu commune au niveau régional	Moyen
LC	Espèce animale non menacée, souvent assez commune à très commune, parfois assez rare ou rare	Faible
DD, NE	Données insuffisantes ou espèce non évaluée	« Dire d'expert » si possible

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

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

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

3.4.2 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 :

- 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, oreillard... 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

¹⁰ Protocole national, 2015, p 5 : « *Le protocole national en vigueur à ce jour stipule que l'enjeu de conservation s'appuie sur les Listes Rouges préparées sur la base des principes édictés par l'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.

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

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



- 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)¹³. 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 (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 aux nombres 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 données¹⁴ (extrapolation, taille de classes, etc...).

¹³

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

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 (quelques autres espèces de vautours sont également concernées) ;
- Le **Goéland argenté** (*Larus argentatus*) avec 7,14% des cas (cela peut aussi donner une indication pour les parcs offshores) ;
- La **Buse variable** (*Buteo buteo*) avec 6,06 % des cas ;
- Le **Milan royal** (*Milvus milvus*) avec 5,06 % des cas ;
- La **Mouette rieuse** (*Larus ridibundus*) avec 4,4 % des cas.

Les espèces suivantes sont des espèces des grandes cultures comme l'Alouette des champs (*Alauda arvensis*), le Bruant proyer (*Emberiza calandra*), le Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*) mais aussi le Canard colvert (*Anas platyrhynchos*), le Balbuzard pêcheur (*Haliaeetus albicilla*) et le Martinet noir (*Apus apus*).

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'individus¹⁵ 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 deux raisons car pour les oiseaux migrateurs et les impacts cumulés, notre responsabilité est à cette échelle. 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 des oiseaux de 2021 (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 des oiseaux de 2021 (BirdLife International, 2021).

¹⁴ C'est le principe des sciences participatives

¹⁵ 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		
Nom vernaculaire	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Nom scientifique
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>	Tournepiere à collier	<i>Arenaria interpres</i>
Vautour fauve	<i>Gyps fulvus</i>	Grand-duc d'Europe	<i>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 ¹⁶	<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, 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 ourades) d'où une absence de collisions ;
- Concernant les rapaces, à part les vautours, 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 ?) ;

- Pour le Busard cendré (*Circus pygargus*), le nombre de collisions connues de (n=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.

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 4¹⁷. 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			
Nom vernaculaire	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Nom scientifique
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>
Cigogne noire	<i>Ciconia nigra</i>	Bondrée apivore	<i>Pernis apivorus</i>

¹⁶ Mais espèce faisant l'objet de nombreux programmes de relâcher pour la chasse

¹⁷ *Asio flammeus*, *Ciconia Ciconia aeruginosus*, *Clanga Pomarina Falco subbuteo*, *Milvus migrans* et *Pernis apivorus*

Espèces sensibles - classe 2			
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 turque	<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>
Cocheris 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 si c'est parfois difficile d'identifier les espèces sur le terrain. C'est illustré pour quelques espèces de Pipistrelle dans le tableau suivant :

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

Espèce(s)	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 des mammifères 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*), l'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, des espèces peu communes comme la Grande Noctule (*Nyctalus lasiopterus*). Les résultats sont proposés dans le tableau suivant :

Niveaux de sensibilité à l'éolien des chiroptères européens.

Classe 4		Classe 3		Classe 2	
Nom vernaculaire	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Nom scientifique
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>Vespertilio murinus</i>

Évaluation de la sensibilité brute des chauves-souris de France aux risques de collision (Dürr, juin 2022 & Eurobats,2021)

Espèce	Données de mortalité constatée nb cadavres Europe/France		Pourcentage total de cadavres en Europe : mai 2021	Facteur de correction	Sensibilité
Pipistrelle commune	2569	1124	19,74 %	0	Forte
Pipistrelle de Nathusius	1662	303	12,77 %	1	
Noctule commune	1631	147	12,54 %	1	
Noctule de Leisler	780	186	5,99 %	1	
Sérotine commune	134	38	1,03 %	1	
Vespère de Savi	385	57	2,96 %	1	
Pipistrelle pygmée	456	176	3,50 %	1	
Grande noctule	98	10	0,75 %	2	
Vespertilion bicolore	217	11	1,67 %	1	
Murin d'Alcathoé	0	0	0,00 %	2	
Pipistrelle de Kuhl	648	221	4,98 %	0	Moyenne
Molosse de Cestoni	84	2	0,65 %	0	
Minioptère de Schreibers	18	7	0,14 %	1	
Murin de Daubenton	11	1	0,08 %	1	
Barbastelle d'Europe	9	4	0,07 %	1	
Oreillard gris	9	0	0,07 %	1	
Grand murin	8	3	0,06 %	1	
Oreillard roux	8	0	0,06 %	1	

Espèce	Données de mortalité constatée nb cadavres Europe/France		Pourcentage total de cadavres en Europe : mai 2021	Facteur de correction	Sensibilité
Petit murin	7	1	0,05 %	1	
Murin à moustaches	6	2	0,05 %	1	
Murin à oreilles échancrées	5	3	0,04 %	1	
Murin de Natterer	4	1	0,03 %	1	
Murin des marais	3	0	0,02 %	1	
Murin de Bechstein	2	2	0,02 %	1	
Murin de Brandt	2	0	0,02 %	1	
Grand Rhinolophe	1	0	0,01 %	1	
Murin de Capaccini	0	0	0,00 %	1	
Murin du Maghreb	0	0	0,00 %	1	
Oreillard montagnard	0	0	0,00 %	1	
Petit Rhinolophe	0	0	0,00 %	1	
Rhinolophe euryale	0	0	0,00 %	1	

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

3.4.4 EVALUATION DE LA PORTEE DE L'IMPACT

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

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

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

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

locales est impactée de façon marginale (nombre de cas de collision avéré et estimé faible, par espèce ou par groupe d'espèces).

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

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

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

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
Niveau de portée de l'impact	Fort	Fort	Assez Fort	Moyen
Moyen	Assez Fort	Moyen		Faible
Faible	Moyen à Faible	Faible		Faible

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

Définition des niveaux d'impacts

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

3.5 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** devaient permettre, *in fine*, d'aboutir à une **évaluation des impacts avérés (collision et barotraumatisme)** et à la **définition de mesures de réduction** (arrêt programmé des éoliennes en périodes sensibles, modification de l'assolement...). L'arrêt programmé des machines (ou bridage) des éoliennes est la principale mesure de réduction de l'impact de collision des chauves-souris et des oiseaux.

Des algorithmes de bridage peuvent ainsi être 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 CHIROPTEROLOGIQUE

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 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.

4.1.2 DESCRIPTION DES ACTIVITES ENREGISTREES

Au total, durant ce suivi 2022 et pendant le temps réduit de fonctionnement des microphone TM20, 64 964 sons ont été enregistrés par notre Batmode S+ placé en nacelle de l'éolienne E6 :

- Pour le microphone placé sous la nacelle (changé à une reprise) : 63 964 sons ont été enregistrés parmi lesquels seuls 24 sons correspondent à des contacts de chiroptères ;
- Pour le microphone placé sur le toit de la nacelle : 188 sons ont été enregistrés parmi lesquels seuls 20 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 44 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.**



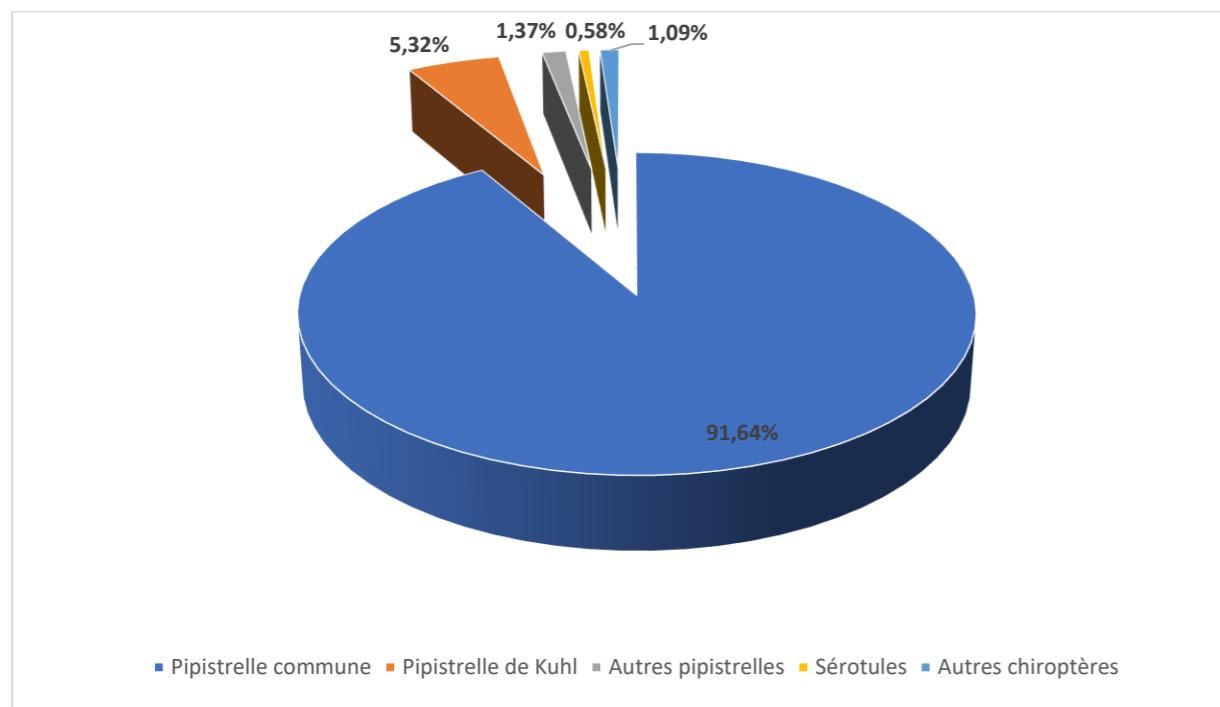
4.2 RESULTATS ET INTERPRETATION DU SUIVI ACOUSTIQUE DES CHAUVES-SOURIS AU SOL

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 (migration et mise-bas). 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 d'une chauve-souris. Après l'élimination des bruits parasites et des sons associés à d'autres animaux enregistrés lors de l'étude acoustique passive, **14 193 contacts de chauves-souris ont été enregistrés au total**.

Les écoutes passives ont permis d'identifier **11 espèces de chiroptères avérées** : la Barbastelle d'Europe, le Grand Rhinolophe, la Sérotine commune, l'Oreillard gris, l'Oreillard roux, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Natusius, le Murin de Natterer, le Murin de Daubenton et **une espèce probable** : le Grand murin.

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 deux espèces de murins (Murin de Natterer et Murin de Daubenton) et la présence probable du Grand Murin dont l'activité 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 ont également été cumulés pour les mêmes raisons.



La Pipistrelle commune domine largement le peuplement chiroptérologique avec plus de 91,64 % des contacts totaux (13 007 signaux sur les 14 193 enregistrés). La Pipistrelle de Kuhl représente le second plus grand nombre de contacts avec 755 contacts qui correspondent à 5,32 % de la part d'activité. Les autres

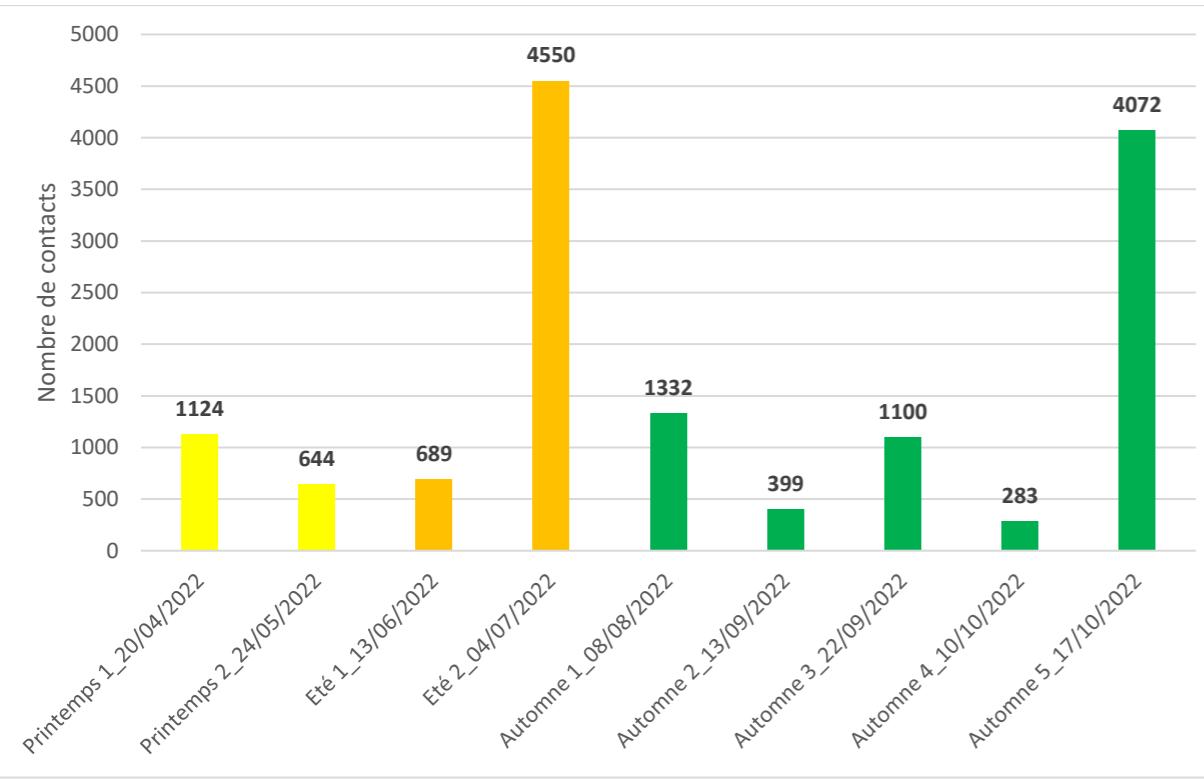
pipistrelles (commune/Natusius, Kuhl/Natusius et Natusius) représentent plus de 1,37 % de la part d'activité avec une majorité de signaux identifiés Kuhl/Natusius, tout en sachant que la Pipistrelle de Natusius n'a été identifiées de façon certaine uniquement à quatre reprises. Les « sérotules » (complexe des noctules/sérotines), sont ici constituées très probablement majoritairement par la Sérotine commune, et ne représentent que de 0,58 % de la part d'activité. Les autres espèces représentent 1,09 % de la part de l'activité totale.

Il est important de noter l'absence de Noctule commune et la présence anecdotique de la Pipistrelle de Natusius et de la Noctule de Leisler, espèces considérées comme migratrices et de haut vol.

Distribution des contacts enregistrés / espèces (ou complexe d'espèces) / périodes

Périodes	Transit printanier	Période de parturition	Transit automnal
Dates	20/04/22, et 24/05/22	13/06/22 et 04/07/22	08/08/22, 13/09/22, 22/09/22, 10/10/22 et 17/10/22
Pression d'échantillonnage	2*3 SM4BAT (6 nuits cumulées)	2*3 SM4BAT (6 nuits cumulées)	5*3 SM4BAT (15 nuits cumulées)
Pipistrelle commune	1716	5091	6191
Pipistrelle de Kuhl / Natusius	5	9	108
Pipistrelle de Kuhl	5	28	722
Sérotine commune	0	7	26
Barbastelle d'Europe	6	0	17
Murin de Daubenton	2	0	2
Murin de Natterer	2	4	8
Murin indéterminé	3	3	12
Noctule de Leisler	0	0	1
Oreillard gris	0	3	15
Oreillard roux	0	0	1
Oreillard indéterminé	12	4	14
Pipistrelle commune / Natusius	2	58	1
Grand Murin (probable)	0	0	5
Grand Rhinolophe	7	8	12
Pipistrelle de Natusius	0	3	1
Complexe des « Sérotules »	0	13	36
Nombre minimal d'espèces + groupes d'espèces (O = oreillards et M = murins)	6 + 1 (O)	7	12
Activité moyenne (par détecteur / nuit)	295	873	479
Nombre total de contacts	1 768	5 239	7 186

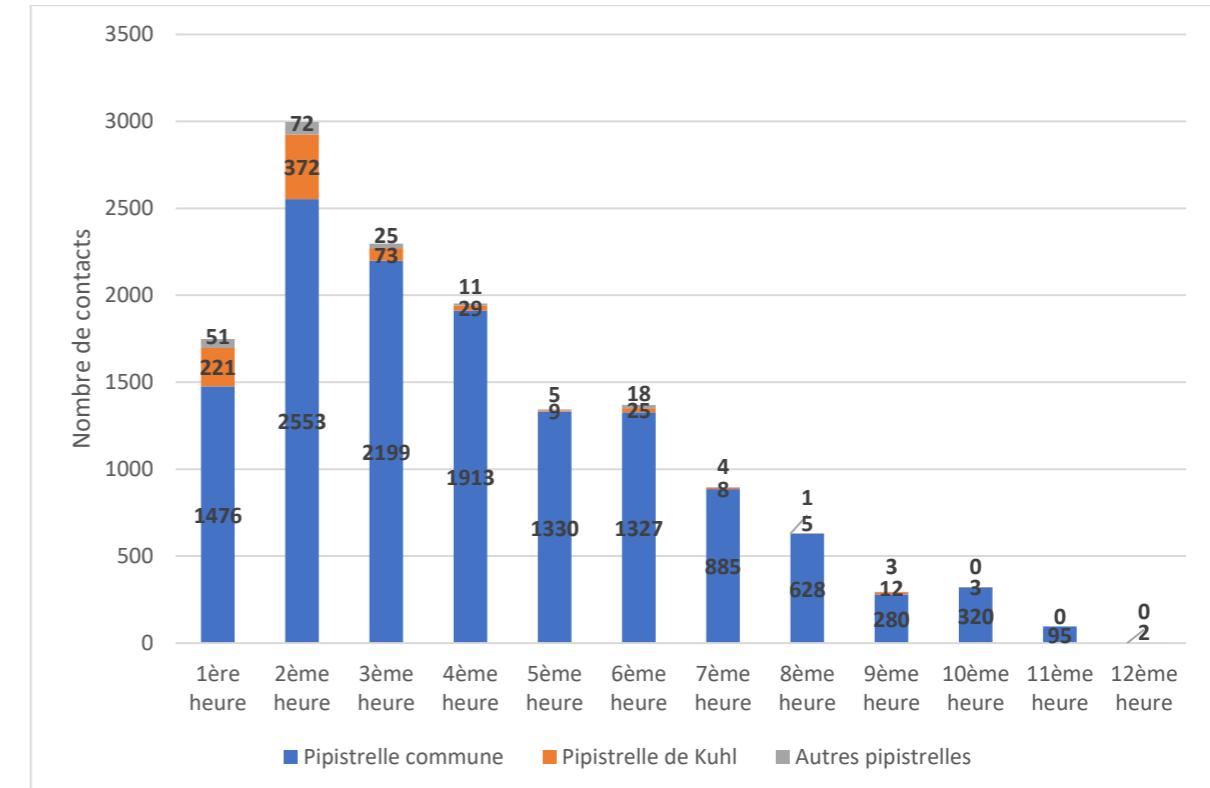




Distribution des contacts en fonction de la date d'échantillonnage (3 détecteurs / date)

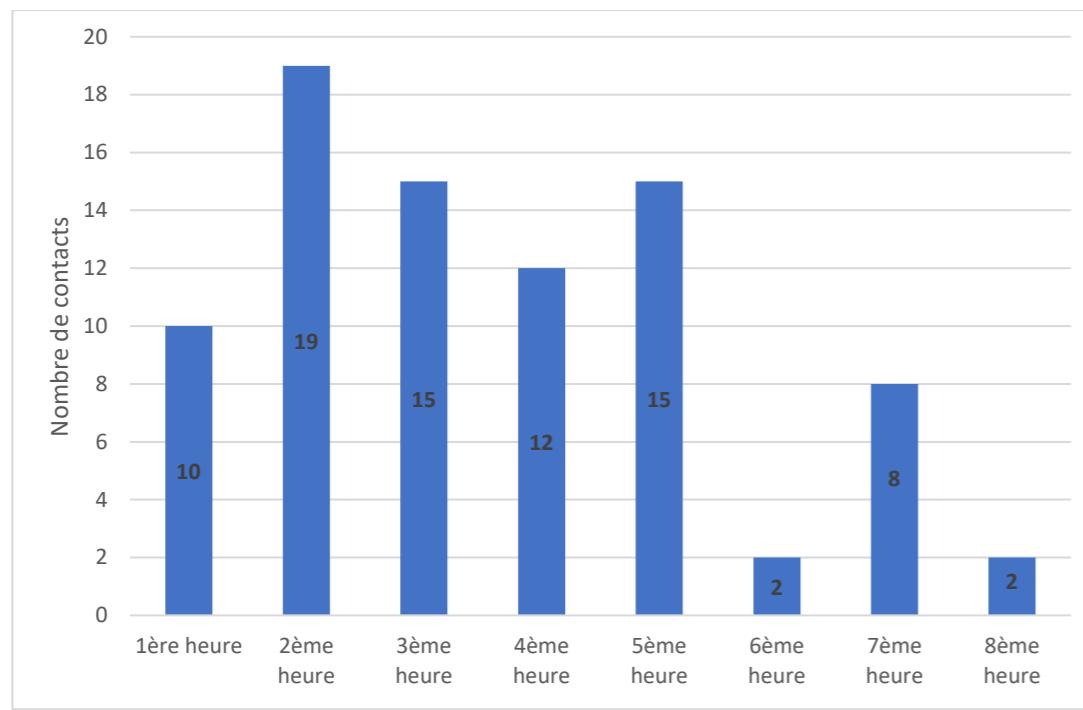
D'après les éléments ci-dessus, l'activité est supérieure durant les périodes de parturition et de transit automnal avec en général une richesse spécifique identique entre la période de parturition et le transit printanier et une richesse spécifique plus importante en transit automnal. Ces écarts peuvent être due à des conditions météorologiques plus ou moins favorables 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.



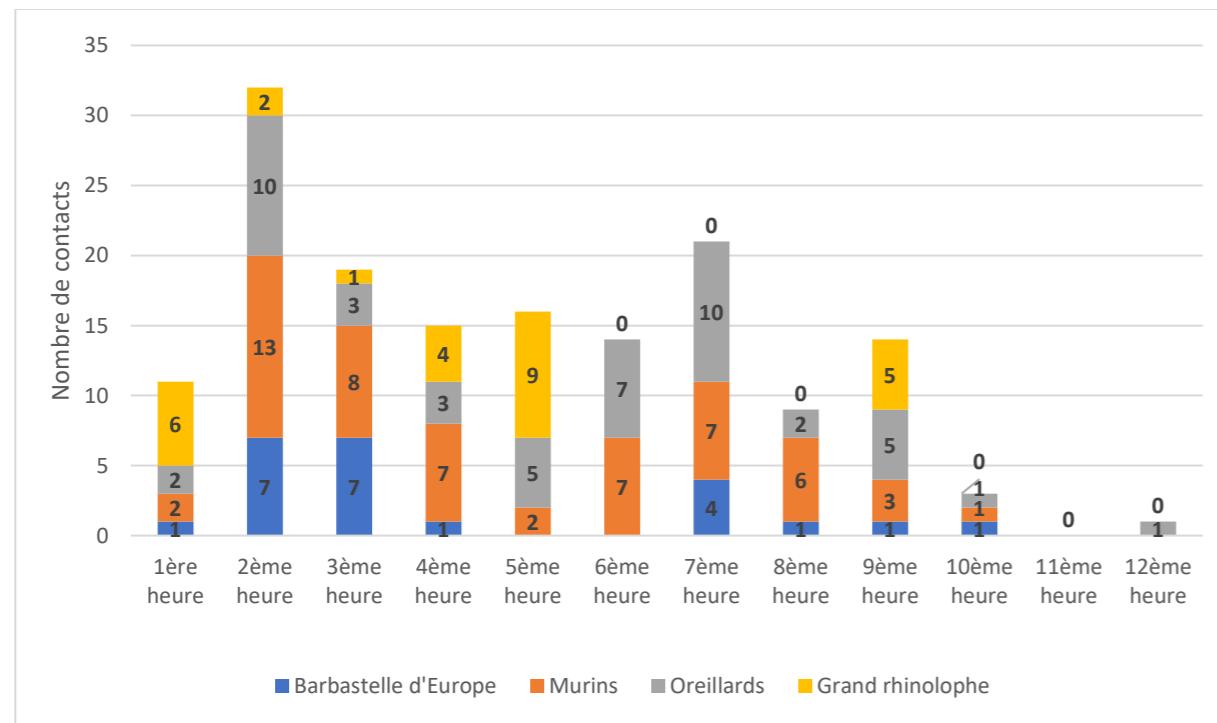
Distribution horaire de l'activité des pipistrelles en fonction de l'heure après le coucher du soleil (n=13 955 contacts de pipistrelles ; 27 nuits cumulées)

Sur l'ensemble de la période suivie au cours de l'année 2022, le nombre de contacts des différentes pipistrelles (commune et autres) représente 98,33 % 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 progressivement jusqu'à la douzième 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 transitent et/ou viennent chasser au sein de l'aire d'étude notamment le long des lisières.



Distribution horaire de l'activité du complexe des « Sérotules » en fonction de l'heure après le coucher du soleil (n=83 contacts de « sérotules » ; 27 nuits cumulées)

L'activité des « Sérotules » (quasi majoritairement composée de la Sérotine commune) débute dès la première heure qui suit le coucher du soleil, atteint son pic à la deuxième heure puis stagne de la 3^{ème} à la 5^{ème} heure, les derniers contacts sont enregistrés à la 8^{ème} heure. L'activité en début de nuit indique la présence possible de colonies de Sérotine (espèce anthropophile) au sein du bâti des hameaux situés à proximités du parc. Les individus transitent 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=155 contacts ; 27 nuits cumulées)

L'activité des autres chiroptères (Barbastelle, murins, Grand rhinolope, oreillard) commence dès la première heure qui suit le coucher du soleil, atteint un premier pic à la deuxième heure, décline et atteint un second pic à la septième heure, redescend encore et enregistre un dernier contact anecdotique à la 12^{ème}. Ces espèces sont dites lucifuges (qui ont tendance à fuir la lumière). L'activité notée dès la première heure peut indiquer la présence probable de colonies à proximité de l'aire d'étude qui hébergent des milieux boisés (murins, Barbastelle d'Europe, Oreillard roux...) ou bâties (rhinolophes, murins, Oreillard gris...).

4.2.1 TRANSIT PRINTANIER (SUIVI PASSIF AU SOL)

Les 2 nuits d'écoute passive ont permis d'enregistrer 1 768 contacts de chiroptères à raison de :

- 1 124 contacts analysés et collectés lors de la nuit du 20/04/2022 ;
- 644 contacts analysés et collectés lors de la nuit du 24/05/2022.

Six espèces ont été identifiées durant cette période.

Le site étant parcourue de haies, les stations fixes ont toutes été disposées à proximité de linéaires arborés connectés entre eux. Le niveau d'activité horaire maximal est régulièrement « moyen » à « important ». La quasi-totalité des contacts obtenus correspond à une activité de Pipistrelle commune (activité moyenne à assez forte), soit 97,06% de l'activité chiroptérologique. Une activité assez forte de Grand Rhinolophe a également été enregistrée sur le point 1 avec 5 contacts.

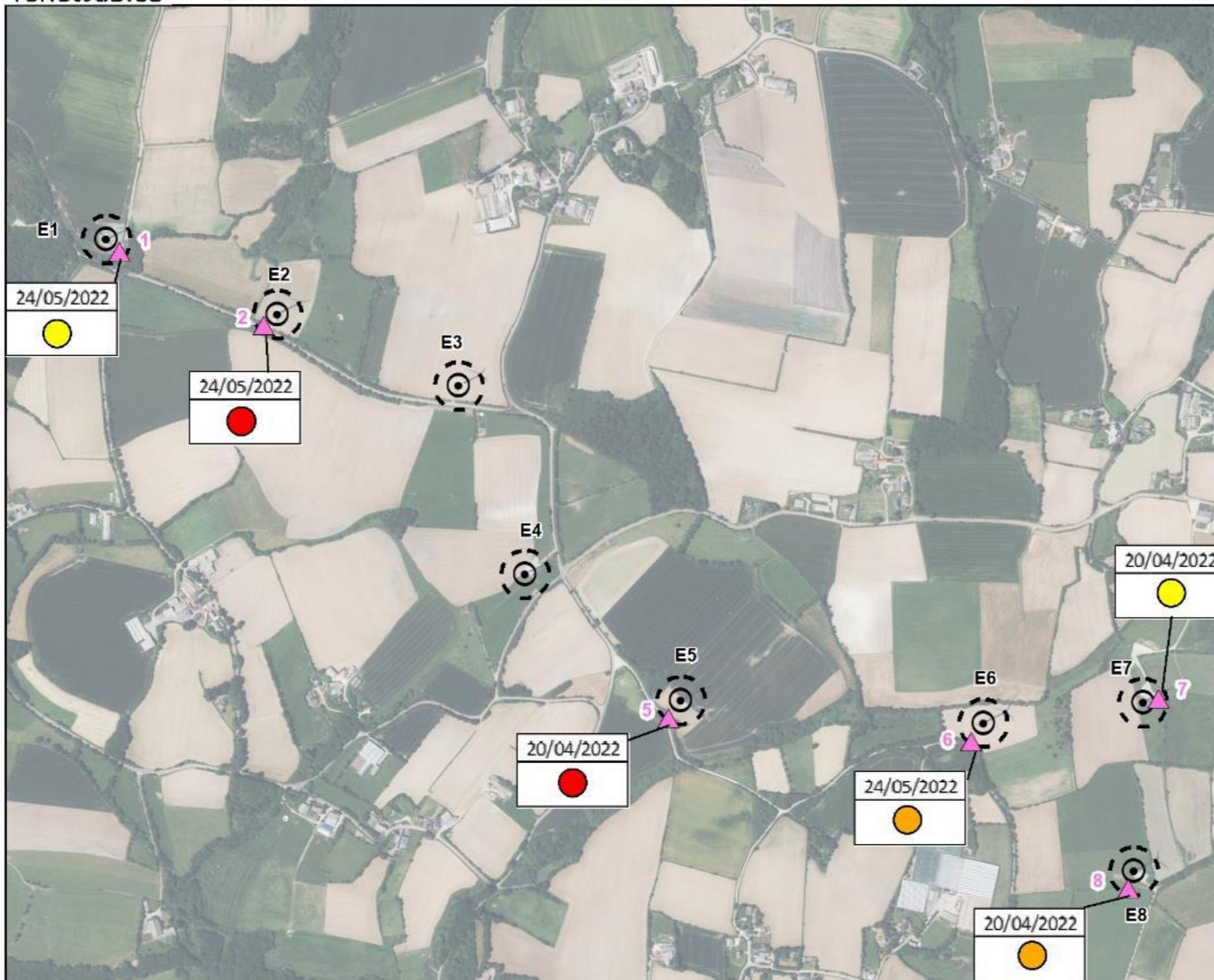
Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus durant la période printanière. La localisation des points d'écoute est disponible sur la carte de synthèse de l'activité chiroptérologique page suivante.

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 de Daubenton	Murin à moustaches	Murin de Natterer	Murin indét.	Oreillard indét.	Grand Rhinolophe	Pipistrelle commune	Pipistrelle commune / Nathusius	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle de Kuhl / Nathusius
1	Nuit du 24 au 25/05/2022	40	117	0	0	0	0	0	0	5	111	1	0	0
2	Nuit du 24 au 25/05/2022	139	305	3	0	0	0	0	0	0	302	0	0	0
5	Nuit du 20 au 21/04/2022	212	721	0	0	0	0	1	1	2	712	0	4	1
6	Nuit du 24 au 25/05/2022	67	222	3	0	1	1	1	7	0	204	1	0	4
7	Nuit du 20 au 21/04/2022	12	34	0	1	0	0	4	0	0	28	0	1	0
8	Nuit du 20 au 21/04/2022	112	369	0	1	0	1	4	4	0	359	0	0	0

Activités chiroptérologique en période de transit printanier

Suivi environnemental en exploitation du Parc éolien de Plouvien (29)



Carte réalisée par TBM, 2023
Sources : Ecosphère, TBM 2022
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 5 239 contacts de chiroptères :

- 689 contacts analysés et collectés lors de la nuit du 13/06/2022 ;
- 4 550 contacts analysés et collectés lors de la nuit du 04/07/2022.

Sept espèces ont été identifiées durant cette période.

Le site étant parcourue de haies, les stations fixes ont toutes été disposées à proximité de linéaires arborés connectés entre eux. Le niveau d'activité horaire maximal est régulièrement « très important » à « quasi-permanent ». La quasi-totalité des contacts obtenus correspond à une activité de Pipistrelle commune (activité moyenne à forte), soit 97,18% de l'activité chiroptérologique. Une activité assez forte de Grand Rhinolophe est à noter sur le point 1 avec 6 contacts au cours de la nuit du 04 juillet 2022.

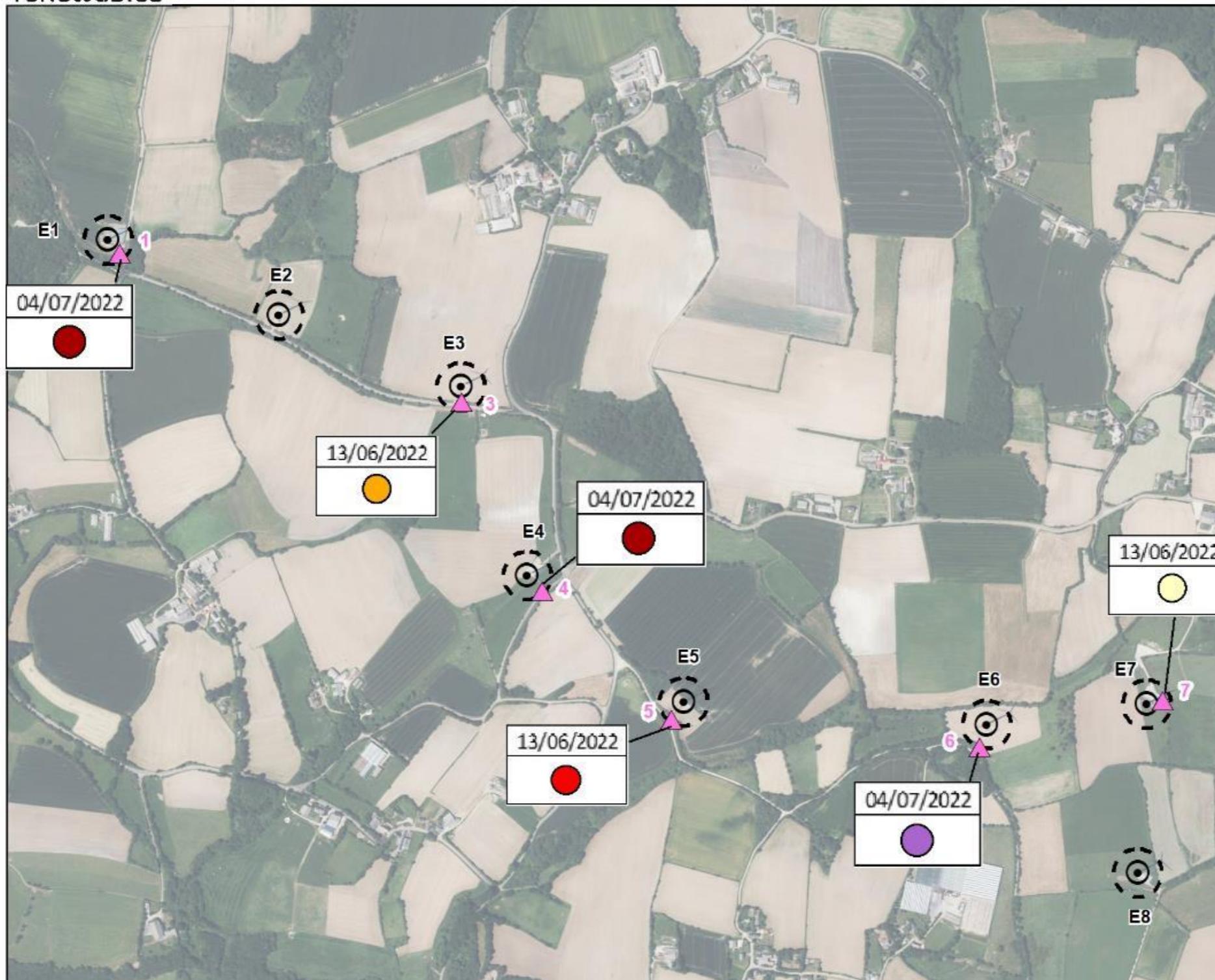
Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus durant la période de parturition. La localisation des points d'écoute est présentée sur la carte de synthèse de l'activité chiroptérologique page suivante.

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	Grand Rhinolophe	Murin de Natterer	Murin indét.	Oreillard gris	Oreillard indét.	Pipistrelle commune	Pipistrelle commune /pygmée	Pipistrelle commune / Nathusius	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	Pipistrelle de Nathusius	Sérotine commune	Sérotules
1	Nuit du 04 au 05/07/2022	425	1053	6	0	1	1	1	971	3	54	6	3	3	1	3
3	Nuit du 13 au 14/06/2022	85	149	2	0	0	0	0	142	0	0	4	1	0	0	0
4	Nuit du 04 au 05/07/2022	317	932	0	0	0	1	1	893	2	4	16	4	0	4	7
5	Nuit du 13 au 14/06/2022	199	537	0	0	1	0	0	535	0	0	0	1	0	0	0
6	Nuit du 04 au 05/07/2022	487	2565	0	4	2	1	1	2549	1	0	2	0	0	2	3
7	Nuit du 13 au 14/06/2022	1	3	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0

Activités chiroptérologique en période de parturition

Suivi environnemental en exploitation du Parc éolien de Plouvien (29)



● Eoliennes du Parc de Plouvien

— Rayon de 50 m autour de l'éolienne

▲ Point d'écoute passive (SM4Bat)

Niveau du taux de fréquentation

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

0 100 200 m



Carte réalisée par TBM, 2023
Sources : Ecosphère, TBM 2022
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 7 186 contacts de chiroptères, dont :

- 1 332 contacts analysés et collectés lors de la nuit du 08/08/2022 ;
- 399 contacts analysés et collectés lors de la nuit du 13/09/2022 ;
- 1 100 contacts analysés et collectés lors de la nuit du 22/09/2022 ;
- 283 contacts analysés et collectés lors de la nuit du 10/10/2022 ;
- 4 072 contacts analysés et collectés lors de la nuit du 17/10/2022.

Douze espèces ont été inventoriées a minima durant cette période.

Le site étant parcourue de haies, les stations fixes ont toutes été disposées à proximité de linéaires arborés connectés entre eux. Le niveau d'activité horaire maximal est régulièrement « moyen » et plus ponctuellement « important », « très important » voir « quasi-permanent ». La quasi-totalité des contacts obtenus correspond à une activité de Pipistrelle commune (activité moyenne ponctuellement assez forte à forte), soit 86,26 % de l'activité chiroptérologique. On notera également une activité assez forte de Pipistrelle de Kuhl sur le point 6 avec 324 contacts au cours de la nuit du 22 au 23 septembre 2022. L'activité de la Pipistrelle de Kuhl durant cette période est notable avec 722 contacts enregistrés ce qui correspond à 10,06 % de l'activité chiroptérologique.

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus durant la période automnale. La localisation des points d'écoute est disponible sur la carte de synthèse de l'activité chiroptérologique page suivante.

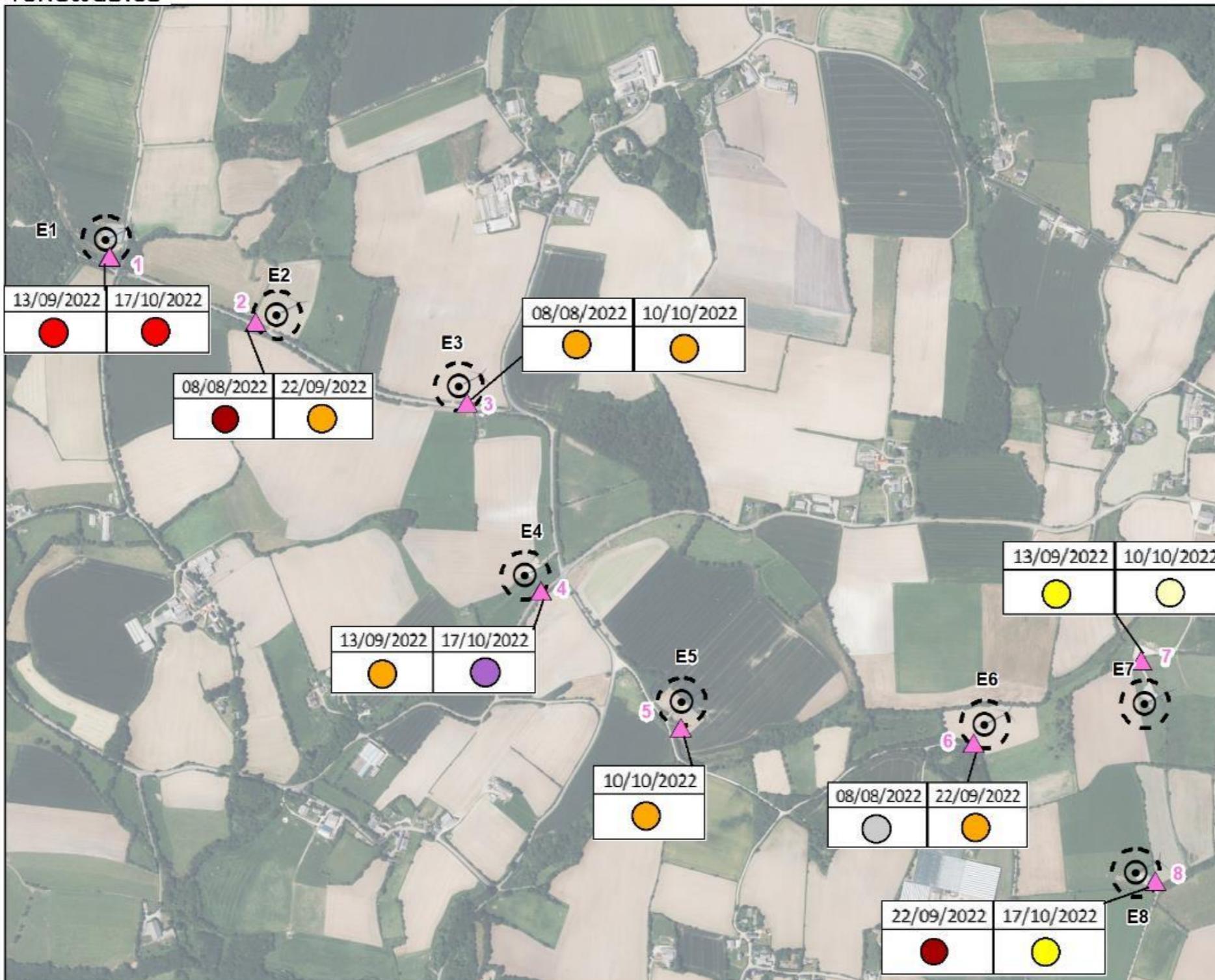
Synthèse des résultats obtenus en période de transit post-parturition et automnal (suivi passif de type SM4BAT)

Point d'écoute	Dates	Activité horaire max	Nbre total de contacts	Barbastelle d'Europe	Grand Rhinolophe	Grand murin	Murin de Daubenton	Murin de Bechstein	Murin de Natterer	Murin indét.	Oreillard roux	Oreillard gris	Oreillard indét.	Pipistrelle commune	Pipistrelle commune / Natusius	Pipistrelle de Kuhl / Natusius	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle de Kuhl / Natusius	Pipistrelle commune / Minioptère	Noctule de Leisler	Sérotine commune	Sérotules
1	Nuit du 13 au 14/09/2022	124	150	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	139	0	0	1	3	0	1	0	2
	Nuit du 17 au 18/10/2022	157	280	6	2	1	0	0	0	3	0	1	2	246	0	0	18	0	0	0	0	0
2	Nuit du 08 au 09/08/2022	321	1095	4		0	0	0	0	0	0	0	0	1051	0	0	6	9	0	0	9	16
	Nuit du 22 au 23/09/2022	104	321	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	319	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Nuit du 08 au 09/08/2022	98	237	3	1	0	0	0	1	0	0	1	1	200	0	0	2	9	0	0	7	12
	Nuit du 10 au 11/10/2022	91	162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	162	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Nuit du 13 au 14/09/2022	62	179	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	166	0	1	3	7	0	0	0	0
	Nuit du 17 au 18/10/2022	499	3498	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3383	0	0	104	7	1	0	0	0
5	Nuit du 10 au 11/10/2022	61	103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Nuit du 08 au 09/08/2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Point d'écoute	Dates	Activité horaire max	Nbre total de contacts	Barbastelle d'Europe	Grand Rhinolophe	Grand murin	Murin de Daubenton	Murin de Bechstein	Murin de Natterer	Murin indét.	Oreillard roux	Oreillard gris	Oreillard indét.	Pipistrelle commune	Pipistrelle commune / Natusius	Pipistrelle de Natusius	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle de Kuhl / Natusius	Pipistrelle commune / Minioptère	Noctule de Leisler	Sérotine commune	Sérotules
	Nuit du 22 au 23/09/2022	113	240	3	2	0	0	2	0	4	0	3	0	72	0	0	134	11	0	0	6	0
7	Nuit du 13 au 14/09/2022	28	70	0	4	0	0	0	0	2	0	0	0	53	0	0	9	1	0	0	0	1
	Nuit du 10 au 11/10/2022	9	18	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	12	0	0	1	1	0	0	0	0
8	Nuit du 22 au 23/09/2022	416	539	1	1	0	0	0	0	0	0	4	1	146	1	0	324	56	0	0	3	2
	Nuit du 17 au 18/10/2022	92	294	0	0	4	0	1	5	1	1	3	5	147	0	0	120	4	0	0	0	3

Activités chiroptérologique en période de transit automnal

Suivi environnemental en exploitation du Parc éolien de Plouvien (29)



Carte réalisée par TBM, 2023
Sources : Ecosphère, TBM 2022
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 8 éoliennes du parc de Plouvien, dans un rayon de 50 m autour des mâts et au cours de 30 passages, un total de **7 cadavres** a été découvert, dont **3 oiseaux** et **4 chauves-souris**.

5.1.1 REPARTITION SPATIALE

[Voir la carte « Mortalité sur le parc de Plouvien ».](#)

Les cadavres découverts sur le parc de Plouvien sont globalement distribués de manière homogène entre les éoliennes. Ainsi, 0 à 2 cadavres ont été découverts autour de chaque machine. Les chauves-souris sont réparties de façon régulière sur le parc, avec une mortalité constatée de 0 à 1 chiroptères par éolienne tandis que les oiseaux sont répartis de manière plus irrégulière avec 2 oiseaux sous E2, 1 oiseau sous E3 et aucun sous le reste des éoliennes.

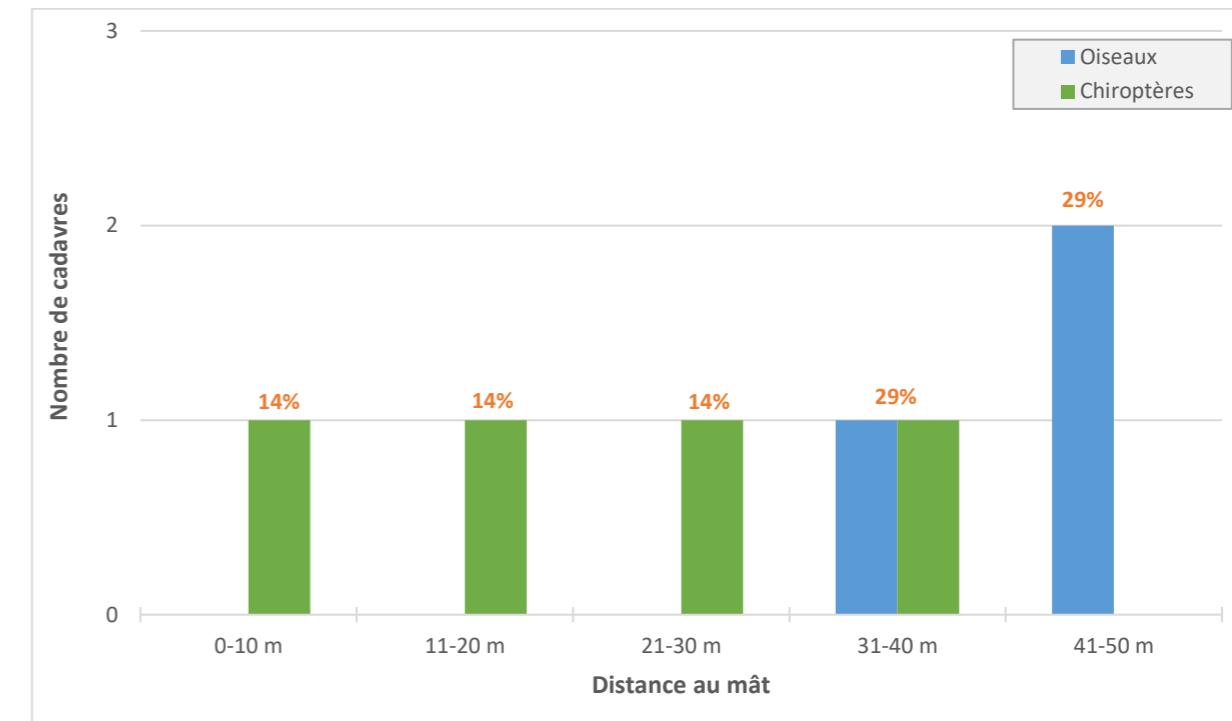
Le contexte paysager est plutôt homogène sur le parc, avec une topographie et une occupation du sol similaires entre les différentes machines, ce qui explique certainement en partie les résultats obtenus.

Répartition des cadavres découverts en 2022

Éolienne n°	Nombre de cadavres découverts	Chiroptères	Oiseaux
E1	1	1	0
E2	2	0	2
E3	2	1	1
E4	0	0	0
E5	1	1	0
E6	1	1	0
E7	0	0	0
E8	0	0	0
TOTAL	7	4	3

Par rapport à la distance au mât, les cadavres ont principalement été retrouvés dans les 20 derniers mètres soit entre 31 et 50 mètres, plus de la moitié des cadavres ayant été retrouvés dans ces deux tranches. Les chiroptères sont répartis de manière plus homogène, avec 1 cadavre observé dans chacune des 4 premières tranches de 10 mètres entre 0 et 40 mètres. Les oiseaux ont tous été retrouvés à plus de 30 mètres du mât soit de 1 cadavre entre 31 et 40 mètres et 2 cadavres entre 41 et 50 mètres.

Les résultats obtenus sont probablement peu fiables, les surfaces prospectées étant plus ou moins importantes sur le parc de Plouvien en fonction des éoliennes et des périodes de l'année. 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 l'ensemble des tranches de distance.



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

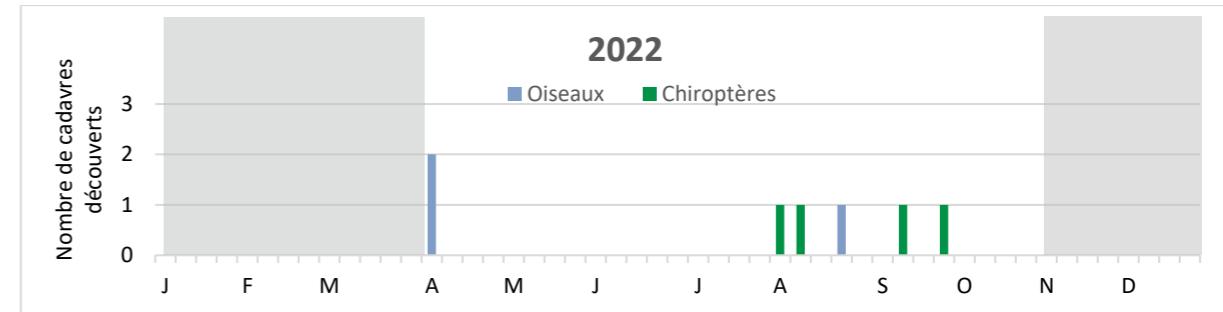
5.1.2 REPARTITION TEMPORELLE ET ESPECES CONCERNES

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 \(n = 7\). 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.](#)

Semaine	Date	Chiroptères	Oiseaux	Total
14	08/04/2022	0	2	Larus argentatus (E2) 2
15	14/04/2022	0	0	0
16	21/04/2022	0	0	0
17	28/04/2022	0	0	0
18	05/05/2022	0	0	0
19	12/05/2022	0	0	0
20	18/05/2022	0	0	0
21	25/05/2022	0	0	0
22	01/06/2022	0	0	0
23	07/06/2022	0	0	0
23	08/06/2022	0	0	0

Semaine	Date	Chiroptères	Oiseaux	Total
23	10/06/2022	0	0	0
24	14/06/2022	0	0	0
24	17/06/2022	0	0	0
25	21/06/2022	0	0	0
26	28/06/2022	0	0	0
27	05/07/2022	0	0	0
28	12/07/2022	0	0	0
29	19/07/2022	0	0	0
30	26/07/2022	0	0	0
31	02/08/2022	1	Pipistrellus sp (E6)	1
32	08/08/2022	1	Eptesicus serotinus (E5)	1
33	17/08/2022	0	0	0
34	23/08/2022	0	1 Columbidae sp (E3)	1
35	30/08/2022	0	0	0
36	06/09/2022	0	0	0
37	13/09/2022	1	Pipistrellus pipistrellus (E3)	1
37	14/09/2022	0	0	0
37	16/09/2022	0	0	0
38	20/09/2022	0	0	0
38	23/09/2022	0	0	0
39	27/09/2022	1	Pipistrellus sp (E1)	1
40	05/10/2022	0	0	0
41	11/10/2022	0	0	0
42	18/10/2022	0	0	0
43	25/10/2022	0	0	0



Répartition de la mortalité au cours de l'année 2022 (n=7). La période non suivie apparaît grisée.

Des cadavres ont été trouvés durant la majorité du suivi, entre le 08 avril et le 27 septembre 2022 avec 3 mois (de mai à juillet) durant lesquels aucun cadavre n'a été trouvé. Les oiseaux ont été détectés d'avril à août. Les individus trouvés sont essentiellement des individus locaux ou locaux probable d'espèces de taille moyenne à grande tel que le Goéland argenté et un pigeon. Ce sont des espèces bien présentes et observables toute l'année sur le parc.

Les chauves-souris ont été impactées sur une période plus restreinte, entre début août et fin septembre. Il s'agit plutôt ici d'individus issus de populations locales (Pipistrelles communes et Sérotine commune).

La mortalité constatée en 2022 se compose ainsi de :

- **3 oiseaux appartenant à au moins 2 espèces différentes** : 2 Goélands argentés [locaux] et 1 Pigeon indéterminé [local] ;
- **4 chiroptères appartenant à au moins 2 espèces** : 1 Pipistrelle commune [locale], 1 Sérotine commune [locale] et 2 pipistrelles indéterminées [statut indéterminé].



Pipistrelle commune, sous E3 le septembre 2022 (Q. Le Bayon - TBM environnement)



Goéland argenté, sous E2 le 8 avril 2022 (Y. Dubois - TBM environnement)



Mortalité sur le parc de Plouvien

Suivi environnemental en exploitation du Parc éolien de Plouvien (29)



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+11		J+14	
	p	Tm								
Moyenne (86 leurres)	0,57	0,8 j	0,22	1,2 j	0,03	1,4 j	0,02	1,4 j	0,02	1,5 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 vraisemblance¹⁸. 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 Plouvien.

Probabilité de persistance r calculée avec GenEst

GenEst	Période de suivi (août à octobre)	
	Médiane	[IC 10 - 90%]
Probabilité de persistance (r)	0,21 <i>à j+7</i>	0,17 0,25

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

- Temps moyen de persistance (Tm) = 1,4 j à j+7 ;

- Taux de persistance (p) = 3 % à j+7.
- Probabilité de persistance (r) = 0,21 [IC 80 % : 0,17 – 0,25] (j+7).

La persistance est très faible sur la période suivie (de début avril à fin octobre). L'intervalle réduit entre les passages (un passage tous les 7 j) limite en partie les biais liés à la disparition relativement rapide des cadavres et permet de ne pas augmenter le 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, 125 leurres ont été retrouvés par les observateurs sur les 147 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). Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après :

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

Visibilité	Test de détectabilité pour la 1ère période		Test de détectabilité pour la 2ème période	
	Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]
Bonne	0,95	0,89 0,97	0,8	0,73 0,85
Moyenne	0,77	0,59 0,89		
TOTAL	0,84	0,77 0,88	0,8	0,73 0,85

L'efficacité de l'observateur a également été modélisée selon les deux tailles de leurres utilisées. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après :

¹⁸ 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 1ère période		Test de détectabilité pour la 2ème période	
	Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]
Petit	0,97	0,91	0,99	0,8
Moyen	0,83	0,73	0,90	
TOTAL	0,91	0,86	0,95	0,8
			0,73	0,85

Résultats des tests de détectabilité obtenus avec GenEst

Test de détectabilité globale		
Médiane	[IC 10 - 90%]	
0,85	0,81	0,88

En moyenne pour la première période, il en ressort un taux d'efficacité (ou de détection) de 0,97 pour les petits leurres (assimilés à des chauves-souris ou des petits passereaux) et de 0,99 pour les leurres de taille moyenne (qu'on peut rapprocher aux turdidés par exemple).

Le taux moyen de détection est considéré comme bon, avec 85 % [IC 80 % : 0,81-0,85] de leurres découverts lors des deux tests d'efficacité réalisés.

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. Deux 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	25 %	76 %	47 %
E2	66 %	15 %	44 %
E3	16 %	94 %	49 %
E4	75 %	64 %	70 %
E5	59 %	5 %	36 %
E6	62 %	91 %	74 %
E7	26 %	66 %	44 %
E8	65 %	84 %	73 %
Moyenne sur l'ensemble du parc :	49 %	62 %	55 %

La proportion de surface prospectée moyenne, telle que demandée par l'application EolApp pour l'utilisation des formules d'Erickson, Huso et Jones, est celle moyennée sur l'ensemble du parc, à savoir

55 %. C'est cette surface moyennée à l'ensemble du parc pour l'ensemble de la période suivie qui est renseignée dans l'application EolApp. L'application GenEst, quant à elle, différencie la surface moyenne prospectée pour chaque éolienne.

La surface de prospection sur l'ensemble du parc est faible (E5) à modérée. Elle est **hétérogène entre les éoliennes, avec 36 à 74 % de surface prospectée sur l'ensemble du suivi.** 5 éoliennes sur 8 ont une surface moyenne prospectée inférieure à 49 %, 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 échantillonnées 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 Plouvien, la persistance est très faible et génère des incertitudes.

Enfin, s'agissant des **surfaces prospectées**, les biais sont importants. En effet, la surface de prospection moyenne est de 55 %, ce qui est moyen, les estimations qui en résultent sont donc ; là encore, à prendre avec précaution.

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 25/10/2022 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.

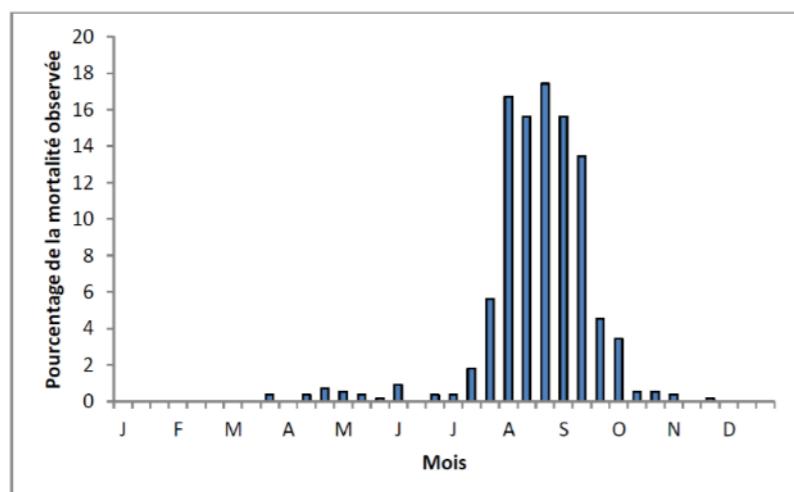


L'analyse des différentes sources bibliographiques révèle que le risque moyen de collision n'est pas égal au cours d'une année. Le tableau et le graphique ci-dessous montrent ainsi l'importance de la période située entre juillet et octobre.

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.

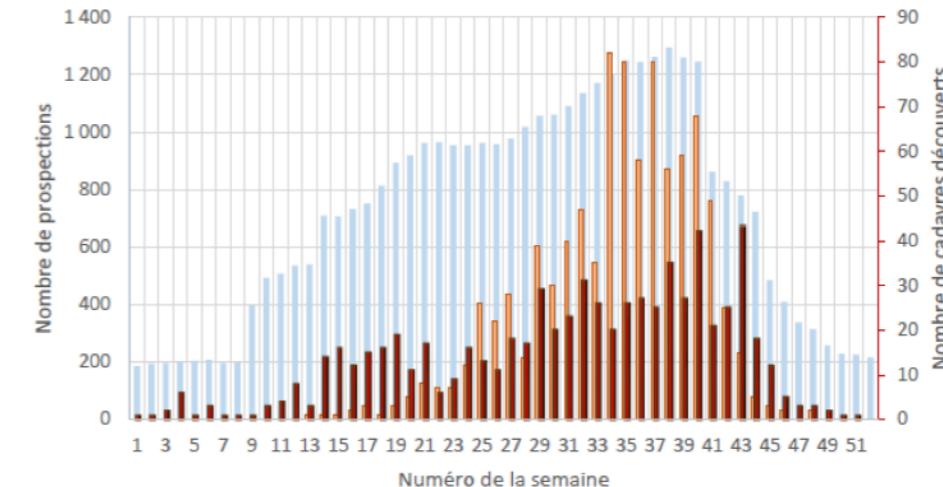


Les travaux de synthèse sur les oiseaux menés en France sous l'égide de la LPO (Marx, 2017) peuvent être convertis en pourcentages approximatifs sur la base du graphique ci-dessous.

Semaine de découverte des cadavres

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

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 suivante ci-dessous.

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

Pourcentage de mortalité (toutes espèces)	Chiroptères	Oiseaux	
Mi-mai à juillet (semaines 20 à 30) => période de reproduction	20 %	Pas de données entre mi-mai et juillet	25 %
Août à octobre (semaines 31 à 43) => migration postnuptiale, mouvements locaux	75 %	4 cadavres entre août et octobre, soit 100 %	50 %
Reste de l'année	5 %	Pas de données entre novembre et mi-mai	25 %
		2 cadavres entre novembre et mi-mai	

Ainsi, sur la base des données bibliographiques et des résultats recueillis en 2022, il apparaît que le suivi sur le parc de Plouven couvre le pic de mortalité classiquement constaté 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 MORTALITÉ RÉELLE

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

La mortalité a également été estimée à partir de l'application « **GenEst** », nouvelle méthode développée par une équipe internationale (Huso & Dalthorp (USGS) et Korner-Nievergelt (Oïkostat)). 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	Plouvier
Période du suivi	Début avril - fin octobre 2022
Nbre d'éoliennes suivies	8
c (nombre de cadavres brut découverts sous les éoliennes dans un rayon de 50 m)	7
d (taux de détection moyen)	0,85
p (taux de persistance durant l'intervalle)	0,03

Paramètres	Plouvier
Tm (durée moyenne de persistance durant l'intervalle)	1,4 jours
r (probabilité de persistance durant l'intervalle)	0,21 [IC 80% : 0,17 – 0,25] (à j+7)
I (intervalle moyen entre 2 visites)	6,9 jours
n (nombre de passage)	30
Sk (surface prospectée moyenne)	55%

5.3.1 ESTIMATIONS DE LA MORTALITÉ AVEC EOLAPP

Les tableaux suivants présentent les résultats des estimations de la mortalité réelle pour le parc de Plouvier (8 éoliennes, du 8 avril au 25 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 ¹⁹)	Mortalité brute	Erickson		Huso		Jones	
		Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]
TOTAL (Chauves-souris plus oiseaux)	7	55,7	26,8 95,6	65,4	29,5 132	169,5	64 485,2

Le modèle d'Erickson donne une valeur médiane de la mortalité globale (chauves-souris et oiseaux) d'environ **55,7 individus [IC 90 % : 26,8 - 95,6] impactés sur l'ensemble du parc pour l'ensemble de la période suivie** (début avril à fin octobre, sur 30 passages).

Le modèle de d'Huso donne une valeur médiane de la mortalité globale (chauves-souris et oiseaux) d'environ **65,4 individus [IC 90 % : 29,5 - 132] impactés sur l'ensemble du parc pour l'ensemble de la période suivie** (début avril à fin octobre, sur 30 passages).

Les intervalles de confiance obtenus pour Erickson, Huso et Jones sont assez importants notamment pour Jones, et une certaine imprécision de l'estimation statistique persiste. Cela sous-entend que ces valeurs estimées sont à prendre avec précaution. Les biais induits dans les estimations (l'absence

¹⁹ 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.

d'intégration des différences de surfaces prospectées entre les éoliennes étant le principal) conduisent à des estimations moins précises. 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 Plouvien (8 éoliennes, du 8 avril au 25 octobre 2022) obtenus à partir des modélisations faites avec GenEst (Huso & Dalthrop). En annexe 5, est précisé le détail des choix retenus pour les modélisations opérées par GenEst afin d'ajuster au mieux les estimations au jeu de données bruts du parc.

Résultats des estimations de la mortalité réelle obtenus avec GenEst

Estimation avec GenEst	Période	Mortalité brute	Médiane	[IC 10 - 90%]	Ensemble du suivi
Chiroptères	Période 1	0	/	/	111,4 (11,4 - 250,9)
	Période 2	4	111,2	11,2 - 250,9	
Oiseaux	Période 1	2	10,2	2,0 - 20,9	14,8 (5,3 - 27,3)
	Période 2	1	4,5	1,0 - 10,2	
Chiroptères et oiseaux	Période 1	2	10,2	2,0 - 20,9	125,6 (38,7 - 269,5)
	Période 2	5	115,8	14,7 - 258,3	

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 variables. Les estimations sont globalement peu fiables :

- **Chiroptères** : mortalité estimée de **111,4 chauves-souris [IC 80 % : 11,4 - 250,9]** entre début août et fin octobre ; la surface de prospection est faible à moyenne en fonction des éoliennes, ce qui ne permet pas d'estimations robustes (taux de prospection inférieur à 40 % sur 2 des 8 éoliennes durant cette période). L'efficacité des observateurs, quant à elle, est bonne (85 % 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 supplémentaire dans les estimations. La découverte d'un chiroptère sous une éolienne avec une surface de prospection très faible (E5) biaise fortement le résultat ;
 - Intervalle de confiance important, biais forts (surface de prospection, persistance), **estimations à prendre avec précaution** ;
- **Oiseaux** : mortalité estimée de **14,8 oiseaux [IC 90 % : 5,3 - 27,3]** entre début avril et fin octobre ; la surface de prospection est faible à modérée pour toutes les éoliennes (cette surface est comprise entre 36 % pour E5 et 74 % pour E6), ce qui ne permet pas d'estimations robustes (taux de prospection inférieur à 40 % sur 1 des 8 éoliennes). L'efficacité des observateurs, quant à elle, est bonne (85 % 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 125,6 cadavres [IC 80 % : 38,7 - 269,5] entre début avril et fin octobre ; la surface de prospection est faible à modérée pour toutes les éoliennes (cette

surface est comprise entre 36 % pour E5 et 74 % pour E6), ce qui ne permet pas d'estimations robustes (taux de prospection inférieur à 40 % sur 1 des 8 éoliennes). L'efficacité des observateurs, quant à elle, est bonne (85 % 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 fort, notamment dû au chiroptères, **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 Plouvien et au cours du suivi de 2022, les estimations de la mortalité réelle avec GenEst donnent une valeur médiane de la mortalité d'environ **111,4 chauves-souris [IC 80 % : 11,4 - 250,9]** et **14,8 oiseaux [IC 90 % : 5,3 - 27,3]**. Les estimations concernant la période suivie (avril - octobre) sont peu fiables statistiquement et présentent des d'incertitudes.

5.4 CONCLUSION SUR LE SUIVI DE MORTALITÉ

Ce second suivi réalisé sur le parc de Plouvien a fait l'objet de **30 passages répartis entre le 8 avril et le 25 octobre 2022, avec un intervalle entre les passages de 6,9 j 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 réalisées dans un **rayon de 50 m** autour du mât. La **surface moyenne de prospection est de 55 % sur l'intégralité du suivi**. Les tests de détection réalisés montrent une **détectabilité moyenne de 85 %**. Les tests de persistance réalisés à partir de 66 leurres montrent **un taux de persistance de 3 %** durant l'intervalle (7 j).

7 cadavres ont été découverts, parmi lesquels :

- **3 oiseaux appartenant à au moins 2 espèces différentes ont été trouvés** : 2 Goélands argentés [locaux], Pigeon indéterminé [local].
- **4 chiroptères appartenant à au moins 2 espèces** : 1 Pipistrelle commune [locale], 1 Sérotine commune [locale] et 2 pipistrelles indéterminées [statut indéterminé].

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 & Dalthrop (USGS). Les résultats obtenus avec cette dernière 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 **111,4 chauves-souris [IC 80 % : 11,4 - 250,9]** et **14,8 oiseaux [IC 90 % : 5,3 - 27,3]** sur la période suivie (avril - octobre). Les estimations obtenues présentent des biais importants (surface prospectée moyenne, persistance faible) et sont par conséquent à prendre avec précaution. Durant la période de suivi, la mortalité concerne les individus locaux plutôt que les migrateurs, autant pour les chauves-souris que pour les oiseaux.





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

82 espèces ont été recensées toutes périodes confondues.

6.1 COMPORTEMENT DES ESPECES NICHEUSES

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

- 30 espèces nichent de manière possibles, probables ou certaines sur le territoire du parc éolien (rayon de 300 mètres autour des éoliennes) ;
- 5 autres espèces nichent dans un rayon de 300 mètres à 2 kilomètres du parc éolien ;
- 9 autre espèce, fréquentant le parc, niche à plus 2 kilomètres.

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

30 espèces se reproduisent de manière possibles, probables ou certaines sur le territoire du parc éolien et dans un rayon de 300 mètres autour de ce dernier. Ce périmètre comprend des cultures diverses, des prairies pâturées, des bâtiments agricoles, des haies et de petits boisements. Le cortège nicheur se compose ainsi d'une faible diversité d'espèces des milieux cultivés et prairiaux (Alouette des champs, Cisticole des joncs, Faisan de Colchide et Perdrix rouge), des espèces des milieux bocager et des lisières forestières (Accenteur mouchet, Bruant jaune, Buse variable, Corneille noire, Faucon crécerelle, Fauvette à tête noire, Fauvette des jardins, Fauvette grisette, Geai des chênes, Grive draine, Grive musicienne, Linotte mélodieuse, Merle noir, Mésange bleue, Mésange charbonnière, Pic vert, Pie bavarde, Pigeon colombin, Pigeon ramier, Pinson des arbres, Pouillot véloce, Rougegorge familier, Sittelle torchepot, Tarier pâtre, Troglodyte mignon, Verdier d'Europe).

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 ²⁰	NICHEURS BRETAGNE				Justificatifs (réévaluation de l'ESR/ESS)
			LRR ²¹	ESR (Enjeu Spécifique Régional) ²²	Indice de Vulnérabilité ²³	ESS (Enjeu Spécifique Stationnel) ⁸	
Milieux cultivés	Alouette des champs	0	LC	Faible	1	Moyen	Nicheur : Espèce quasi-menacée sur la liste rouge France. Effectif en baisse -25% en 18 ans.

Habitat	Espèce	Sensibilité aux collisions avec les éoliennes ²⁰	NICHEURS BRETAGNE				Justificatifs (réévaluation de l'ESR/ESS)
			LRR ²¹	ESR (Enjeu Spécifique Régional) ²²	Indice de Vulnérabilité ²³	ESS (Enjeu Spécifique Stationnel) ⁸	
Milieux bocagers et lisières forestières	Cisticole des joncs	0	LC	Faible	1	Faible	L'intensification des pratiques agricoles (travaux du sol plus fréquent, densités de semis plus importants) et la déprise agricole on raison des effectifs.
	Faisan de Colchide	NA	DD	Données insuffisantes	0,5	Faible	
	Perdrix rouge	1	DD	Données insuffisantes	0,5	Faible	
	Accenteur mouchet	0	LC	Faible	1	Faible	
	Bruant jaune	0	NT	Moyen	1,5	Moyen	Nicheur : Notifié "Quasi-menacé" sur la liste rouge des oiseaux nicheurs de Bretagne. Espèce en fort déclin soit 45% de baisse sur les dix dernières années d'après les chiffres du Suivi Temporel des Oiseaux Communs. Il est d'ailleurs classé « vulnérable » à l'échelle de la France. Oiseau des champs, son déclin semble dû à l'intensification des pratiques agricoles : la disparition des haies de bocage le prive de perchoirs pour chanter et d'abris pour les nids, et l'utilisation croissante d'insecticides le prive d'une source de nourriture indispensable pour ses oisillons.
	Buse variable	3	LC	Faible	2,5	Faible	
	Corneille noire	1	LC	Faible	1,5	Faible	
	Faucon crécerelle	3	LC	Faible	2,5	Faible	
	Fauvette à tête noire	0	LC	Faible	1	Faible	
	Fauvette des jardins	0	LC	Faible	1	Faible	
	Fauvette grisette	0	LC	Faible	1	Faible	

²⁰ 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)

²¹ LRR = Liste Rouge Régionale des oiseaux nicheurs de Bretagne (Bretagne vivante & al, 2018)

²² ESR & ESS : cf. méthodologie d'évaluation des enjeux spécifiques en Erreur ! Source du renvoi introuvable.

²³ Indice issu du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (MEDDE & FEE, 2018)

Habitat	Espèce	Sensibilité aux collisions avec les éoliennes ²⁰	NICHEURS BRETAGNE				Justificatifs (réévaluation de l'ESR/ESS)
			LRR ²¹	ESR (Enjeu Spécifique Régional) ²²	Indice de Vulnérabilité ²³	ESS (Enjeu Spécifique Stationnel) ⁸	
							déterminante ZNIEFF. La perte de ces habitats est la principale préoccupation pour les années futures.
	Geai des chênes	0	LC	Faible	1	Faible	-
	Grive draine	1	LC	Faible	1,5	Faible	-
	Grive musicienne	0	LC	Faible	1	Faible	-
	Linotte mélodieuse	0	LC	Faible	1	Faible	-
	Merle noir	0	LC	Faible	1	Faible	-
	Mésange bleue	0	LC	Faible	1	Faible	-
	Mésange charbonnière	0	LC	Faible	1	Faible	-
	Pic vert	1	LC	Faible	1,5	Faible	-
	Pie bavarde	0	LC	Faible	1	Faible	-
	Pigeon colombin	1	LC	Faible	1,5	Faible	Nicheur : Espèce LC peu commune en Bretagne et déterminante ZNIEFF. La répartition du Colombe en Bretagne est assez marquée en Nord Bretagne alors que la partie sud est moins utilisée. La perte d'habitats favorable et la compétition avec certaines espèces pourraient lui porter préjudice dans les années futures.
	Pigeon ramier	1	LC	Faible	1,5	Faible	-
	Pinson des arbres	0	LC	Faible	1	Faible	-
	Pouillot véloce	0	LC	Faible	1	Faible	-
	Rougegorge familier	0	LC	Faible	1	Faible	-
	Sittelle torchepot	0	LC	Faible	1	Faible	-
	Tarier pâtre	0	LC	Faible	1	Faible	-
	Troglodyte mignon	0	LC	Faible	1	Faible	-
	Verdier d'Europe	0	LC	Faible	1	Faible	-

Habitat	Espèce	Sensibilité aux collisions avec les éoliennes*	NICHEURS BRETAGNE		
			LRR	Enjeu spécifique régional	Indice de vulnérabilité**
Îlots rocheux	Goéland argenté	4	VU	Assez fort	3,5
	Goéland brun	2	LC	Faible	2
Zones humides	Canard colvert	2	LC	Faible	2
	Héron cendré	2	LC	Faible	2
Milieux bocagers et boisés	Héron garde-boeufs	3	EN	Fort	4
	Buse variable	3	LC	Faible	2
Milieux anthropiques	Choucas des tours	-	LC	Faible	-
	Corbeau freux	0	LC	Faible	1
	Corneille noire	1	LC	Faible	1,5
	Épervier d'Europe	2	LC	Faible	2
	Faucon crécerelle	3	LC	Faible	2,5
	Geai des chênes	0	LC	Faible	1
	Pic épeiche	0	LC	Faible	1
	Pie bavarde	0	LC	Faible	1
	Pigeon ramier	1	LC	Faible	1,5
	Étourneau sansonnet	0	LC	Faible	1
Milieux anthropiques	Hirondelle rustique	0	LC	Faible	1
	Martinet noir	1	LC	Faible	1,5
	Moineau domestique	0	LC	Faible	1
	Tourterelle turque	0	LC	Faible	1

* : 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) ;

** : indice issu du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (MEDDE & FEE, 2018)

Il ressort du tableau précédent que :

- **4 espèces à sensibilité forte** fréquentent régulièrement le parc dont 1 présente des enjeux de conservation forts : le Héron garde-bœufs, une colonie est connue le long de l'Aber Vrac'h à un peu plus de 6 kilomètres du parc et des individus y sont observés toutes l'année notamment dans les pâtures avec les vaches et derrière les tracteurs lors des labours. Une autre espèce présente des enjeux de conservation assez forts : le Goéland argenté, dont des centaines d'individus nichent sur les îlots de Landéda, Plouguerneau et de Saint-Pabu situé à au moins 12 kilomètres du parc. Ce sont quelques dizaines voire centaines de Goélands qui traversent le parc quotidiennement ou qui viennent s'y nourrir ;
- **4 espèces à sensibilité moyenne** fréquentent également régulièrement le parc.

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

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

Parmi les espèces qui fréquentent le parc en période de reproduction, 20 espèces se reproduisent de manière possible, probables ou certaines à l'extérieur du parc (plus de 300 mètres des machines). Certaines de ces espèces comme les Goélands argenté et brun parcourront plus de 10 kilomètres pour venir se nourrir dans les prairies et les labours dans et autour du parc éolien de Plouvien. D'autres espèces font également des passages sur le parc éolien pour se nourrir pendant la période de reproduction (Buse variable, Choucas des tours, Corbeau freux, Corneille noire, Épervier d'Europe, Étourneau sansonnet, Faucon crécerelle, Geai des chênes, Héron cendré, Héron garde-bœufs, Hirondelle rustique, Martinet noir, Moineau domestique, Pic épeiche, Pie bavarde, Pigeon ramier). Certaines espèces transit également sur le parc durant leurs déplacements (Canard colvert, Héron cendré)

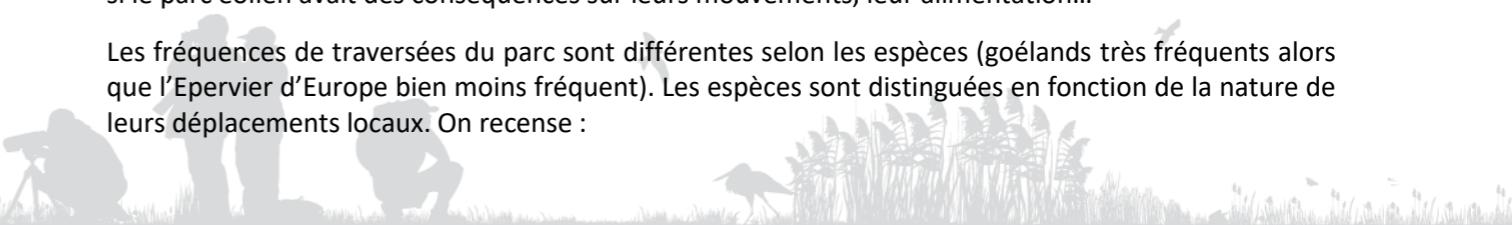
Sensibilité spécifique de l'avifaune nicheuse des abords et fréquentant régulièrement le parc éolien

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 44 espèces qui fréquentent le parc et ses abords en période de nidification, 30 sont nicheuses possibles, probables ou certaines à moins de 300 mètres des éoliennes et 20 se reproduisent à l'extérieur du parc mais le traverse lors de leurs déplacements ou viennent s'y nourrir, 6 espèces sont dans les deux catégories. Le comportement et les effectifs de ces oiseaux ont été observés afin d'évaluer si le parc éolien avait des conséquences sur leurs mouvements, leur alimentation...

Les fréquences de traversées du parc sont différentes selon les espèces (goélands très fréquents alors que l'Epervier d'Europe bien moins fréquent). 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, Cisticole des joncs, Faisan de Colchide, Fauvette à tête noire, Fauvette des jardins, Fauvette grisette, Grive musicienne, Merle noir, Mésange bleue, Mésange charbonnière, Moineau domestique, Perdrix rouge, Pinson des arbres, Pouillot véloce, Rougegorge familier, Sittelle torchepot, Tarier pâtre, Troglodyte mignon, Verdier d'Europe. Il s'agit d'espèces nichant dans les haies et se déplaçant au sein du parc. 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, Bruant jaune, Etourneau sansonnet, Grive draine, Linotte mélodieuse, pics, pigeons, Tourterelle turque. Les espèces les plus abondantes sont celles liées aux milieux bocagers et boisés. Il semble que les individus nicheurs se préoccupent très peu des éoliennes. Certains postes de chant se situent à moins de 50 mètres des mâts. Les vols s'effectuent en majorité en dessous du rayon d'action des pales mise 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 dont certaines à raison de :
 - ✓ plusieurs dizaines à centaines d'individus quotidiennement ; le parc éolien est localisé entre deux Abers dans des zones propices au gagnage des lariés (prairies pâturées et cultures) et à proximité de colonies insulaires de Goéland argenté et de quelques Goélands bruns. Des mouvements quasiment continus s'opèrent entre le trait de côte et l'intérieur des terres afin de gagner des territoires d'alimentation (diverses cultures).
 - Le parc est donc traversé par une majorité de Goéland argenté et quelque Goélands bruns en période de nidification. Il ressort que les mouvements sont plus importants durant les 2 premières heures après le lever du soleil. Les goélands pénètrent dans les terres en suivant les abers avant de bifurquer vers les zones agricoles. Ils arrivent donc généralement de l'ouest (du nord-ouest au sud-ouest) puis repartent vers la côte plus tard dans la journée après s'être alimentés. Les comportements de vol sont différents en fonction du point d'arrivée des oiseaux. Les Goélands qui ne font que traverser le parc volent généralement à hauteur de pôle ou plus haut et vont bifurquer ou monter à l'approche des éoliennes. Les individus qui arrivent sur le parc pour se nourrir ou qui se déplacent d'une parcelle à l'autre vont voler plus bas sous la hauteur des pales ou à hauteur de bas de pales et vont bifurquer ou plonger à l'approche des machines. De manière générale, **les goélands s'adaptent bien à la présence du parc mais des phénomènes météorologiques extrêmes comme un brouillard dense peuvent augmenter les risques de collision avec les éoliennes** ;
 - ✓ plusieurs dizaines d'individus : cas des corvidés (Choucas des tours, Corneilles noires et Corbeaux freux) et des Hérons garde-bœufs. Les Hérons garde-bœufs nichent dans une colonie le long de l'Aber Vrac'h à un peu plus de 6 kilomètres du parc et des individus y sont observés toute l'année notamment dans les pâtures avec les vaches et derrières les tracteurs lors des labours. Ils se déplacent généralement en dessous du niveau des pales des éoliennes. Les comportements de vol des corvidés sont équivalents à ceux des goélands. Les Choucas des tours nichent dans les cheminées des villages et hameaux alentours et gagnent régulièrement les terres cultivées et les friches proches. Les Corbeaux freux sont issus des colonies de Lannilis et de Plabennec. Les Corneilles noires quant à elles nichent de façon dispersée dans les haies et boisements au sein et autour du parc éolien. **Les pâtures et les labours au sein et à proximité du parc constituent des zones d'alimentations privilégiées pour ces espèces, qui s'adaptent, par conséquent, très bien à la présence des machines** ;
 - ✓ quelques unités à dizaines d'individus : 3 rapaces (Buse variable, Epervier d'Europe et Faucon crécerelle) ainsi que l'Hirondelle rustique et le Martinet noir sont concernés. Aucun

comportement d'évitement particulier n'a été observé. Leurs activités alimentaires semblent se produire indépendamment de l'activité éolienne.

6.1.4 SYNTHESE

28 des 30 espèces nicheuses possibles, probables ou certaines du parc et ses abords immédiats présentent des sensibilités faibles au risque de collision, seuls la Buse variable et le Faucon crécerelle montrent des sensibilités fortes au risque de collision. Les enjeux stationnels de conservation sont faibles à ponctuellement moyens pour 2 espèces (Alouette des champs et Bruant jaune).

14 autres espèces fréquentent régulièrement le parc éolien mais nichent à l'extérieur de celui-ci. Parmi elles, figurent **2 espèces à sensibilité forte** à la collision : le Héron garde-bœufs et le Goéland argenté (tous deux abondant localement). Ces 2 espèces présentent respectivement des enjeux stationnels de conservation fort et assez forts. Quatre autres espèces nicheuses sont caractérisées par une sensibilité moyenne à la collision : le Canard colvert, l'Epervier d'Europe, le Héron cendré et le Goéland brun. Plusieurs espèces sensibles au risque de collision nichent à proximité du parc et le fréquentent régulièrement.

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 de garde au sol des éoliennes.

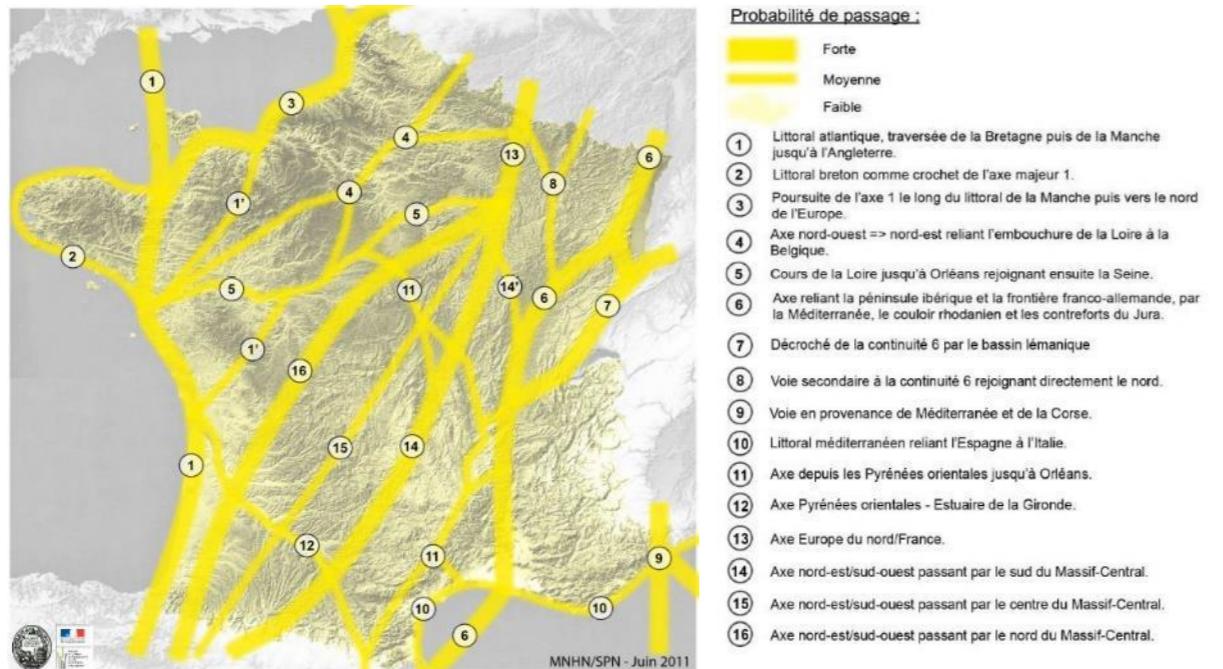
6.2 COMPORTEMENT DES ESPECES MIGRATRICES

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 ce faire, 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.





**Voies d'importance de migrations de l'avifaune pour la cohérence nationale de la trame verte et bleue
(MNHN/SPN, 2011) vis-à-vis de notre secteur d'étude (en rouge)**

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 hivernés 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 Plouvien et ses abords sont situés non loin d'une voie migratoire « secondaire » (probabilité de passage considérée comme « moyenne ») matérialisée par la voie « Littoral breton, comme crochet de l'axe majeur 1 ».

Dans notre contexte, l'activité avifaunistique au sein de l'aire d'étude est susceptible d'être influencée par la voie « secondaire » proche, constituant des points de passages privilégiés par les oiseaux.

Nos prospections de terrain ont montré que les oiseaux qui traversaient le parc en période de migration le faisaient en suivant un axe nord-sud et non de manière parallèle à la côte.

6.2.2 CORTEGES/EFFECTIFS/SENSIBILITÉS

6.2.2.1 Migration prénuptiale

45 espèces ont été recensées lors des 4 sorties dédiées à la migration prénuptiale sur le parc et ses abords proches les 06 avril 2022, 13 avril 2022, 20 avril 2022 et 04 mai 2022. Parmi celles-ci, 6 ont été observées en migration active : Bergeronnette grise (10 individus), Goéland brun (155 individus), Hirondelle de rivage (2 individus), Hirondelle rustique (19 individus), Pigeon colombin (22 individus), Pigeon ramier (38 individus). D'autres espèces ont été observées en migration lors des sorties hivernants de février et les sorties nicheurs de mai : Bondrée apivore (2 individus), Étourneau sansonnet (916 individus), Pinson des arbres (691 individus), Pinson du nord (15 individus), Vanneau huppé (4 individus).

Ce sont donc 11 espèces d'oiseaux qui ont été observées en migration active durant la période prénuptiale pour un total de 1874 individus. On notera qu'aucun axe de migration privilégié n'a été mis en évidence durant cette période.

Les statuts de menace à l'échelle européenne (LRE EU27) sont utilisés en conformité avec la méthode du protocole national (MEDDE & FEE, 2015) 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

	Sensibilité aux collisions avec les éoliennes*	Total prénuptial	LRE**
Bergeronnette grise	0	10	LC
Bondrée apivore	2	2	LC
Étourneau sansonnet	0	916	LC
Goéland brun	2	155	LC
Hirondelle de rivage	0	2	LC
Hirondelle rustique	0	19	LC
Pigeon colombin	1	22	LC
Pigeon ramier	1	38	LC
Pinson des arbres	0	691	LC
Pinson du nord	?	15	LC
Vanneau huppé	1	4	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, 2015) ;

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

Deux constats peuvent être tirés 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.

Le Vanneau huppé, vulnérable sur la liste rouge européenne présente ici un effectif très faible pour l'espèce et le parc ne remet donc pas en question sa conservation.

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

D'après les observations réalisées au cours des comptages, les flux migratoires observés 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 diffus à travers l'aire d'étude.

6.2.2.2 Migration postnuptiale

66 espèces ont été recensées lors des 8 sorties dédiées à la migration postnuptiale sur le parc et ses abords proches les 30 août 2022, 14 septembre 2022, 23 septembre 2022, 11 octobre 2022, 18 octobre 2022, 25 octobre 2022, 09 novembre 2022 et 15 novembre 2022. Parmi celles-ci, 28 ont été observées en migration active pour un total de 7298 individus. On notera qu'aucun axe de migration privilégié n'a été mis en évidence durant cette période.

Les statuts de menace à l'échelle européenne (LRE EU27) sont utilisés en conformité avec la méthode du protocole national (MEDDE & FEE, 2015) et confrontés aux effectifs observés afin d'évaluer l'éventuel impact du parc éolien vis-à-vis de ces espèces.

Effectifs et proportions des espèces migratrices observées en période postnuptiale

	Sensibilité aux collisions avec les éoliennes*	Total postnuptial	LRE**
Alouette des champs	0	151	LC
Alouette lulu	1	4	LC
Autour des palombes	2	1	LC
Balbuzard pêcheur	3	2	LC
Bergeronnette grise	0	31	LC
Bergeronnette printanière	0	1	LC
Bouvreuil pivoine	?	10	LC
Busard des roseaux	2	2	LC
Chardonneret élégant	0	141	LC
Chevalier culblanc	?	1	LC
Chevalier guignette	?	1	LC
Coucou gris	0	1	LC
Étourneau sansonnet	0	4441	LC
Faucon hobereau	2	1	LC
Grive litorne	0	3	LC
Grive mauvis	0	30	LC
Grive musicienne	0	25	LC
Hirondelle de fenêtre	1	2	LC
Hirondelle rustique	0	137	LC
Linotte mélodieuse	0	22	LC
Pigeon colombin	1	113	LC
Pigeon ramier	1	856	LC
Pinson des arbres	0	1037	LC
Pinson du nord	?	5	LC
Pipit farlouse	0	184	LC
Pluvier doré	1	35	LC
Tarin des aulnes	0	54	LC
Vanneau huppé	1	7	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, 2015) ;

** : 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 ;
- 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 rapaces, avec 4 espèces observées en migration et 3 autres espèces « locales ». Les effectifs de rapaces migrants restent faibles malgré une diversité non négligeable aux vues de la localité du parc.

Aux vues 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
Bécassine des marais	0	VU	Vus unitairement en halte
Chevalier culblanc	?	LC	Vus unitairement en halte
Chevalier guignette	?	LC	Vus unitairement
Grive litorne	0	LC	En migration active et en halte
Grive mauvis	0	LC	En migration active et en halte
Grive musicienne	0	LC	En migration active et en halte
Pouillot fitis	0	LC	En halte
Pouillot véloce	0	LC	En halte
Roitelet à triple bandeau	1	LC	En halte
Rougegorge familier	0	LC	En halte
Rougequeue noir	0	LC	Vus unitairement en halte
Traquet motteux	0	LC	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, 2015) ;

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

La Bécassine des marais est vulnérable à l'échelle de ses populations européennes alors que les autres espèces ne semblent pas menacées. Les cas de mortalité au regard de ces populations semblent, en l'état des connaissances actuelles, négligeables.

D'après les observations réalisées au cours des comptages, les flux migratoires constatés en période 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 la faiblesse globale des effectifs, les fonctionnalités locales des oiseaux migrants ont pu être précisées. La représentativité des données est meilleure pour le passage 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 ;
- 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 laridés et d'ardéidés.

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

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

- les rapaces : 5 espèces ont été observées en migration active dont 1 Autour des palombes, 2 Balbuzards pêcheurs, 2 Bondrées apivores, 2 Busards des roseaux et 1 Faucon hobereau. Aucune n'a montré de réaction particulière face aux éoliennes. Elles ont traversé le parc éolien sans modification apparente de leurs trajectoires. Cette absence de réaction face aux pales en mouvement peut conduire ces espèces à se trouver dans une situation avec risque de collision. De plus, toutes ces espèces font partie des plus sensibles à l'échelle européenne (classes 2 et 3) d'après les dernières statistiques (Dürr, 2016) et tailles de populations européennes (BirdLife International, 2015).
- les oiseaux d'eau : nous considérons ici comme oiseaux d'eau un groupe hétéroclite d'espèces liées aux zones humides (laridés, limicoles, anatidés,...). Les abers présents au nord et au sud du parc peuvent favoriser l'arrivée d'oiseaux marins sur le site :
 - ✓ le Vanneau huppé : 7 individus ont été observés en vol à l'est du parc proche de 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 du suivi du groupe. Il s'agit habituellement d'une espèce pouvant présenter des réactions face aux machines mais traversant régulièrement les parcs ;
- les passereaux : bien que sous-estimés, sont bien représentés avec un total de plus de 7700 individus notés dont une majorité d'Étourneaux sansonnets (un peu plus de 5350). 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, peut difficilement être repérée de loin et suivie 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.

Par ailleurs, il ne semble pas qu'une trouée entre deux éoliennes soit plus privilégiée qu'une autre.

S'agissant des stationnements, quelques petits groupes de fringilles ont été observés sur le parc et des Bécassines des marais ont été observées en halte dans des chaumes de maïs humides.

6.2.4 SYNTHESE

La grande majorité des espèces migratrices les plus abondamment observées ne sont pas menacées et sont caractérisées par des sensibilités faibles à la collision. Certaines espèces sensibles, mais non menacées à l'échelle européenne, fréquentent ponctuellement le parc mais les effectifs concernés sont faibles. La situation des espèces migratrices nocturnes, dont les flux sont peu décelables de jour et les sensibilités à la collision sont nettement sous-estimées, est à prendre en compte, surtout pour celles dont les populations sont menacées ou quasiment menacées en Europe, afin d'anticiper d'éventuels impacts directs et cumulatifs.

Les flux migratoires sont globalement diffus au niveau du parc éolien.

L'observation des comportements en vol ne révèle pas de perturbation nette des trajectoires. Des adaptations de vol sont néanmoins envisageables pour plusieurs espèces puisqu'une majorité des oiseaux observés à proximité du parc l'a traversé en utilisant la hauteur de garde au sol des éoliennes.

6.3 COMPORTEMENT DES ESPECES HIVERNANTES

6.3.1 CORTEGES/EFFECTIFS/SENSIBILITES

48 espèces hivernantes ont été recensées sur le parc et ses abords proches (dans les 2 kilomètres autour du parc). Quelques stationnements de limicoles laridés et de passereaux ont été observés au sein des habitats terrestres (labours et prairies). Les effectifs comptabilisés sont modérés à forts en fonction des espèces. Ainsi, l'enjeu hivernal du parc éolien et ses abords est 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 le Pinson des arbres qui circule entre les haies et les labours du parc avec plusieurs milliers d'individus d'observés, l'Étourneau sansonnet qui va plutôt fréquenter les pâtures pour se nourrir, le Pipit farlouse qui hiverne dans les labours et prairies du site, les grives et notamment la mauvis que l'on retrouve dans les haies et les prairies, l'Alouette des champs, dont près d'une centaine d'individus hivernent entre les différents labours du site, etc. Toutes ces espèces sont caractérisées par des sensibilités faibles à la collision (classes 0 et 1). A l'échelle des populations européennes, aucune n'est menacée mis à part le Pipit farlouse assez bien représenté en hiver mais dont les comportements de vol durant cette période (vol bas lors de ces déplacements) le rende peu sensible à la présence d'éoliennes ;
- cinq rapaces, dont les effectifs locaux sont faibles pour le Busard Saint-Martin (1 observation), l'Épervier d'Europe (2 observations), le Faucon crécerelle (4 observations) et le Faucon pèlerin (1 observation), et modéré pour la Buse variable (22 observations). Ces espèces ont essentiellement été observé en déplacement et en chasse au sein du parc. Leur sensibilité à la collision par rapport à leurs populations est moyenne pour le Busard Saint-Martin et L'Épervier d'Europe et forte pour le Faucon crécerelle, le Faucon pèlerin et la Buse variable ;
- quatre limicoles, la Bécassine des marais, le Chevalier culblanc, le Vanneau huppé et le Pluvier doré ont été observés dans l'emprise du parc. Des groupes de quelques dizaines à centaines 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 observés chez ces deux espèces. A l'échelle européenne, leurs sensibilités à la collision est faible (0 ou 1) et les populations de Vanneau huppé sont menacées (vulnérable - BirdLife International, 2015) ;
- des Laridés, représentés par quatre espèces, le Goéland argenté, le Goéland brun, le Goéland cendré et la Mouette rieuse. Les effectifs pour le Goéland argenté et la Mouette rieuse sont modérés. Les laridés 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 observés ;
- des columbidés, représentés par quatre espèces, le Pigeon ramier, le Pigeon colombin, le Pigeon biset «féal» et la Tourterelle turque. Les effectifs pour le Pigeon ramier et le Pigeon colombin sont modérés. Ils sont essentiellement observés entre les labours où ils viennent se nourrir et les haies et boisements qui leurs servent de reposoirs.



Sensibilité et enjeux des oiseaux hivernants fréquentant le parc

Espèce	Sensibilité aux collisions avec les éoliennes*	Total hivernants	LRE**
Accenteur mouchet	0	4	LC
Alouette des champs	0	109	LC
Bécassine des marais	0	28	LC
Bergeronnette des ruisseaux	?	2	LC
Bergeronnette grise	0	8	LC
Bruant jaune	0	1	LC
Busard Saint-Martin	2	1	LC
Buse variable	3	22	LC
Chardonneret élégant	0	1	LC
Chevalier culblanc	?	2	LC
Choucas des tours	?	48	LC
Corneille noire	1	40	LC
Épervier d'Europe	2	2	LC
Étourneau sansonnet	0	2090	LC
Faucon crécerelle	3	4	LC
Faucon pèlerin	3	1	LC
Geai des chênes	0	10	LC
Goéland argenté	3	386	LC
Goéland brun	2	16	LC
Goéland cendré	1	2	LC
Grand Cormoran	1	1	LC
Grimpereau des jardins	0	1	LC
Grive draine	1	1	LC
Grive litorne	0	21	LC
Grive mauvis	0	113	LC
Grive musicienne	0	3	LC
Héron garde-bœufs	3	13	LC
Merle noir	0	19	LC
Mésange bleue	0	6	LC
Mésange charbonnière	0	3	LC
Mouette rieuse	2	484	LC
Pic épeiche	0	2	LC
Pie bavarde	0	6	LC
Pigeon biset	NA	21	LC
Pigeon colombe	1	165	LC
Pigeon ramier	1	321	LC
Pinson des arbres	0	2957	LC
Pinson du nord	?	75	LC
Pipit farlouse	0	248	LC
Pluvier doré	1	116	LC
Pouillot véloce	0	7	LC
Roitelet à triple bandeau	1	1	LC
Rougegorge familier	0	22	LC
Tarier pâtre	0	1	LC
Tourterelle turque	0	2	LC
Troglodyte mignon	0	15	LC
Vanneau huppé	1	991	VU
Verdier d'Europe	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, 2015) ;

** : 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 quotidiens concernent majoritairement les limicoles (Vanneau huppé et Pluvier doré) les laridés (Goéland argenté et Mouette rieuse notamment) et certains passereaux, il s'agit d'espèces avec des comportements de vol, lors de leurs déplacements, très prudent 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 SYNTHÈSE

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 les rapaces et de gagnage pour les laridés, les limicoles, les columbidés ainsi que pour différentes espèces de passereaux (Etourneaux, Pinsons, Grives, Alouettes, Pipit farlouse, etc). Les haies et boisements quant à eux sont utilisés comme reposoirs part de nombreux oiseaux (passereaux, rapaces, corvidés, columbidés, etc) et comme sites de nourrissage notamment par les passereaux forestiers. Les espèces les plus abondantes sont des passereaux, dont le Pinson des arbres et l'Etourneau sansonnet avec plusieurs milliers d'individus. Les autres espèces qui présentent des effectifs notables sont le Goéland argenté, la Mouette rieuse, le Vanneau huppé et le Pluvier doré avec quelques centaines d'individus s'alimentant au sein des cultures et/ou les traversant. Toutes ces espèces fréquentent les milieux ouverts potentiellement proches des éoliennes.

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 de 3 espèces (plus 1 cadavre découvert en novembre lors du suivi de la migration post-nuptial), répartis de la façon suivante :

Principaux résultats bruts issus du suivi mortalité 2022

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Nb passages	30	30	30	30	30	30	30	30
Nb cadavres d'oiseaux/éol		2	1					
Avril 2022 (4 passages)		2 Goélands argentés						
Mai 2022 (4 passages)								
Juin 2022 (5 passages)								
Juillet 2022 (4 passages)								
Août 2022 (5 passages)			1 Pigeon indéterminé					
Septembre 2022 (4 passages)								
Octobre 2022 (4 passages)								

Deux principaux résultats apparaissent :

- L'effectif réduit de cadavre ne permet pas de savoir qu'elles éoliennes sont plus accidentogènes que les autres, ce faible nombre de cadavre peut s'expliquer par un taux de persistance des cadavres très faible et une surface prospectée moyenne ;
- Au moins une espèce locale / nicheuse a été impactée : le Goéland argenté.

Les résultats du suivi de mortalité sont confrontés aux 82 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	Indice de Vulnérabilité ****
Goéland argenté (PN)	2	4	VU	Assez fort	3,5

* : 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) ;

*** : Indice de vulnérabilité : indice issu du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (MEDDE & FEE, 2015).

Le parc éolien de Plouvien a donc un impact sur les oiseaux. Une espèce sur les deux impactées est protégée en France et présente des enjeux de conservation (Goéland argenté).

La mortalité ornithologique annuelle est estimée à 14,8 oiseaux impactés/an, sur la base des chiffres bruts constatés entre début avril et fin octobre 2022.

Il convient ainsi d'analyser la situation du Goéland argenté, espèce locale/nicheuse impactée ayant un indice de vulnérabilité élevé.

6.4.1.2 Cas du Goéland argenté

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

- Espèce de sensibilité très forte (classe 4) à la collision ;
- Espèce ayant un enjeu de conservation régional assez fort mais en progression locale ;
- Espèce très abondante localement et fréquentant le parc à raison de plusieurs dizaines à centaines d'individus quotidiennement (cf. 6.1.3) ;
- Espèce douée de capacité d'adaptation de vol face aux éoliennes (cf. 6.1.3) ;
- Existence de deux cas de collision locale en période de reproduction.

La sensibilité de l'espèce est basée sur le nombre total de cas de collision recensé en Europe, soit 1 126 cas (Dürr, 2022). La répartition géographique des cas de collision est très hétérogène puisque près des $\frac{3}{4}$ des cas proviennent de la Belgique, où les parcs en cause ont été implantés à proximité immédiate de colonies de Laridés. Par conséquent, en dehors de ce contexte belge, l'espèce apparaît bien moins sensible.

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

Evaluation de l'impact réel sur les populations de Goéland argenté

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

Malgré l'échantillonnage de mortalité limité dans le temps et le taux de disparition local des cadavres élevé, ce niveau d'impact résiduel faible est estimé comme relativement stable sur les populations locales de l'espèce au cours du temps.



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 Goéland argenté, le Faucon crécerelle, la Corneille noire ou le Pigeon ramier. Certains oiseaux locaux ont été impactés au cours du suivi (Goéland argenté, Pigeon indéterminé). La mortalité constatée ne concerne ici que des individus locaux.

Les tableaux ci-dessous présentent le niveau d'impact avéré du parc de Plouvien 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 Erreur ! Source du renvoi introuvable.) et niveaux d'impacts associés

	LRE	LRN nich	LRN migr	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
					Sensibilité à l'impact (Dürr, 2022)	Portée de l'impact	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce
Goéland argenté <i>Larus argentatus</i>	LC	NT	NA	VU	Très forte (1126 cas en Europe, dont 7 en France)	Faible 2 cadavres (E2, 08/04/22) [Locaux]	Faible	Assez fort	Faible

Bien que le niveau d'impact constaté par la mortalité soit faible, le Goéland argenté est une espèce protégée 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 pour les oiseaux par période de l'année (2022)

Mortalité brute - 2022		Mortalité estimée avec GenEst - 2022	Niveau d'impact par mois
Avril	2 Goélands argentés	14,8 oiseaux [IC 80 % : 5,3 - 27,3]	Faible
Mai	-		Négligeable
Juin	-		Négligeable
Juillet	-		Négligeable
Août	1 Pigeon indéterminé		Négligeable
Septembre	-		Négligeable
Octobre	-		Négligeable

7.2 CHAUVES-SOURIS

4 cadavres de chauves-souris ont été retrouvés 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.

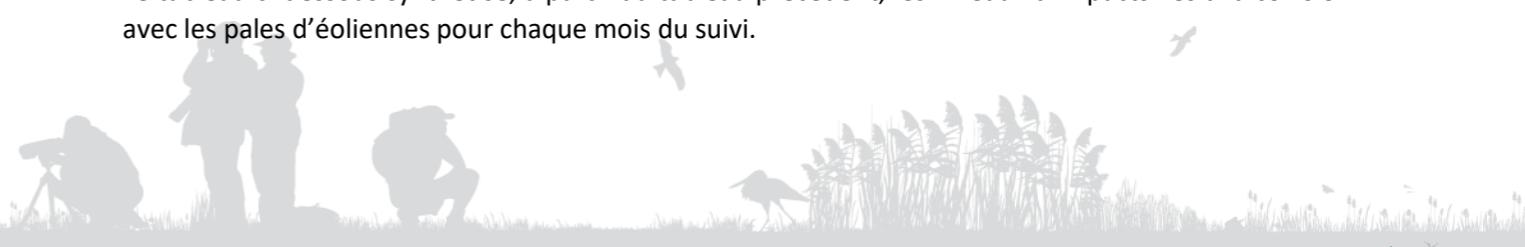
Statuts et enjeux des espèces de chauves-souris impactées en 2022 (méthode détaillée au chapitre Erreur ! Source du renvoi introuvable.) et niveaux d'impacts associés

	LRE	LRN	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
				Sensibilité à l'impact (maximum entre Dürr, 2021 et Eurobats, juin 18)	Portée de l'impact	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC	NT	LC	Forte (2569 en Europe, dont 1124 en France)	Forte 1 cadavre (E3, 13/09/22) + 2 cadavres de Pipistrelle indéterminées (02/08/2022 & 13/09/2022) [Locale] Valeur médiane de la mortalité estimée en période 2 (août / octobre) de 111 chauves-souris avec Genest (élévé malgré des biais) Activité détectée au niveau du sol moyenne à forte.	Forte	Faible	Moyen
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	LC	VU	NT	Moyenne (130 en Europe, dont 38 en France)	Faible 1 cadavre (E5, le 08/08/22) [Locale]	Faible	Moyen	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 ces espèces sont par ailleurs protégées à l'échelle nationale en vertu de l'arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. Cette protection concerne les individus ainsi que les sites de reproduction et de repos des espèces.

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



Évaluation du niveau d'impact pour les chauves-souris par période de l'année (2022)

	Mortalité brute - 2022	Mortalité estimée avec GenEst par périodes - 2022	Niveau d'impact par mois
Avril	-	Période suivie : 111,4 chiroptères : [IC 80 % 11,4 - 250,9]	Négligeable
Mai	-		Négligeable
Juin	-		Négligeable
Juillet	-		Négligeable
Août	1 Sérotine commune 1 pipistrelle indéterminée		Moyen
Septembre	1 Pipistrelle commune 1 pipistrelle indéterminée		Moyen
Octobre	-		Négligeable

Note importante : Toutes ces données recueillies sur une seule année ne permettent pas de prévoir les activités futures (variations interannuelles) mais seulement d'évaluer *a priori* les conditions du risque de collision/barotraumatisme.

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, surfaces prospectées, observation d'activité)	Niveau d'impact en 2014-2015
Octobre	Aucun cadavre	Négligeable
Novembre	Aucun cadavre	Négligeable
Décembre	Aucun cadavre	Négligeable
Janvier	1 plumé de mouette indéterminée (E3)	Négligeable
Février	Aucun cadavre	Négligeable
Mars	Aucun cadavre	Négligeable
Avril	1 Goéland brun (E2)	Négligeable
Mai	1 Buse variable (E6)	Négligeable
Juin	Aucun cadavre	Négligeable
Juillet	Aucun cadavre	Négligeable
Août	Aucun cadavre	Négligeable
Septembre	Aucun cadavre	Négligeable

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

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

Le parc de Plouvien, 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.

Deux cadavres et une plumée d'oiseaux ont été découverts durant le suivi de 2014-2015 et aucun cas de mortalité de chiroptère n'a été relevé durant cette 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, Deux cadavres et une plumée avait été découvert et il s'agissait d'oiseaux (un Goéland brun, une Buse variable et une mouette indéterminée), alors qu'aucun chiroptère n'avait été trouvé sur le parc. Les cadavres avaient été trouvé sous les éoliennes E2, E3 et E6. La répartition de la mortalité est différente sur le parc en 2022 (1 cadavre sous E1, E5 et E6 et 2 cadavres sous E2 et E3) et concerne également les chauves-souris. En effet, 3 cadavres d'oiseaux et 4 cadavres de chiroptères ont été détectés en 2022.

Les espèces concernées par la mortalité en 2014-2015 ont été recontactées sur le site en 2022 à de nombreuses reprises mais n'ont fait l'objet d'aucune observation de 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.

Aucun bridage n'a été mis en place à la suite du suivi réalisé en 2014-2015 sur le parc de Plouvien.

Le niveau d'impact pour les oiseaux reste négligeable sauf en avril. Concernant les chiroptères, le niveau d'impact passe de négligeable à faible d'août à septembre.

En conclusion, le niveau d'impact pour chacune des espèces dont la mortalité a été constatée en 2022 sur le parc de Plouvien 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 sauf au mois d'avril, et faible à négligeable pour les chiroptères.**

Le niveau d'impact pour les oiseaux est négligeable entre mai et octobre et faible en avril.

Pour les chauves-souris, il est négligeable entre avril et juillet puis en octobre et moyen entre août et septembre.

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 PAR UN BRIDAGE NOCTURNE DIFFERENCIE

8.1.1 PRINCIPE GENERAL

Le moyen technique le plus communément utilisé par les exploitants pour brider les éoliennes est **la mise en drapeau des pales** (« *blade feathering* ») : les pales peuvent pivoter sur leur axe de rotation pour ne plus avoir de prise au vent (90°) et ainsi s'arrêter en moins d'une minute en général. **Le bridage a pour objectif de réduire les risques de collision, tout en maintenant l'éolienne active, en augmentant le seuil de vent** (« *cut-in speed* ») **à partir duquel elle commence à produire**. L'unité élémentaire retenue est 0,5 m/s de vitesse moyenne sur 10 min, car cela suffit pour avoir un impact notable sur la production sur une période de plusieurs mois.

Dans le cas du parc de Plouvien, le suivi acoustique à hauteur de nacelle réalisé en 2022 n'a pas fonctionné. Aussi, **les préconisations de bridage détaillées ci-après sont ainsi ajustées en se basant sur les lignes directrices et la bibliographie**. Un suivi similaire réalisé en 2022 sur le parc éolien de Saint-Alban dans les Côtes d'Armor vient mettre en exergue l'activité potentiellement protégée par le bridage proposé.

8.1.2 ALGORITHME DE BRIDAGE NOCTURNE PRECONISE

La mortalité résiduelle constatée en 2022 est significative, avec un total de 4 chiroptères découverts appartenant à au moins deux espèces différentes. **Les niveaux d'impact sont négligeables d'avril à juillet puis en octobre mais moyen en août / septembre.**

Malgré plusieurs tentatives, le suivi de l'activité à hauteur de nacelle n'a pu être mené à bien sur le parc de Plouvien en 2022. Il n'est donc pas possible de protéger un pourcentage de l'activité chiroptérologique globale par un bridage selon le niveau de risque mensuel évalué. Les préconisations de bridage établies pour le présent suivi sont ajustées en se basant sur les lignes directrices et la bibliographie.

Le tableau ci-dessous détermine pour chaque mois les paramètres de bridage établis afin de réduire les risques de collision des chauves-souris à partir de 2023.

Préconisations de bridage pour réduire les risques de collision des chiroptères issues du suivi de 2022
(niveau d'impact : blanc : négligeable (= non significatif) ; gris = faible ; jaune = moyen)

Bridage nocturne (vent à hauteur de nacelle)	
Du 1 ^{er} janvier au 31 juillet	Aucun bridage
Août	Mise en drapeau à 6 m/s toute la nuit pour des températures supérieures à 10°C
Septembre	Mise en drapeau à 6 m/s toute la nuit pour des températures supérieures à 10°C
Du 1 ^{er} octobre au 31 décembre	Aucun bridage

Les paramètres de bridage préconisés cette année s'appliquent à l'ensemble des éoliennes du parc de Plouvien. **Un bridage préventif jusqu'à 6 m/s pour des températures supérieures à 10°C, tout au long de la nuit d'août à septembre est ainsi à mettre en place.** Pour comparaison, ces paramètres de bridage permettent de protéger plus de 95% de l'activité chiroptérologique (toutes espèces confondues) pendant la même période sur le parc éolien de Saint-Alban situé sur la côte dans les Côtes d'Armor.

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

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

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

8.2 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.

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.

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

De plus, compte tenu d'un taux de persistance faible des cadavres noté lors du suivi de 2022, il semble pertinent d'appliquer le même protocole en augmentant le nombre de passages à deux par semaine afin de limiter ce biais pour le suivi de mortalité de 2023 (1 passage tous les 3,5 jours).





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, MEEDDM, SER/FEE, LPO. 31 p.
- Albouy S., Clement D., Jonard A., Masse P., Pages J-M. & Neau P. 1997.** Suivi ornithologique du parc Éolien de Port-la Nouvelle : Rapport final. Abiès, Géokos consultants, LPO Aude, novembre 1997. 66 p.
- Albouy S., Dubois Y. & Picq H. 2001.** Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue Haute (AUDE). Abiès, LPO Aude, octobre 2001. 55 p.
- Alcada J.T. 2003.** Impacto de los parques eólicos sobre las poblaciones de murciélagos – Barbastela 2 : 3-6.
- Altringham J.D. 1996.** Bats: biology and behaviour. Oxford University Press, Inc., New York, 262 p.
- Archaux F. 2008.** Méthodes de suivi au détecteur des chiroptères en forêt - Complément Action Chiroptères menée en 2007 : Combien de visites et quelle durée d'écoute pour évaluer la diversité spécifique ? Nogent-sur-Vernisson: Unité de recherche Écosystème Forestiers.
- Arnett E. 2005.** Relationships between Bats and Wind Turbines in Pennsylvania and West Virginia : An Assessment of Fatality Search Protocols, Patterns of Fatality, and Behavioral Interactions with Wind Turbines. Final report prepared for the Bats and Wind Energy Cooperative. 187p.
- Arnett E., Johnson G.D., Erickson W.P. & Hein C.D. 2013.** A synthesis of operational mitigation studies to reduce bat fatalities at wind energy facilities in North America. A report submitted to the National Renewable Energy Laboratory. The National Renewable Energy Laboratory. Austin, Texas, USA : Bat Conservation International, 2013. 38 p.
- Arnett E., Baerwald E. F., Mathews F., Rodrigues L., Rodriguez-Duran A., Rydell J., Villegas-Patraca 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. & Cabral 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 Schlägopfern – 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 costal Norway (Bird-Wind). Report on findings 2007-2010. NINA Report 620.
- Birdlife International. 2015.** Detailed regional assessment and species account from the European Red List of Birds. [on line : <http://www.birdlife.org/datazone/species/>]
- BirdLife International. 2015.** European Red List of Birds. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities.
- BirdLife International. 2021.** European Red List of Birds. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Bispo R. & al. 2011.** A web based application to estimate wildlife fatality: from the bias correction factors to the corrected fatality estimates. In: NINA Report 693 Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2-5 May 2011, Trondheim, Norway, 2011. p. 13
- Borner L., Duriez O., Besnard A., Robert A., Carrere V. & Jiguet F. 2017.** Bird collision with power lines: estimating carcass persistence and detection associated with ground search surveys. Ecosphere 8(11): e01966. 10.1002/ecs2.1966
- Bouchard C. 2003.** Le développement de l'énergie éolienne représente-t-il une réelle menace pour l'avifaune ? ENSAT. WWF-France

- 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., Schofiels H., Mathews F. & Gaston K.J. 2015.** Part-night lighting : implications for bat conservation. *Animal Conservation*, 18 (6). 512-516.
- Delucas M., Janss G. & Ferrer M. 2004.** The effects of a wind farm on birds in a migration point : the Strait of Gibraltar. *Biodiversity and Conservation* 13: 395-407.
- Delucas M., Janss G., Whitfield D.P & Ferrer M. 2008.** Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance. *Journal of Applied Ecology* 45 (6) : 1695-1703.
- Demongin L. 2015.** Guide d'identification des oiseaux en main. Les 250 espèces les plus baguées en France. Beauregard-Vendon.
- Devereux C. L., Denny M. J. H. & Whittingham M. J. 2008.** Minimal effects of wind turbines on the distribution of wintering farmland birds. *Journal of Applied Ecology*, 45 : 1689-1694.
- Dietz C. & Von Helversen O. 2004.** Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe.
- Dietz C., Von Helversen O. & Nill D. 2009.** L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord. Delachaux & Niestlé, Paris, 400 p.
- Dodelin B. 2002.** Identification des chiroptères de France à partir de restes osseux. Fédération Française de Spéléologie. 48 p
- Dolmans M. 2012.** Coexistence Milan royal et parc éolien. Pour une compréhension ouverte d'un problème complexe. *Actes du séminaire citoyen Lucéole*, 14 janvier 2012, Tintigny. Édition Lucéole, 47 p.
- Dubois Ph.-J., Le Marechal P., Oliso G. & Yesou P. 2008.** Nouvel inventaire des oiseaux de France. Delachaux et Niestlé, Paris, 558 p.
- Dubourg-Savage M.-J. 2004.** Impacts des éoliennes sur les Chiroptères, de l'hypothèse à la réalité. *Arvicola*, 16 (2) : 44-48.
- Dulac P. 2008.** Évaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi. Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon – Nantes. 106 p.
- Dürr T. 2002.** Éoliennes et Chauves-souris. Nyctalus, n°8 2002, cahier 2, p 115-118.
- Dürr T. 2003.** Windenergieanlagen und Fledermausschutz in Brandenburg – Erfahrungen aus Brandenburg mit Einblick in die bundesweite Fundkartei von Windkraftopfern. In: *Fachtagung, Kommen Vögel und Fledermäuse unter die (Wind)räder ? Dresden*, 17-18 nov. 2003.
- Dürr T. 2005.** Actes du séminaire éoliennes, avifaune, chiroptères : quels enjeux ?
- Dürr T. 2021.** Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. NABU. Mise à jour du document : mai 2021.
- Dürr T. 2021.** Vogelverluste an Windenergieanlagen / bird fatalities at windturbines in Europe. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. NABU. Mise à jour du document : mai 2021.
- Ecosphère. 2013.** Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions. Rapport de stage de L. Jung et document interne actualisé.
- Ecosphère. 2021.** Liste des Mammifères de la région Centre-Val de Loire et statut de rareté. Document interne actualisé.
- Ecosphère. 2021.** Liste des Oiseaux nicheurs de la région Centre-Val de Loire et statut de rareté. Document interne actualisé.
- Edkins M. 2008.** Impacts of wind energy development on birds and bats: looking into the problem. FPL Energy, Juno Beach, Floride, 44 p.
- El Ghazi A. & Franchimont J. 2001.** Évaluation de l'impact du parc éolien d'Al Kouda Al Baida (Péninsule Tingitane, Maroc) sur l'avifaune migratrice post-nuptiale. Compagnie Éolienne du 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. *Natur. 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 Martys. Expertises écologiques de l'étude d'impact sur l'environnement. Les services de l'Etat 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 Wiesenweihe, Telemetrische Untersuchungen. Bio Consult SH. 24 p (ppt).
- Graner A., Lindberg N. & Bernhold A.** 2011. Migrating birds and the effect of an onshore wind farm. Poster in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.
- GRÜNKORN, T., A. DIEDERICHS, B. STAHL, D. DÖRTE & G. NEHLS.** 2005. Entwicklung einer Methode zur Abschätzung des Kollisions-risikos von Vögeln an Windenergieanlagen. Rapport inédit pour 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 mètres 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, Bergenhusern.
- 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 developmentat Buffalo Ridge, Minnesota. *Am. Midl. Nat.* 150, 332–342.
- Joiris E.** 2012. High altitude bat monitoring - preliminary results: Hainaut et Ardennes. CSD Ingénieurs. (Présentation Powerpoint)
- Jones G. & Van Parijs S.** 1993. Bimodal echolocation in Pipistrelle bats: are cryptic species present? *Proceedings of the Royal Society Lond. B.* 251, 119-125. doi: 10.1098/rspb.1993.0017
- Jones G., Cooper-Bohannon R., Barlow K. & Parsons K.** 2009. Scoping and method development report. Determining the potential ecological impact of wind turbine bat populations in Britain. University of Bristol and Bat Conservation Trust. 158 p.
- Kelm D. H., Lenski J., Kelm V., Toelch U. & Dziock 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., Lorilliere 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-Weishahn 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., Ettersson 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/MEEDDM/SER/FEE
- LEPERCQ V. 2018.** Le parc éolien des Hauts-de-France et ses impacts sur la faune volante : premier bilan des suivis de mortalité. Écosphère, 62 p.
- Limpens H., Boonman M., Korner-Nievergelt F., Jansen E., Vandervalk M., La Haye M., Dirksen S. & Vreugdenhil S. 2013.** Wind turbines and bats in the Netherlands – Measuring and predicting. Report 2013. 12, 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.** Biases of 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 Vesptilionines 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.
- Mezani S. 2012.** Programme de suivi temporel des oiseaux communs (STOC) : bilan de la décennie 2002-2011. EPOB, 31 p.
- Million, L., Julien, J.-F., Julliard, R., & Kerbiriou, C. 2015.** Bat activity in intensively farmed landscapes with wind turbines and offset measures. Ecological Engineering, 75, pp. 250-257.
- Millon L., Colin C., Brescia F. & Kerbiriou C. 2018.** Wind turbines impact bat activity, leading to high losses of habitat use in a biodiversity hotspot. Ecological Engineering 112 (2018) 51–54. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.12.024>
- Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer. 2016.** Guide relatif à l'élaboration des études d'impacts des projets de parcs éoliens terrestres. MEEDDM – DREAL – SER – MNHN – ONF – LPO – ADEME, Actualisation 2016, p. 188 - www.developpement-durable.gouv.fr
- Munoz A. R., Ferrer M., Delucas M. & Casado E. 2011.** Raptor mortality in wind farms of southern Spain: mitigation measures on a major migration bottleneck area. Powerpoint (40 p) in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.
- Nadó L., Chromá R. & Kaňuch-Brill P. 2017.** Structural, temporal and genetic properties of social groups in the short-lived migratory bat Nyctalus leisleri. Behaviour 154 (7-8). 785 – 807. doi: 10.1163/1568539X-00003444
- National Renewable Energy Laboratory. 2000.** Avian risk behaviour and fatalities at the Altamont Wind Resource Area. California Energy Commission.
- Newton I. & Little B. 2009.** Assessment of wind-farm and other bird casualties from carcasses found on a Northumbrian beach over an 11-year period. Bird Study 56, 158-167.
- Niermann I., Brinkmann R., Körner-Nievergelt F. & Behr O. 2011.** Systematische Schlagopfersuche-Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. In : BRINKMANN R., BEHR O., NIERMANN I. & REICH M. (Hrsg.): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Umwelt und Raum Bd. 4, 40-115, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- OLIOSO, G. 1991.** Le passage postnuptial du Gobemouche noir (*Ficedula hypoleuca*) à Grignan (Drôme) : stationnement et biométrie. Bièvre, 12 : 101-110.
- Osborn R., Dieter C.D., Higgins K.F. & Usgaard R.E. 1998.** Bird Flight Characteristics Near Wind Turbines in Minnesota. American Midland Naturalist, 139 (1) : 29-38.
- Paulus G. 2007.** Suivi indépendant du parc éolien de Port-Saint-Louis-du-Rhône (mortalité avifaune). Document non publié, 12 p.
- Pearce-Higgins J. W., Stephen L., Langston R. H. W. & Bright J. A. 2008.** Assessing the cumulative impacts of wind farms on peatland birds: a case study of golden plover (*Pluvialis apricaria*) in Scotland. Mires and Peat 4 : 1-3.
- Pearce-Higgins J. W., Stephen L., Langston R. H. W., Bainbridge I. P & Bullman R. 2009.** The distribution of breeding birds around upland windfarms. Journal of Applied Ecology, doi: 10.1111/j.1365-2664.2009.01715.x. 9 p.
- Pedersen M. N. & Poulsen E. 1991.** En 90m/2 MW vindmøelles invirkning på fuglelivet. Fugles reaktioner på opførelse og ideftsættelsen 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
- Perthuis A. 2002.** L'avifaune de la région Centre-Val de Loire : synopsis des connaissances. Recherches Naturalistes en Région Centre-Val de Loire, 11 : 17-30.
- Pratz. 2012.** Note relative à la réalisation et au financement des suivis réglementaires de mortalité des parcs éoliens de la région Centre-Val de Loire.
- Pravettoni R., UNEP/GRID-Arendal. 2015.** En ligne : http://www.grida.no/graphicslib/detail/nathusius-pipistrelle-distribution-and-migration_18cb
- Rasram L & al. 2009.** Effect of wind farms on population trend and breeding success of Red Kites and other birds of prey. Birds of prey and Wind farms : Analysis of problems and possible solutions. Documentation of an international workshop in Berlin 21-22 oct 2008. (H. 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 recherche de cadavres au sol – Contribution aux évaluations des incidences sur l'environnement. Présentation orale et Powerpoint, 16èmes Rencontres nationales "chauves-souris" de la SFEPM, Muséum de Bourges, 25 mars 2016, http://www.sensoflife.com/wp-content/uploads/2015/05/Bourges_2016_SOL.pdf
- Rodrigues L., Bach L., Dubourg-Sauvage M.J., Goodwin J. & Harbusch C. 2008.** Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Publication Series No 3. PNUE/EUROBATS. 29p.

Rodrigues L., Bach L., Dubourg-Savage M.-J., Karapandza B., Kovac D., Kervyn T., Dekker J., Kepel A., Bach P., Collins J., Harbusch C., Park K., 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. & Ruggs 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.

Winkelmann 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.

Winkelmann 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.

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

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



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

Date	Tâche	Intervenant TBM	Intervalle (j)
08/04/2022	Suivi mortalité	Yves Dubois	
14/04/2022	Suivi mortalité	Yves Dubois	5
21/04/2022	Suivi mortalité	Yves Dubois	7
28/04/2022	Suivi mortalité	Yves Dubois	7
05/05/2022	Suivi mortalité	Yves Dubois	7
12/05/2022	Suivi mortalité	Yves Dubois	7
18/05/2022	Suivi mortalité	Yves Dubois	6
25/05/2022	Suivi mortalité	Yves Dubois	7
01/06/2022	Suivi mortalité Tests efficacité	Yves Dubois & Valentin Guiho	7
07/06/2022	Suivi mortalité Test de persistance (dépôt)	Yves Dubois	6
08/06/2022	Test de persistance (J+1)	Yves Dubois	
10/06/2022	Test de persistance (J+3)	Yves Dubois	
14/06/2022	Suivi mortalité Test de persistance (J+7)	Yves Dubois	7
17/06/2022	Test de persistance (J+10)	Yves Dubois	
21/06/2022	Suivi mortalité Test de persistance (J+14)	Yves Dubois	7
28/06/2022	Suivi mortalité	Yves Dubois	7
05/07/2022	Suivi mortalité	Yves Dubois	7
12/07/2022	Suivi mortalité	Yves Dubois	7

Date	Tâche	Intervenant TBM	Intervalle (j)
19/07/2022	Suivi mortalité	Yves Dubois	7
26/07/2022	Suivi mortalité	Yves Dubois	7
02/08/2022	Suivi mortalité	Yves Dubois	7
09/08/2022	Suivi mortalité	Yves Dubois	7
17/08/2022	Suivi mortalité	Yves Dubois	8
23/08/2022	Suivi mortalité	Yves Dubois	6
30/08/2022	Suivi mortalité	Yves Dubois	7
06/09/2022	Suivi mortalité	Quentin Le Bayon	7
13/09/2022	Suivi mortalité Test de persistance (dépôt)	Quentin Le Bayon	7
14/09/2022	Test de persistance (J+1)	Quentin Le Bayon	
16/09/2022	Test de persistance (J+3)	Jean Courtin	
20/09/2022	Suivi mortalité Test de persistance (J+7)	Quentin Le Bayon	7
23/09/2022	Test de persistance (J+10)	Quentin Le Bayon	
27/09/2022	Suivi mortalité Test de persistance (J+14)	Quentin Le Bayon	7
05/10/2022	Suivi mortalité Test efficacité	Quentin Le Bayon & Valentin Guiho	8
11/10/2022	Suivi mortalité	Quentin Le Bayon	6
18/10/2022	Suivi mortalité	Quentin Le Bayon	7
25/10/2022	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 : **B** = Bonne ; **Moy** = Moyenne ; **Nulle**.

Période	Sous-période	Nbr de passages	E1			E2			E3			E4			E5			E6			E7			E8			% moyen de surface prospectée sur Plouvien :	
			Prospecté	Non prospecté	% prospecté																							
1 (avril à juillet)	Avril	4	711	7121	9%	6941	893	89%	839	6995	11%	5581	2251	71%	6317	1516	81%	552	7282	7%	1819	6015	23%	3919	3913	50%	43 %	
	Mai	4	711	7121	9%	6850	985	87%	839	6995	11%	7074	758	90%	7323	510	93%	7155	679	91%	1226	6608	16%	2484	5349	32%	54 %	
	Juin	5	1767	6065	23%	5708	2126	73%	2136	5698	27%	6474	1358	83%	4567	3266	58%	4514	3320	58%	1028	6806	13%	6790	1042	87%	53 %	
	Juillet	4	4672	3160	60%	1140	6694	15%	839	6995	11%	4076	3756	52%	388	7445	5%	7155	679	91%	4476	3358	57%	6790	1042	87%	47 %	
2 (août à octobre)	Août	5	5992	1840	76%	1140	6694	15%	7324	510	94%	4076	3756	52%	388	7445	5%	7155	679	91%	6248	1586	80%	6790	1042	87%	62 %	
	Septembre	4	5992	1840	76%	1140	6694	15%	7324	510	94%	4076	3756	52%	358	7475	5%	7155	679	91%	4500	3334	57%	6423	1409	82%	59 %	
	Octobre	4	5992	1840	76%	1140	6694	15%	7324	510	94%	7074	758	90%	358	7475	5%	7155	679	91%	4500	3334	57%	6423	1409	82%	64 %	
	Moyenne :				47%			44%			49%			70%			36%			74%			44%			73%	55 %	55 %



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

Groupe d'espèces	Nom français	Nom scientifique	Date ramassage	Commune	Dpt	Coord_X_L93	Coord_Y_L93	Distance mat	Num éolienne	Modèle	H mat	Dia pales	Nbre eol parc	Découvreur	Identificateur	Etat	Occupation du sol	Visibilité
Oiseaux	Goeland argente	<i>Larus argentatus</i>	08/04/2022	Plouvien	29	150509	6854557	40m	E2	Siemens SWT-1.3-62	68m	62m	8	Yves Dubois	Yves Dubois	Sec	Labours	Bonne
Oiseaux	Goeland argente	<i>Larus argentatus</i>	08/04/2022	Plouvien	29	150573	6854536	32m	E2	Siemens SWT-1.3-63	68m	62m	8	Valentin Guiho	Valentin Guiho	Sec	Labours	Bonne
Chiroptères	Pipistrelle indéterminée	<i>Pipistrellus sp.</i>	02/08/2022	Plouvien	29	152024	6853703	8m	E6	Siemens SWT-1.3-67	68m	62m	8	Yves Dubois	Yves Dubois	?	Plateforme	Bonne
Chiroptères	Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	08/08/2022	Plouvien	29	151374	6853730	29m	E5	Siemens SWT-1.3-70	68m	62m	8	Yves Dubois	Yves Dubois	Frais	Plateforme	Bonne
Oiseaux	Pigeon indéterminé	-	23/08/2022	Plouvien	29	150949	6854447	43m	E3	Siemens SWT-1.3-73	68m	62m	8	Yves Dubois	Yves Dubois	?	Labours	Bonne
Chiroptères	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	13/09/2022	Plouvien	29	150892	6854418	35m	E3	Siemens SWT-1.3-74	68m	62m	8	Quentin Le Bayon	Quentin Le Bayon	Frais	Labours	Bonne
Chiroptères	Pipistrelle indéterminée	<i>Pipistrellus sp.</i>	27/09/2022	Plouvien	29	150199	6854418	15m	E1	Siemens SWT-1.3-75	68m	62m	8	Quentin Le Bayon	Quentin Le Bayon	Sec	Labours	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.

 CENTRE D'ECOLOGIE
FONCTIONNELLE
& EVOLUTIVE

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :

Browse... Plouvien_cadavre_tot.csv
Upload complete

Nb lignes lues = 29

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

Browse... Plouvien_carcass_persistence.csv
Upload complete

Nombre de lignes lues = 85

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 =

147

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

125

Pourcentage de la surface prospectée =

0,55

CALCULER

Estimation des mortalités induites par les éoliennes

Données en entrée

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

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

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

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

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	55.67	14.09	121.36	26.80	95.59
Huso	65.36	16.88	188.38	29.53	131.90
Winkelmann	281.63	61.57	887.43	119.26	651.75
Jones	169.50	34.92	755.08	63.95	485.18



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

Présentation de quelques captures d'écran.

- Résultats obtenus par groupe impacté. Résultats présentés dans 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:
Group

Split Estimate Transpose Clear Split

Figures Summary

Show 25 entries Search:

Group	Season	X	10%	25%	50%	75%	90%
1	periode_1	0	0	0	0	0	0
2	periode_2	4	11.15	20.69	111.42	180.37	250.86
3	periode_1	2	2	5.5	10.18	15.31	20.88
4	periode_2	1	1	1	4.54	6.98	10.23

Showing 1 to 4 of 4 entries Previous 1 Next Download

- Résultats obtenus pour l'ensemble des cadavres sur l'ensemble du suivi. 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

Splitting Mortality:

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

Search Schedule (SS) Variable:

Carcass Observation (CO) Variable:
Group

Figures Summary

Show 25 entries Search:

Group	X	10%	25%	50%	75%	90%
1 bat	4	11.39	20.92	111.42	180.37	250.86
2 bird	3	5.3	9.75	14.8	21.01	27.25

Showing 1 to 2 of 2 entries Previous Next

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	Season
SEARCHER EFFICIENCY	<i>Model inputs</i>	
	Observations	Search1
	Predictor variables	Visibility
	Fixed k	0,75
	<i>Selection</i>	
	p model /p ~	Visibility
CARCASS PERSISTENCE	k model	0,75
	<i>Model inputs</i>	
	Last time present	LastPresent
	First time absent	FirstAbsent
	Predictor variables	
	Distributions	
	<i>Selection</i>	
	Distribution	lognormal
MORTALITY ESTIMATION	Location ~	constant
	Scale ~	constant
	<i>Model inputs</i>	
	Carcass ID	carID
	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



EDPR

Demande de dérogation à la législation sur les chiroptères et les oiseaux protégés pour la réalisation d'un suivi post-implantation d'un parc éolien dans le Finistère (29)

Parc éolien de Plouvien



Date : Février 2022



Demande de dérogation à la législation sur les chiroptères et les oiseaux protégés pour la réalisation d'un suivi post-implantation d'un parc éolien dans le Finistère (29) - Parc éolien de Plouvien

Objet (Offre / Rapport d'étude):	Demande de dérogation à la législation sur les chiroptères et les oiseaux protégés pour la réalisation d'un suivi post-implantation d'un parc éolien dans le Finistère (29) - Parc éolien de Plouvien	
Rédacteur : M. Roche	Validation : S. Chauvaud	
Titre : Chargé d'étude - Ecologue	Titre : Directeur	Indice :
		Date :
Date : 11 février 2022	Date : 11 février 2022	

2



Sommaire

1 PRESENTATION DU DEMANDEUR.....	4
2 CONTEXTE DE LA DEMANDE ET ESPECES CONCERNEES.....	5
3 PROTOCOLE D'ETUDE	9
3.1 Récolte des cadavres.....	9
3.1.1 Protocole de terrain.....	9
3.1.2 Calendrier du suivi	10
3.2 Transport des cadavres	10
3.3 Identification des cadavres découverts	10
4 DUREE DE LA DEMANDE ET PERSONNES CONCERNEES	12
5 ANNEXE - CV Intervenants.....	13

1 PRESENTATION DU DEMANDEUR

Créé en 2000, le bureau d'études **TBM environnement** est spécialisé dans la gestion des milieux terrestres, littoraux et marins, les inventaires cartographiques, les inventaires faunistiques et floristiques, les études réglementaires et le conseil en environnement dans les domaines concernés. Il propose principalement ses services aux collectivités territoriales, services de l'Etat, organismes publics et structures portuaires.

Les principales compétences de TBM environnement sont les suivantes :

- Inventaires des milieux et habitats, de la faune et de la flore (domaines terrestre, littoral et marin) ;
- Analyse des projets d'aménagement, conseils, expertises et force de propositions d'action et de solutions alternatives pour concilier aménagements et enjeux écologiques dans le respect de la réglementation en vigueur ;
- Évaluation des impacts des aménagements, des travaux ou des ouvrages (impacts des dragages, construction d'infrastructures, sentiers littoraux...) ;
- Conseils en environnement dans les domaines de l'aménagement du territoire, de l'amélioration de la qualité du milieu, assistance à maîtrise d'ouvrage ;
- Réalisation de dossiers réglementaires et accompagnement du maître d'ouvrage lors de l'instruction des dossiers (autorisation environnementale, études d'impact, évaluation des incidences Natura 2000, dossiers d'incidences « Loi sur l'Eau » ...).

Depuis le 1er avril 2019, **TBM environnement** a intégré le groupe **Écosphère** et à ce titre est devenu l'Agence Ouest.

Opérationnelle depuis 1990, Écosphère est une structure indépendante spécialiste de l'étude et de l'évaluation des milieux naturels, de leur gestion et restauration, des politiques et projets en matière de biodiversité. Elle dispose également de compétences dans l'élaboration et la gestion des Systèmes d'Information Géographiques (SIG) et des Systèmes de Gestion de Bases de Données (SGBD). Écosphère dispose d'agences réparties sur l'ensemble du territoire métropolitain.

Dans le cadre de ses activités, **TBM environnement** est amené à réaliser des inventaires pour l'élaboration d'études d'impact, de dossiers d'incidences Natura 2000, de plans de gestion, de suivis de mortalité...

2 CONTEXTE DE LA DEMANDE ET ESPECES CONCERNEES

La société EDPR a mandaté TBM environnement (Agence Ouest d'Écosphère) pour réaliser en 2022 un suivi post-installation du parc éolien de Plouvien, sur la commune de Plouvien dans le Finistère (29). Le parc est en exploitation depuis 2006 et compte 8 éoliennes (Siemens SW 1.3).

Compte tenu de la législation en vigueur relative aux espèces animales protégées (cf. articles L411-1 et L411-2 du Code de l'Environnement), il est demandé une dérogation à cette dernière afin de pouvoir si besoin, dans le cadre des suivis de mortalité sur les chiroptères et l'avifaune, prélever, transporter et détenir les cadavres non reconnaissables sur place pour les identifier en laboratoire selon le protocole décrit ci-après.

Cette demande est déposée :

- pour l'ensemble des chiroptères protégés au niveau national mentionnés dans l'arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection (Journal Officiel de la République Française, 10 mai 2007) hormis pour les espèces suivantes, absentes de la région Bretagne ou peu susceptibles d'être présentes ou identifiables sur le terrain :

- ✓ Grande noctule (*Nyctalus lasiopterus*) ;
- ✓ Molosse de Cestoni (*Tadarida teniotis*) ;
- ✓ Minioptère de Schreibers (*Miniopterus schreibersii*) ;
- ✓ Murin du Maghreb (*Myotis punicus*) ;
- ✓ Murin de Capaccini (*Myotis capaccinii*) ;
- ✓ Murin d'Escalera (*Myotis escalerai*) ;
- ✓ Murin des marais (*Myotis dasycneme*) ;
- ✓ Noctule commune (*Nyctalus noctula*) ;
- ✓ Oreillard alpin (*Plecotus macrobullaris*) ;
- ✓ Petit Murin (*Myotis blythii*) ;
- ✓ Rhinolophe euryale (*Rhinolophus euryale*) ;
- ✓ Rhinolophe de Méhely (*Rhinolophus mehelyi*) ;
- ✓ Vespère de Savi (*Hypsugo savii*).

- pour l'ensemble des 146 oiseaux protégés au niveau national listés ci-dessous, présents dans l'arrêté du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection (Journal Officiel de la République Français du 5 décembre 2009).

Sachant qu'il n'est pas possible de présumer à quelles espèces les cadavres appartiendront, nous prenons en compte une liste la plus exhaustive possible des espèces susceptibles de fréquenter ou de transiter par le site d'étude. Cette liste est obtenue à partir de la liste des espèces d'oiseaux protégés observés dans le département du Finistère d'après le site web de l'INPN. Certaines espèces à caractère exceptionnel pour le département ou ayant une écologie très différente du contexte environnemental local ont été retirées de cette liste (Accenteur alpin, Puffin des Anglais, Vautour moine, Bécasseau violet, etc.).

(Le tableau Excel Liste_EspècesAvifaune_Protégées_29.xlsx joint à cette demande reprend cette liste d'espèce)

Nom vernaculaire	Nom valide	CD_NOM
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i> (Linnaeus, 1758)	3978
Aigrette garzette	<i>Egretta garzetta</i> (Linnaeus, 1766)	2497
Alouette hausscol	<i>Eremophila alpestris</i> (Linnaeus, 1758)	3681
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i> (Linnaeus, 1758)	3670
Avocette élégante	<i>Recurvirostra avosetta</i> Linnaeus, 1758	3116
Bécasseau cocorli	<i>Calidris ferruginea</i> (Pontoppidan, 1763)	2901
Bécasseau minute	<i>Calidris minuta</i> (Leisler, 1812)	3206
Bécasseau sanderling	<i>Calidris alba</i> (Pallas, 1764)	3195
Bécasseau variable	<i>Calidris alpina</i> (Linnaeus, 1758)	2911
Bec-croisé des sapins	<i>Loxia curvirostra</i> Linnaeus, 1758	4603
Bergeronnette de Yarrell	<i>Motacilla yarrellii</i> Gould, 1837	961306
Bergeronnette des ruisseaux	<i>Motacilla cinerea</i> Tunstall, 1771	3755
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i> Linnaeus, 1758	3943
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i> Linnaeus, 1758	3941
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i> Linnaeus, 1758	3741
Bernache cravant	<i>Branta bernicla</i> (Linnaeus, 1758)	2757
Bondrée aipovre	<i>Pernis apivorus</i> (Linnaeus, 1758)	2832
Bouscarle de Cetti	<i>Cettia cetti</i> (Temminck, 1820)	4151
Bouvreuil pivoine	<i>Pyrrhula pyrrhula</i> (Linnaeus, 1758)	4619
Bruant des neiges	<i>Plectrophenax nivalis</i> (Linnaeus, 1758)	4649
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i> Linnaeus, 1758	4657
Bruant lapon	<i>Calcarius lapponicus</i> (Linnaeus, 1758)	4644
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i> Linnaeus, 1758	4686
Bruant zizi	<i>Emberiza cirlus</i> Linnaeus, 1766	4659
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i> (Linnaeus, 1758)	2887
Busard des roseaux	<i>Circus aeruginosus</i> (Linnaeus, 1758)	2878
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i> (Linnaeus, 1766)	2881
Buse variable	<i>Buteo buteo</i> (Linnaeus, 1758)	2623
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i> (Linnaeus, 1758)	4583
Chevalier culblanc	<i>Tringa ochropus</i> Linnaeus, 1758	2603
Chevalier guignette	<i>Actitis hypoleucos</i> (Linnaeus, 1758)	2616
Chevalier sylvain	<i>Tringa glareola</i> Linnaeus, 1758	2607
Choucas des tours	<i>Corvus monedula</i> Linnaeus, 1758	4494
Chouette chevêche, Chevêche d'Athéna	<i>Athene noctua</i> (Scopoli, 1769)	3511
Chouette effraie, Effraie des clochers	<i>Tyto alba</i> (Scopoli, 1769)	3482
Chouette hulotte	<i>Strix aluco</i> Linnaeus, 1758	3518
Cigogne blanche	<i>Ciconia ciconia</i> (Linnaeus, 1758)	2517
Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i> (Rafinesque, 1810)	4155
Coucou gris	<i>Cuculus canorus</i> Linnaeus, 1758	3465
Cygne chanteur	<i>Cygnus cygnus</i> (Linnaeus, 1758)	2715
Cygne tuberculé	<i>Cygnus olor</i> (Gmelin, 1789)	2706
Echasse blanche	<i>Himantopus himantopus</i> (Linnaeus, 1758)	3112
Engoulevent d'Europe	<i>Caprimulgus europaeus</i> Linnaeus, 1758	3540
Épervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i> (Linnaeus, 1758)	2895
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i> Linnaeus, 1758	2669
Faucon émerillon	<i>Falco columbarius</i> Linnaeus, 1758	2676
Faucon hobereau	<i>Falco subbuteo</i> Linnaeus, 1758	2679
Faucon pèlerin	<i>Falco peregrinus</i> Tunstall, 1771	2938
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i> (Linnaeus, 1758)	4257
Fauvette babillard	<i>Sylvia curruca</i> (Linnaeus, 1758)	4247

Demande de dérogation à la législation sur les chiroptères et les oiseaux protégés pour la réalisation d'un suivi post-implantation d'un parc éolien dans le Finistère (29) - Parc éolien de Plouvien

Nom vernaculaire	Nom valide	CD_NOM
Fauvette des jardins	<i>Sylvia borin</i> (Boddaert, 1783)	4254
Fauvette grise	<i>Sylvia communis</i> Latham, 1787	4252
Gobemouche gris	<i>Muscicapa striata</i> (Pallas, 1764)	4319
Gobemouche noir	<i>Ficedula hypoleuca</i> (Pallas, 1764)	4330
Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i> Pontoppidan, 1763	3302
Goéland brun	<i>Larus fuscus graelisi</i> Brehm, 1857	3300
Goéland brun	<i>Larus fuscus</i> Linnaeus, 1758	3297
Goéland leucophée	<i>Larus michahellis</i> Naumann, 1840	199374
Goéland marin	<i>Larus marinus</i> Linnaeus, 1758	3311
Gorgebleue à miroir	<i>Luscinia svecica</i> (Linnaeus, 1758)	4023
Grand corbeau	<i>Corvus corax</i> Linnaeus, 1758	4510
Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i> (Linnaeus, 1758)	2440
Grand Cormoran (Atlantique)	<i>Phalacrocorax carbo carbo</i> (Linnaeus, 1758)	2442
Grande Aigrette	<i>Ardea alba</i> Linnaeus, 1758	2504
Grèbe à cou noir	<i>Podiceps nigricollis</i> Brehm, 1831	974
Grèbe castagneux	<i>Tachybaptus ruficollis</i> (Pallas, 1764)	977
Grèbe huppé	<i>Podiceps cristatus</i> (Linnaeus, 1758)	965
Grimpereau des jardins	<i>Certhia brachydactyla</i> C.L. Brehm, 1820	3791
Grosbec casse-noyaux	<i>Coccothraustes coccothraustes</i> (Linnaeus, 1758)	4625
Guêpier d'Europe	<i>Merops apiaster</i> Linnaeus, 1758	3582
Harle bièvre	<i>Mergus merganser</i> Linnaeus, 1758	2818
Harle piette	<i>Mergellus albellus</i> (Linnaeus, 1758)	199312
Héron bihoreau, Bihoreau gris	<i>Nycticorax nycticorax</i> (Linnaeus, 1758)	2481
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i> Linnaeus, 1758	2506
Héron garde-boeufs, Pique boeufs	<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	2489
Héron pourpré	<i>Ardea purpurea</i> Linnaeus, 1766	2508
Hibou moyen-duc	<i>Asio otus</i> (Linnaeus, 1758)	3522
Hirondelle de fenêtre	<i>Delichon urbicum</i> (Linnaeus, 1758)	459478
Hirondelle de rivage	<i>Riparia riparia</i> (Linnaeus, 1758)	3688
Hirondelle rustique, Hirondelle de cheminée	<i>Hirundo rustica</i> Linnaeus, 1758	3696
Huppe fasciée	<i>Upupa epops</i> Linnaeus, 1758	3590
Hypolais polyglotte, Petit contrefaisant	<i>Hippolais polyglotta</i> (Vieillot, 1817)	4215
Linotte mélodieuse	<i>Linaria cannabina</i> (Linnaeus, 1758)	889047
Locustelle tachetée	<i>Locustella naevia</i> (Boddaert, 1783)	4167
Loriot d'Europe, Loriot jaune	<i>Oriolus oriolus</i> (Linnaeus, 1758)	3803
Marouette ponctuée	<i>Porzana porzana</i> (Linnaeus, 1766)	3039
Martinet noir	<i>Apus apus</i> (Linnaeus, 1758)	3551
Martin-pêcheur d'Europe	<i>Alcedo atthis</i> (Linnaeus, 1758)	3571
Merle à plastron	<i>Turdus torquatus</i> Linnaeus, 1758	4112
Mésange à longue queue, Orite à longue queue	<i>Aegithalos caudatus</i> (Linnaeus, 1758)	4342
Mésange bleue	<i>Cyanistes caeruleus</i> (Linnaeus, 1758)	534742
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i> Linnaeus, 1758	3764
Mésange huppée	<i>Lophophanes cristatus</i> (Linnaeus, 1758)	534750
Mésange noire	<i>Periparus ater</i> (Linnaeus, 1758)	534751
Mésange nonnette	<i>Poecile palustris</i> (Linnaeus, 1758)	534753
Milan noir	<i>Milvus migrans</i> (Boddaert, 1783)	2840
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	4525
Mouette mélancocéphale	<i>Ichthyaetus melanocephalus</i> (Temminck, 1820)	627745
Mouette pygmée	<i>Hydrocoloeus minutus</i> (Pallas, 1776)	534748
Mouette rieuse	<i>Chroicocephalus ridibundus</i> (Linnaeus, 1766)	530157
Oedicnème criard	<i>Burhinus oedicnemus</i> (Linnaeus, 1758)	3120
Panure à moustaches, Mésange à moustaches	<i>Panurus biarmicus</i> (Linnaeus, 1758)	4338
Petit Gravelot	<i>Charadrius dubius</i> Scopoli, 1786	3136

7

Demande de dérogation à la législation sur les chiroptères et les oiseaux protégés pour la réalisation d'un suivi post-implantation d'un parc éolien dans le Finistère (29) - Parc éolien de Plouvien

Nom vernaculaire	Nom valide	CD_NOM
Phragmite des joncs	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i> (Linnaeus, 1758)	4187
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i> (Linnaeus, 1758)	3611
Pic épeichette	<i>Dendrocopos minor</i> (Linnaeus, 1758)	3630
Pic mar	<i>Dendrocopos medius</i> (Linnaeus, 1758)	3619
Pic noir	<i>Dryocopus martius</i> (Linnaeus, 1758)	3608
Pic vert, Pivot	<i>Picus viridis</i> Linnaeus, 1758	3603
Pie-grièche écorcheur	<i>Lanius collurio</i> Linnaeus, 1758	3807
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i> Linnaeus, 1758	4564
Pinson du nord, Pinson des Ardennes	<i>Fringilla montifringilla</i> Linnaeus, 1758	4568
Pipit des arbres	<i>Anthus trivialis</i> (Linnaeus, 1758)	3723
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i> (Linnaeus, 1758)	3726
Pipit rousseline	<i>Anthus campestris</i> (Linnaeus, 1758)	3713
Pipit spioncelle	<i>Anthus spinolella</i> (Linnaeus, 1758)	3733
Pluvier guignard	<i>Eudromias morinellus</i> (Linnaeus, 1758)	3153
Pouillot de Bonelli	<i>Phylloscopus bonelli</i> (Vieillot, 1819)	4269
Pouillot de Sibérie	<i>Phylloscopus collybita tristis</i> Blyth, 1843	4288
Pouillot fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i> (Linnaeus, 1758)	4289
Pouillot siffleur	<i>Phylloscopus sibilatrix</i> (Bechstein, 1793)	4272
Pouillot vêloce	<i>Phylloscopus collybita</i> (Vieillot, 1817)	4280
Rémiz penduline, Mésange rémiz	<i>Remiz pendulinus</i> (Linnaeus, 1758)	3798
Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i> (Temminck, 1820)	459638
Roitelet huppé	<i>Regulus regulus</i> (Linnaeus, 1758)	4308
Rossignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i> C. L. Brehm, 1831	4013
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i> (Linnaeus, 1758)	4001
Rougequeue à front blanc	<i>Phoenicurus phoenicurus</i> (Linnaeus, 1758)	4040
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i> (S. G. Gmelin, 1774)	4035
Rousserolle effarvatte	<i>Acrocephalus scirpaceus</i> (Hermann, 1804)	4195
Serin cini	<i>Serinus serinus</i> (Linnaeus, 1766)	4571
Sittelle torchepot	<i>Sitta europaea</i> Linnaeus, 1758	3774
Spatule blanche	<i>Platalea leucorodia</i> Linnaeus, 1758	2530
Sterne caugek	<i>Thalasseus sandvicensis</i> (Latham, 1787)	3362
Sterne caugek	<i>Thalasseus sandvicensis sandvicensis</i> (Latham, 1787)	782499
Sterne naine	<i>Sternula albifrons</i> (Pallas, 1764)	3352
Sterne pierregarin	<i>Sterna hirundo</i> Linnaeus, 1758	3343
Tadorne de Belon	<i>Tadorna tadorna</i> (Linnaeus, 1758)	2767
Tarier pâtre	<i>Saxicola rubicola</i> (Linnaeus, 1766)	199425
Tarin des aulnes	<i>Spinus spinus</i> (Linnaeus, 1758)	889056
Tichodrome échelette	<i>Tichodroma muraria</i> (Linnaeus, 1766)	3780
Torcol fourmilier	<i>Jynx torquilla</i> Linnaeus, 1758	3595
Tournepierre à collier, Pluvier des Salines	<i>Arenaria interpres</i> (Linnaeus, 1758)	3239
Traquet motteux	<i>Oenanthe oenanthe</i> (Linnaeus, 1758)	4064
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i> (Linnaeus, 1758)	3967
Verdier d'Europe	<i>Chloris chloris</i> (Linnaeus, 1758)	4582

8



3 PROTOCOLE D'ETUDE

3.1 Récolte des cadavres

3.1.1 Protocole de terrain

Conformément aux recommandations formulées par Eurobats (Rodrigues *et al.* 2014) et le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (2018), les recherches de cadavres se font dans un rayon de 50 mètres autour des mâts des machines (longueur de pales inférieure ou égale à 50 m).

La mortalité générée par les éoliennes implique des collisions avec les pales (avec contusion, fractures...) ou, dans le cas des chauves-souris, un possible effet barotraumatique générant des hémorragies internes (Baerwald *et al.* 2008). Les victimes sont alors projetées au sol selon des distances d'éloignement aux mâts qui sont variables. Selon certains suivis, des cadavres ont été retrouvés jusqu'à 100 mètres des mâts. Néanmoins, ces distances ne concernent qu'une très faible proportion d'individus.

L'observateur réalise des cercles concentriques autour des mâts à raison d'un pas de 5 mètres de rayon chacun. Le long du transect (un des cercles concentriques), cet observateur recherche la présence de cadavres sur une largeur totale de 5 m, soit 2,5 m de part et d'autre de sa ligne de déplacement (surface de détection grise ci-contre). De la sorte, il réalise 10 cercles concentriques pour s'éloigner au maximum de 50 mètres des mâts. Ces itinéraires concentriques sont réalisés d'un pas lent et régulier à l'aide d'un système de cordes coulissantes autour du mat ou via une tablette.

Selon la bibliographie et nos retours d'expérience, un observateur unique a besoin d'environ une heure de recherche par éolienne et par séance. Dans la mesure du possible et afin d'optimiser le temps passé sur le terrain, nous essaierons de ne pas dépasser 45 min par éolienne, certains auteurs préconisant une durée de 30 min.

Après avoir identifié (sinon mesuré et photographié) les éventuels cadavres découverts, l'observateur veillera à noter leurs positions (coordonnées GPS, direction et distance par rapport au mât) et leurs états (degré de dégradation, type de blessure apparente...). Des mesures complémentaires pourront être relevées (âge, sexe, état sexuel, temps estimé de la mort...).

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 la chauve-souris, voire son prélèvement pour l'observation et les mesures de la dentition sous loupe binoculaire.

3.1.2 Calendrier du suivi

Le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres révisé en 2018 préconise 20 passages. Le présent suivi consiste à réaliser 24 passages entre les semaines 20 (mi-mai) et 43 (début novembre) pour l'année 2022, à raison d'un passage par semaine sur toute la période.

3.2 Transport des cadavres

En cas de récolte réalisée par TBM environnement, les cadavres seront transportés dans les véhicules de service vers les locaux à Auray (56) afin d'être conservés dans un congélateur jusqu'à identification.

Des précautions sanitaires seront prises lors de la manipulation et la conservation de cadavres : port de gants jetables, désinfection des mains, conservation dans des sachets hermétiques dans un congélateur dédié spécifiquement à cet usage et désinfection du matériel utilisé pour l'examen du cadavre. Après identification des espèces concernées, les cadavres d'oiseaux seront rejetés dans le milieu naturel par TBM environnement, sauf demande contraire. Les cadavres de chauves-souris seront transmis au Muséum national d'histoire naturelle de Paris (autorisation CACCHI 2021-2022) qui mène différentes études sur les espèces migratrices mais aussi les autres.

3.3 Identification des cadavres découverts

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

Pour les chiroptères, différents ouvrages peuvent 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) ;
- Les deux clés présentes dans le guide : Mammifères de Suisse : clés de détermination par MARCHESI *et al.* (2011) : la clé morphologique et la clé des crânes.

Les deux premières clés sont principalement utilisables pour des individus en bon (voire très bon) état. La troisième clé permet une identification à l'espèce à partir du crâne et tout particulièrement de la dentition.



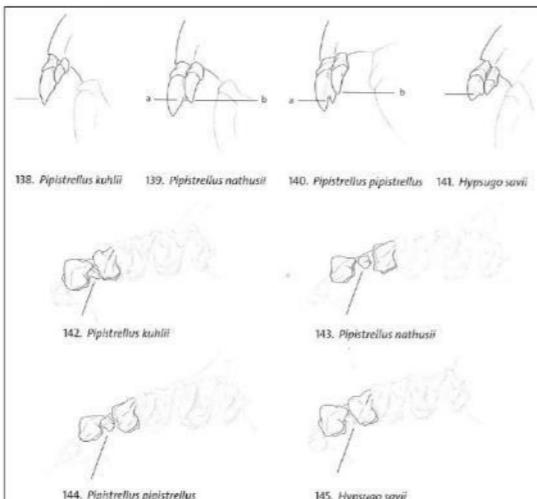


Figure 1 : Différenciation des pipistrelles à partir de quelques critères de dentition
(Source : Fauna Helvetica, 2011)

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 3ème molaire) et la distance entre la 1ère et la 3ème 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). En cas de doute, un document plus complet (MENU & POPELARD, 1987) sera consulté.

Pour les oiseaux, les ouvrages suivants seront consultés :

- Svensson I., Grant P., Mullarney K. & Zetterström D. 2010. Le guide ornitho. Delachaux & Niestlé, Paris, 2e édition, 447 p ;
- Demongin L. 2015. Guide d'identification des oiseaux en main. Les 250 espèces les plus baguées en France. Beauregard-Vendon. 310 p.

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.

4 DUREE DE LA DEMANDE ET PERSONNES CONCERNES

Selon 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 sauvage protégées, TBM environnement effectue la demande de récolte, de transport et de détention pour toute la durée de l'étude, soit de mai 2022 à novembre 2022 auprès des services de l'Etat pour l'ensemble des personnes citées ci-dessous pouvant intervenir sur le projet :

- ✓ **Valentin Guiho** : Technicien en écologie, depuis 2021 à TBM environnement, faunisticien multigroupe.
- ✓ **Michaël Roche** : chargé d'études en écologie, depuis 2010 à TBM environnement, faunisticien multigroupe (Master 2 Pro « Gestion et valorisation agro-environnementale »).
- ✓ **Yves David** : chargé d'études en écologie, depuis 2013 à TBM environnement, faunisticien multigroupe (Master 2 Pro « Sciences de l'environnement spécialité Expertise et gestion de la biodiversité »).
- ✓ **Yves Dubois** : chargé d'études en écologie, depuis 2019 à TBM environnement, faunisticien multigroupe (Master 2 Pro « Gestion et valorisation agro-environnementale »).

Les CV détaillés des intervenants sont présentés en Annexe du présent dossier.

Un appui scientifique pour l'identification des cadavres sera réalisé par **Sébastien ROUE**, chiroptérologue depuis 30 ans, responsable « chiroptères » au sein de la société Ecosphère (groupe dont fait partie TBM environnement depuis 2019) et membre du comité de pilotage du plan national d'actions chiroptères.

A la suite des inventaires, TBM environnement transmettra les résultats des suivis de mortalité à la DREAL Bretagne, à la DDTM du Finistère ainsi qu'au CSRPN. Les données seront également déposées sur la plateforme DEPOBIO.

Auray, le 11 février 2022

Sylvain Chauvaud
Directeur agence



TBM environnement
Siège social :
2 rue de Suède Bloc III Porte Océane - 56400 AURAY
Tel 02.97.56.27.76. - Fax 02.97.29.18.89.
contact@tbn-environnement.com
www.tbn-environnement.com

