



Parc éolien « Vieux Moulin – Sauvageons » (45) Suivi environnemental 2022

V2

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

20/04/2023

INFORMATIONS & CONTACTS ●●●

Parc éolien « Sauvageons » (45) Suivi environnemental 2022

Étude réalisée pour : EDP Renewables France SAS

🏠 25 quai Panhard et Levassor
75013 PARIS

👤 **Guillaume MARCHAIS**
Spécialiste environnement

📞 +33 6 02 18 16 18

@ guillaume.marchais@edp.com

Étude réalisée par : ÉCOSPHÈRE Agence Centre-Bourgogne

🏠 112 rue du Nécotin, 45000 ORLEANS

📞 02 38 42 12 90

Coordination

Manon ACQUEBERGE

Suivi de mortalité (terrain)

Manon ACQUEBERGE, Elise ANDRE, Iserette ANDRE, Fabien FERNANDEZ

Analyses faunistiques

Manon ACQUEBERGE, Iserette ANDRE, Virgile SCHÖN

SIG et cartographie

Ulysse BOURGEOIS

Contrôle qualité

Camille Pichard
Directrice adjointe de l'agence Centre-Bourgogne

CONTEXTE ●●●

L'alignement d'éoliennes de « Vieux Moulin » est situé sur la commune de Charmont-en-Beauce dans le département du Loiret (45). Il est constitué de 6 éoliennes réparties en deux entités juridiques : le parc de Saint-Jacques (4 éoliennes) et le parc de Sauvageons (2 éoliennes). Ces parcs sont implantés en milieu agricole dans un contexte de culture intensive. Ils ont été mis en service entre novembre et décembre 2009.

Afin de se conformer à la réglementation ICPE, la société EDP Renewables France a missionné Ecosphère pour réaliser les suivis post-implantation sur l'entité Sauvageons, selon le protocole national réglementaire et les engagements de l'étude d'impact initiale du projet.

Les deux entités de Vieux Moulin ont été suivies conjointement en 2022.

Mission d'Ecosphère :

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

- Réaliser un suivi acoustique en continu à hauteur de nacelle sur l'éolienne SJQ4 sur l'ensemble de la période d'activité des chauves-souris (de fin mars à début novembre, soit environ 7 mois consécutifs) ;
- Effectuer des recherches de cadavres au sol entre mi-mai et fin octobre 2022 (soit environ 5,5 mois consécutifs) sur l'ensemble des éoliennes ;
- Évaluer les impacts par collision ou barotraumatisme ;
- Proposer le cas échéant des mesures de réduction proportionnées.

Citation recommandée :

Ecosphère, 2023. Suivi environnemental du parc de Sauvageons (45) – année 2022, Ecosphère, Orléans, 62 p.

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

Référence interne étude : « Charmont-B Eol Sv ».

SOMMAIRE

| | |
|---|----|
| INFORMATIONS & CONTACTS | 2 |
| CONTEXTE | 2 |
| SOMMAIRE | 3 |
| RESUME | 4 |
| 1. CADRE TECHNIQUE ET REGLEMENTAIRE D'UN SUIVI ENVIRONNEMENTAL | 9 |
| 1.1 CADRE REGLEMENTAIRE | 9 |
| 1.2 DEFINITION DU PROTOCOLE NATIONAL | 9 |
| 1.3 APPLICATION DU PROTOCOLE NATIONAL A L'ECHELLE DES PARCS SUIVIS | 9 |
| 2. PRESENTATION DU PARC EOLIEN | 10 |
| 2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ECOLOGIQUE..... | 10 |
| 2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES..... | 10 |
| 2.3 SUIVI POST-IMPLANTATION EFFECTUE EN 2015 | 12 |
| 3. METHODES DE TRAVAIL | 14 |
| 3.1 SUIVI DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE | 14 |
| 3.2 SUIVI DE MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX | 15 |
| 3.3 METHODE D'EVALUATION DES ESPECES FREQUENTANT LE PARC..... | 22 |
| 3.4 METHODE DE DEFINITION DES IMPACTS ET DES MESURES DE REDUCTION ADAPTEES AU PARC | 24 |
| 4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE | 25 |
| 4.1 VALIDITE DU MATERIEL UTILISE | 25 |
| 4.2 DESCRIPTION DES ACTIVITES ENREGISTREES | 25 |
| 4.3 SYNTHESE ET EVALUATION DES ACTIVITES..... | 28 |
| 4.4 REPARTITION DE L'ACTIVITE SELON L'HEURE DE LA NUIT | 29 |
| 4.5 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LES VITESSES DE VENT..... | 30 |
| 4.6 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LA TEMPERATURE | 30 |
| 4.7 CONCLUSION SUR LE SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE..... | 30 |
| 5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE MORTALITE | 32 |
| 5.1 RESULTATS BRUTS DU SUIVI 2022 | 32 |
| 5.2 VARIABLES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE | 35 |
| 5.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE | 38 |
| 5.4 CONCLUSION SUR LE SUIVI DE MORTALITE | 42 |
| 6. EVALUATION DES IMPACTS PAR COLLISION ET BAROTRAUMATISME | 44 |
| 6.1 RAPPEL DES RESULTATS BRUTS DE MORTALITE DE 2015 ET 2022 | 44 |
| 6.2 EVALUATION DES IMPACTS PAR COLLISION ET BAROTRAUMATISME DU SUIVI DE 2021 ET CONCLUSION SUR L'EFFICACITE DU BRIDAGE EN PLACE | 46 |
| 6.3 CONCLUSION SUR LES IMPACTS DU PARC DE SAUVAGEONS EN 2022 | 48 |
| 7. MESURES DE REDUCTION DES RISQUES DE COLLISION | 49 |
| 7.1 PROTECTION DES CHAUVES-SOURIS FREQUENTANT LE PARC PAR UN BRIDAGE NOCTURNE DIFFERENCIE | 49 |
| 7.2 GESTION DES HABITATS AUTOUR DES EOLIENNES | 51 |
| 8. MESURES DE SUIVI | 52 |
| 9. BIBLIOGRAPHIE | 53 |
| ANNEXE 1 : DATES DE PROSPECTION DU SUIVI DE MORTALITE ET DES TESTS ASSOCIES | 57 |

| | |
|--|----|
| ANNEXE 2 : SURFACES PROSPECTEES PAR EOLIENNE AU COURS DU SUIVI | 58 |
| ANNEXE 3 : SYNTHESE DES CADAVRES DECOUVERTS LORS DU SUIVI DE MORTALITE | 59 |
| ANNEXE 4 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR D'EOLAPP | 60 |
| ANNEXE 5 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR DE GENEST | 61 |
| ANNEXE 6 : PARAMETRES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE AVEC 62 | |



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

❖ Présentation du parc éolien suivi

Le parc éolien de Sauvageons concerné par les présents suivis est localisé sur la commune de Charmont-en-Beauce au nord du département du Loiret (45) en région Centre-Val de Loire, à plus de 40 km au nord de l'agglomération orléanaise et à environ 7 km à l'est de Pithiviers. Il se situe sur un alignement total de 6 éoliennes d'est en ouest, composé de deux entités juridiques distinctes : le parc de Sauvageons avec 2 éoliennes (SVO1 et SVO2 côté ouest) et le parc de Saint-Jacques avec 4 éoliennes (SJQ3 à SJQ6 côté est). Le modèle d'éolienne utilisé sur ces parcs est de type ECO 100 de chez Alstom. La société SOCPÉ de SAUVAGEONS SARL exploite l'entité Sauvageons depuis décembre 2009.

Le contexte écopaysager du parc concerné est celui des **plaines de Beauce**, région agricole marquée par la présence de paysages de monocultures intensives (blé, maïs...). Au sein et aux alentours du parc éolien, le **paysage est ouvert**, du fait de son implantation en parcelle agricole. Des petits boisements sont présents au nord du parc.

Ce suivi environnemental est le deuxième, le premier ayant eu lieu au cours de l'année 2015.

❖ Méthodes de travail

Suivi à hauteur de nacelle

Un Batmode 2S+ de Bioacoustics technology GmbH™, équipé de son disque micro déporté de type GM90, a été installé **sur l'éolienne SJQ4 de l'entité Saint-Jacques** et a fonctionné du **30 mars au 9 novembre 2022**. Le micro a été opérationnel du début jusqu'à la fin du suivi. Lors de la désinstallation du matériel, la sensibilité du micro a été testée. Celle-ci était toujours optimale.

Mortalité

Le suivi ayant débuté en mai 2022, les préconisations du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) s'appliquent au parc de Sauvageons.

Les 6 éoliennes de l'alignement de Vieux Moulin, dont les **2 éoliennes du parc de Sauvageons**, ont été suivies au cours de l'année 2022. Toutes ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un protocole standardisé. Un **total de 24 passages a été réalisé entre le 17 mai et le 25 octobre 2022** (semaines 20 à 43), avec un **intervalle moyen entre les passages de 7 jours**.

Les pales mesurant 48,7 m, les prospections se sont effectuées dans un rayon de **50 m** autour des mâts des machines.

Deux tests de persistance ont été réalisés de façon standardisée aux deux périodes considérées avec un suivi de la persistance des 3 à 6 leurres répartis sous les 6 éoliennes à J+1, J+2, J+3, J+7, J+10 et J+14 (50 cadavres au total sur l'année). Les **deux tests d'efficacité** de l'observateur concerné ont consisté en la dépose de 87 leurres au total sur les différentes zones prospectables autour des 6 éoliennes.

Les résultats bruts sont corrigés grâce aux deux applications EolApp (permettant d'obtenir les formules d'Huso et Jones avec leur intervalle de confiance, conformément aux préconisations du protocole national de 2018) et **GenEst** (permettant d'obtenir des résultats plus fins et mieux adaptés aux conditions stationnelles, également sous la forme d'une médiane avec intervalle de confiance).

❖ Résultats du suivi acoustique à hauteur de nacelle

Pour SJQ4, durant ce suivi 2022, 2 298 contacts de chauves-souris ont été enregistrés par le Batmode 2S+. L'activité annuelle est considérée comme faible à moyenne toute l'année sauf de juillet à septembre où elle est considérée assez forte à très forte sur cette éolienne. Les espèces les plus contactées sont la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl. **Les mois d'août, juillet puis septembre sont les plus fréquentés** par l'ensemble des espèces de chiroptères. Au total 1 134 contacts de Noctule commune ont été enregistrés durant le suivi, dont 744 au mois d'août. La Pipistrelle de Nathusius est très peu représentée, avec seulement 8 contacts dans l'année.

Sur l'ensemble du suivi en nacelle de l'année 2022, l'activité mensuelle se distribue de manière hétérogène :

- Les mois de juillet et août sont les plus fréquentés de l'année sur le parc avec respectivement 23 % et 60 % de l'effectif annuel ;
- Le mois d'août possède la plus forte activité et la plus grande diversité chiroptérologique par rapport aux autres mois, avec cinq espèces : la Noctule commune et la Noctule de Leisler, qui sont les deux principales espèces représentant à elles seules 90 % de l'effectif annuel, puis en moindre quantité la Pipistrelle commune (5% de l'effectif annuel) et plus ponctuellement la Pipistrelle de Kuhl, et la Pipistrelle de Nathusius ;
- Les moyennes de contacts par nuit suivie ont des valeurs très fortes en août (44,1 contacts en moyenne), fortes en juillet (17 contacts en moyenne), assez fortes en septembre (5,4 contacts en moyenne) et moyennes en juin et octobre (3,3 et 3,5 contacts en moyenne).
- Les pics de fréquentation majeurs sont compris entre mi-juillet et mi-septembre avec 8 nuits dépassant les 100 contacts, dont 3 dépassent les 150 contacts.

Par ailleurs, l'activité est également hétérogène au cours des heures de la nuit :

- Environ 50 % de l'activité globale a été enregistrée jusqu'à 2 h après le coucher du soleil et les ¼ de l'activité jusqu'à 4 h après le coucher du soleil ;
- 15 contacts de noctules ont été enregistrés avant l'heure du coucher du soleil en septembre.

Enfin, les conditions météorologiques participent également à la distribution de l'activité

- Environ 95 % de l'activité a été enregistrée pour des vents moyens inférieurs à 8,5 m/s avec cependant une activité qui persiste jusqu'à des vents moyens de 14 m/s ;
- 97 % de l'activité a été enregistrée pour des températures supérieures à 17°C.

Pour rappel, les limites liées au matériel utilisé impliquent que les résultats obtenus ne représentent qu'un échantillon pour un volume d'espace aérien donné d'une activité réelle quelle qu'elle soit sur une année. Aussi, la variabilité interannuelle de différents facteurs indépendants, tel que la météorologie, peut avoir une incidence par exemple sur l'activité ou les pics d'activité.

❖ Résultats du suivi de la mortalité

Résultats bruts

Sur le parc de Sauvageons, 3 cadavres ont été découverts :

- 3 oiseaux appartenant à 2 espèces : 2 Buses variables [1 individu local, 1 migratrice probable hors rayon de prospection] et 1 Faucon crécerelle [migrateur probable] ;
- Aucun chiroptère.

Les cadavres découverts sont **distribués de manière globalement homogène entre les 2 éoliennes du parc de Sauvageons**, somme toute relative compte tenu du faible nombre de cadavres découverts. L'éolienne SVO2 dénombre le plus de cas de mortalité (2 individus), tandis que l'éolienne SVO1 comprend un seul individu impacté. Aucune chauve-souris n'a été découverte sur le parc de Sauvageons.

Sur l'ensemble de l'alignement des 6 éoliennes, et sur la période liée aux mouvements pré-nuptiaux des chauves-souris, à la nidification des oiseaux et au début de la parturition des chauves-souris, la mortalité concerne uniquement 1 oiseau : une Buse variable probablement locale. En période de dispersion des juvéniles et de mouvements post-nuptiaux précoces, la mortalité concerne 3 oiseaux : une seconde Buse variable locale et deux Martinets noirs migrateurs. **En fin d'été et en automne**, période d'envol des jeunes et de migration post-nuptiale, **la mortalité est la plus importante** et concerne 5 oiseaux et 7 chauves-souris. La répartition des cadavres dans le temps au cours de cette période est régulière, notamment chez les chiroptères.

Persistance des cadavres

Dans le cadre de ce suivi et au regard de l'intervalle réalisé entre les passages (7 j aux deux périodes), les valeurs moyennes de persistance des cadavres « non naturels » sont :

- **Temps moyen de persistance (Tm) : 3,3 j** (période 1) et **6,5 j** (période 2) (*alignement des 6 éoliennes*) ;
- **Taux de persistance (p) à j+7 : 11 %** (période 1) et **35 %** (période 2) (*alignement des 6 éoliennes*) ;
- **Probabilité de persistance (r) à j+7 :**
 - *Alignement des 6 éoliennes* : **0,37** [IC 80 % : 0,28 - 0,46] (période 1) et **0,62** [IC 80 % : 0,54 - 0,70] (période 2) ;
 - *SVO1 et SVO2* : **0,52** [IC 80 % : 0,34 - 0,68] (période 1) et **0,61** [IC 80 % : 0,47 - 0,73] (période 2).

Sur l'alignement des 6 éoliennes comme sur le parc de Sauvageons, **la persistance est faible durant la première période de suivi et augmente légèrement en seconde période de suivi, où elle est globalement assez bonne**, dans l'hypothèse d'une corrélation parfaite entre cadavres déposés et cadavres provoqués par les collisions.

La durée élevée de l'intervalle entre deux passages tout au long du suivi (7 j) ne permet pas de couvrir le temps moyen de persistance, que ce dernier soit très faible en période 1 ou plus important mais néanmoins inférieur à l'intervalle en période 2. **Un biais est donc à prévoir lors des estimations de mortalité réelle.**

DéTECTABILITÉ (EFFICACITÉ DE L'OBSERVATEUR)

Le taux d'efficacité (ou de détection) est plus élevé en période 1 qu'en période 2 :

- **86 %** [IC 80 % : 79 - 91 %] en période 1, soit un très bon taux ;
- **67 %** [IC 80 % : 56 - 76 %] en période 2, soit un taux assez bon.

La différence de taux d'efficacité entre les deux périodes est significative, avec une baisse constatée en période 2, ce qui implique un **biais qui sera pris en compte dans les estimations.**

Surface prospectée

La surface de prospection sur le parc de Sauvageons est globalement mauvaise (38 %), notamment au cours de la première période (29 %). Cette surface est plus élevée en deuxième période mais reste assez faible (45 %). Elle est **très hétérogène entre les éoliennes aux deux périodes, inférieure à 20 % pour SVO2 et supérieure ou égale à 40 % pour SVO1 avec un maximum à 79 % en période 2.** Cette différence importante s'explique par le type de culture en place : les betteraves entourant SVO2 n'ont pas permis les prospections sur une grande partie du suivi, contrairement à SVO1 entourée de cultures céréalières (blé, orge).

Le biais induit par la faible probabilité de découverte des cadavres autour des machines est très important pour l'éolienne SVO2 et faible pour l'éolienne SVO1 aux deux périodes du suivi. A l'exception de SVO2, l'éolienne SVO1 a une surface moyenne prospectée supérieure à 40 % sur l'ensemble du suivi, limite définie pour avoir des estimations statistiques particulièrement robustes (Behr et al., 2011). L'éolienne SVO1 a des niveaux de prospection très faibles, inférieurs à 40 % sur les deux périodes de l'année.

La surface de prospection représente donc un biais localisé à une éolienne sur les deux périodes, influant fortement la moyenne sur l'ensemble du suivi. Ce biais sera pris en compte pour l'interprétation des résultats.

Estimations de la mortalité

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

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

La mortalité estimée pour l'alignement des 6 éoliennes et sur l'ensemble du suivi est donc de **82 cadavres [IC 80 % : 46 - 127]**, répartis comme suit :

- 15 chauves-souris [IC 80 % : 10 - 23], néanmoins une analyse de ces estimations montre que la réalité semble plus proche de la tranche haute de l'intervalle en raison de plusieurs biais (surfaces de prospection insuffisantes notamment). On considérera donc plutôt une mortalité comprise entre 15 et 23 chauves-souris sur l'alignement, soit de l'ordre de 3 à 4 individus par éolienne ;
- 66 oiseaux [IC 80 % : 30 - 110], avec une tendance nette à la surestimation des résultats en période 1 en raison de plusieurs biais (surfaces de prospection insuffisantes et surestimation des gros cadavres notamment), impliquant plutôt une mortalité comprise entre 30 et 66 oiseaux sur l'alignement, soit de l'ordre de 5 à 11 individus par éolienne.

La mortalité estimée pour les 2 éoliennes de Sauvageons et sur l'ensemble du suivi est d'environ **26 cadavres [IC 80 % : 2 - 69]**, correspondant au taxon des oiseaux (aucun cadavre de chauve-souris n'ayant été découvert sur le parc de Sauvageons).

Les tendances observées sur le parc de Sauvageons sont inversées par rapport à l'alignement complet. Les résultats sont vraisemblablement sous-estimés en période 1, impliquant plutôt une mortalité comprise entre 5 et 15 oiseaux sur l'alignement, soit de l'ordre de 3 à 8 individus par éolienne. Les résultats sont plutôt surestimés en période 2, impliquant plutôt une mortalité comprise entre 1 et 20 oiseaux sur l'alignement, soit de l'ordre de 1 à 6 individus par éolienne

Au regard de la mortalité brute, la période de plus forte mortalité est la période postnuptiale (août-octobre), avec notamment un plus grand nombre de cadavres de chauves-souris. Les estimations de la mortalité réelle entre les deux périodes sur l'alignement complet et le parc de Sauvageons ne peuvent être retenues ici, n'étant pas représentatives des observations de terrain en raison de nombreux biais.

❖ Evaluation des impacts par collision

En conclusion, un niveau d'impact **pour chacune des espèces impactées constaté par le suivi de la mortalité de 2022** sur les parcs de Saint-Jacques et de Sauvageons a été défini à partir du croisement entre l'intensité de l'impact et l'enjeu de conservation des espèces.

Le niveau d'impact et le risque de collision associé pour chaque espèce sont :

- pour les oiseaux : **faible pour la Buse variable** et négligeable pour les autres espèces ;
- pour les chiroptères : **assez fort pour la Noctule commune**, et **moyen pour la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius**.

Le niveau d'impact et le risque de collision associé pour chaque période sont :

- **fort** pour le mois d'août ;
- **assez fort** pour les mois de juillet et septembre ;
- **moyen** pour le mois d'octobre ;
- **faible** pour le mois de mai ;
- **négligeable** pour les autres mois ayant fait l'objet d'un suivi.

❖ Mesures de réduction des risques de collision et de suivi

Bridage nocturne

Dans un premier temps, aucun bridage n'est appliqué entre janvier et juin et entre novembre et décembre. **Les niveaux d'impacts de ces mois sont considérés comme négligeables** car l'activité des chiroptères est faible voire inexistante et il n'y a aucun cas de mortalité brute de chauve-souris.

Au mois de juillet, le niveau d'impact est assez fort. Un arrêt des éoliennes doit permettre de protéger au moins 80 % des contacts de chiroptères. L'arrêt couvre l'entièreté de la nuit, pour des températures supérieures à 17°C et pour des vitesses de vent inférieures à 8 m/s. Ces paramètres permettent de **protéger 78 % des contacts de chiroptères (70 % des Noctules communes).**

Le mois d'août recense la plus forte activité et mortalité brute de noctules du suivi de 2022. Le niveau d'impact est donc fort. Un arrêt des éoliennes doit permettre de protéger au moins 90 % des contacts de chiroptères. L'arrêt concerne toute la nuit, pour des températures supérieures à 17°C pour des vitesses de vent inférieures à 7,5 m/s. Ainsi, **91 % des contacts de chiroptères sont protégés (96 % des Noctules communes).**

Le mois de septembre est le second mois avec la plus forte mortalité brute de noctules. L'activité à hauteur de nacelle est moins importante que le mois précédent mais reste suffisamment importante pour considérer **le niveau d'impact de septembre comme assez fort**, et donc un taux de protection d'au moins 80 % des contacts. Un arrêt des éoliennes est programmé toute la nuit, ainsi que la première demi-heure avant le coucher du soleil, combiné à des températures supérieures à 17°C et pour des vitesses vent inférieures à 7,5 m/s. Grâce à ces paramètres, **89% des contacts de chauves-souris sont protégés pour le mois de septembre (92 % des Noctules communes).**

Enfin, **le mois d'octobre présente un niveau d'impact considéré comme moyen, avec une activité de fond de quelques Noctules communes et Pipistrelles de Nathusius, et surtout une mortalité constatée de 2 individus de Pipistrelles de Nathusius.** Le bridage défini doit permettre un taux de protection minimal de 70 %. Ainsi, le bridage des éoliennes couvrira l'ensemble de la nuit, pour des températures supérieures à 13°C et pour des vitesses de vent inférieurs à 6,5 m/s. Ainsi, **80 % des contacts de chiroptères sont protégés.**

| Propositions de bridage pour l'ensemble de l'alignement | |
|---|--|
| Janvier à juin | Aucun bridage |
| Juillet | <p>Toute la nuit Température supérieure à 17°C Vitesse inférieure à 8 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour S/Q4 en 2022 : 78 % des contacts toutes espèces confondues (412/527 contacts protégés) 70 % de contacts de Noctule commune (232/331 contacts protégés)</p> |
| Août | <p>Toute la nuit Température supérieure à 17°C Vitesse inférieure à 7,5 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour S/Q4 en 2022 : 91 % des contacts toutes espèces confondues (1248/1365 contacts protégés) 96 % de contacts de Noctule commune (706/737 contacts protégés)</p> |
| Septembre | <p>Toute la nuit + 30 min avant le coucher du soleil Température supérieure à 17°C Vitesse inférieure à 7,5 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour S/Q4 en 2022 : 89 % des contacts toutes espèces confondues (145/163 contacts protégés) 92 % de contacts de Noctule commune (58/63 contacts protégés)</p> |
| Octobre | <p>Toute la nuit Température supérieure à 13°C Vitesse inférieure à 6,5 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour S/Q4 en 2022 : 80 % des contacts toutes espèces confondues (87/109 contacts protégés) Taux de protection de Noctule commune inconnu</p> |
| Novembre à décembre | Aucun bridage |

*Les éléments grisés sont indiqués à titre informatif mais ne sont pas retenus pour l'algorithme de bridage à appliquer pour l'année 2023.



Gestion des habitats autour des éoliennes

Localement, les bandes de friches herbacées situées entre la plateforme des éoliennes et les parcelles agricoles constituent des habitats privilégiés par les chauves-souris et les oiseaux 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...) auront la possibilité de se développer et donc d'attirer leurs prédateurs que sont les chiroptères.

Il s'agira de procéder à un entretien régulier des végétations herbacées des plateformes et leurs abords, de telle sorte qu'elles soient rendues défavorables pour les proies des chauves-souris et des oiseaux et peu propices à l'alimentation. Ainsi, nous préconisons *a minima* une opération de coupe à ras de terre et de broyage si besoin la 1^{re} quinzaine de juillet, faisant suite à la période de reproduction ; le risque de destruction de nichée est ainsi très faible et la fructification des végétaux est devancée.

Il faut noter que le contexte de cultures rend difficile si ce n'est impossible la suppression du risque sur les oiseaux, et tout particulièrement sur les rapaces communs de ces milieux.

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 toutes découvertes sur le parc de Saint-Jacques, et étant donné le fait que ce dernier soit en continuité directe avec le parc de Sauvageons et dans le même contexte écologique, **nous estimons qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives préconisées en fin de suivi par un autre suivi de mortalité entre juillet et octobre 2023, couplé à un suivi chiroptérologique à hauteur de nacelle, afin d'ajuster au mieux les paramètres du bridage.**

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



1. CADRE TECHNIQUE ET REGLEMENTAIRE D'UN SUIVI ENVIRONNEMENTAL

1.1 CADRE REGLEMENTAIRE

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

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

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

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

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

1.2 DEFINITION DU PROTOCOLE NATIONAL

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.3 APPLICATION DU PROTOCOLE NATIONAL A L'ECHELLE DES PARCS SUIVIS

La méthodologie des suivis mise en place dans le cadre du suivi environnemental du parc éolien de Sauvageons (débuté en mai 2022) prend en compte les spécificités du protocole ministériel actuellement en vigueur depuis avril 2018.

Il s'agit du deuxième suivi mis en place depuis sa mise en service en décembre 2009, le premier ayant eu lieu au cours de l'année 2015.

¹ Décision du 5 avril 2018, NOR : TREP1807992S

2. PRESENTATION DU PARC EOLIEN

2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ECOLOGIQUE

Voir la carte « Présentation du parc éolien et des suivis » en fin de chapitre.

Le parc éolien de Sauvageons concerné par les présents suivis est localisé sur la commune de Charmont-en-Beauce au nord du département du Loiret (45) en région Centre-Val de Loire, à plus de 40 km au nord de l'agglomération orléanaise et à environ 7 km à l'est de Pithiviers. Il se situe sur un alignement total de 6 éoliennes d'est en ouest, composé de deux entités juridiques distinctes : le parc de Sauvageons avec 2 éoliennes (SVO1 et SVO2 côté ouest) et le parc de Saint-Jacques avec 4 éoliennes (SJQ3 à SJQ6 côté est).

Le contexte écopaysager du parc concerné est celui des **plaines de Beauce**, région agricole marquée par la présence de paysages de monocultures intensives (blé, maïs...). Au sein et aux alentours du parc éolien, le **paysage est ouvert**, du fait de son implantation en parcelle agricole. Des petits boisements sont présents au nord du parc.



Vue d'ensemble du parc éolien de Vieux Moulin, depuis le pied de l'éolienne SVO1 (M. Acqueberge, Ecosphère)

2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES

Le parc éolien de Sauvageons est composé de 2 éoliennes, exploitées depuis décembre 2009 par la société SOCPÉ de SAUVAGEONS, SARL. Ces éoliennes ont les caractéristiques suivantes :

Caractéristiques de l'alignement d'éoliennes de Vieux Moulin

| Parc éolien | Sauvageons | Saint-Jacques |
|-------------------------|--|---|
| Date de mise en service | 02/12/2009 | 07/11/2009 |
| Modèle | Alstom ECO 100 | Alstom ECO 100 |
| Nombre d'éoliennes | 2 éoliennes (SVO1 et SVO2) | 4 éoliennes (SJQ3, SJQ4, SJQ5 et SJQ6) |
| Exploitant | SOCPE De SAUVAGEONS, SARL | EDP Renewables France SAS |
| Puissance cumulée | 6 MW | 12 MW |
| Localisation | Lieu-dit "Les fosses blanches" 45480 Charmont-en-Beauce | Lieu-dit "Vieux Moulin" 45480 Charmont-en-Beauce |

Caractéristiques des éoliennes en service

| Modèle | ALSTOM ECOTÉCNIA 100 |
|--|------------------------------------|
| Hauteur du moyeu | 90 m |
| Diamètre du rotor | 100 m (48,7 m de longueur de pale) |
| Garde au sol | 40 m |
| Zone de balayage du rotor | 7 854 m ² |
| Puissance nominale | 3,0 MW |
| Vitesse de connexion (cut-in wind speed) | 3 m/s |
| Vitesse d'arrêt (10 min en moyenne) | 25 m/s |
| Vitesse d'arrêt instantanée (3 s) | 40 m/s |



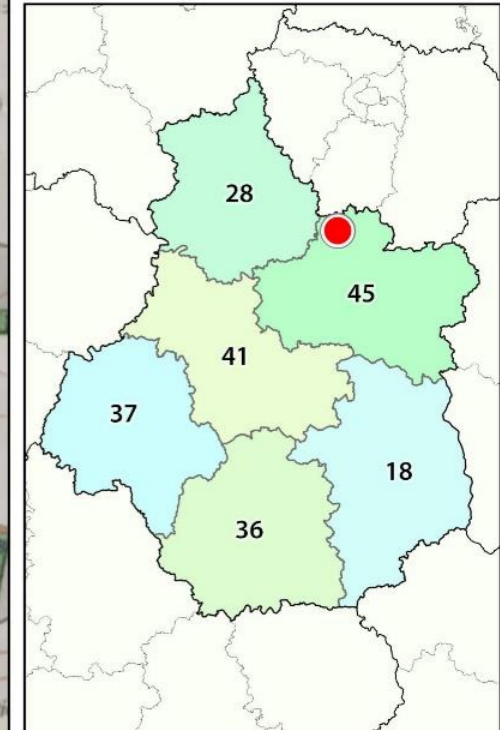
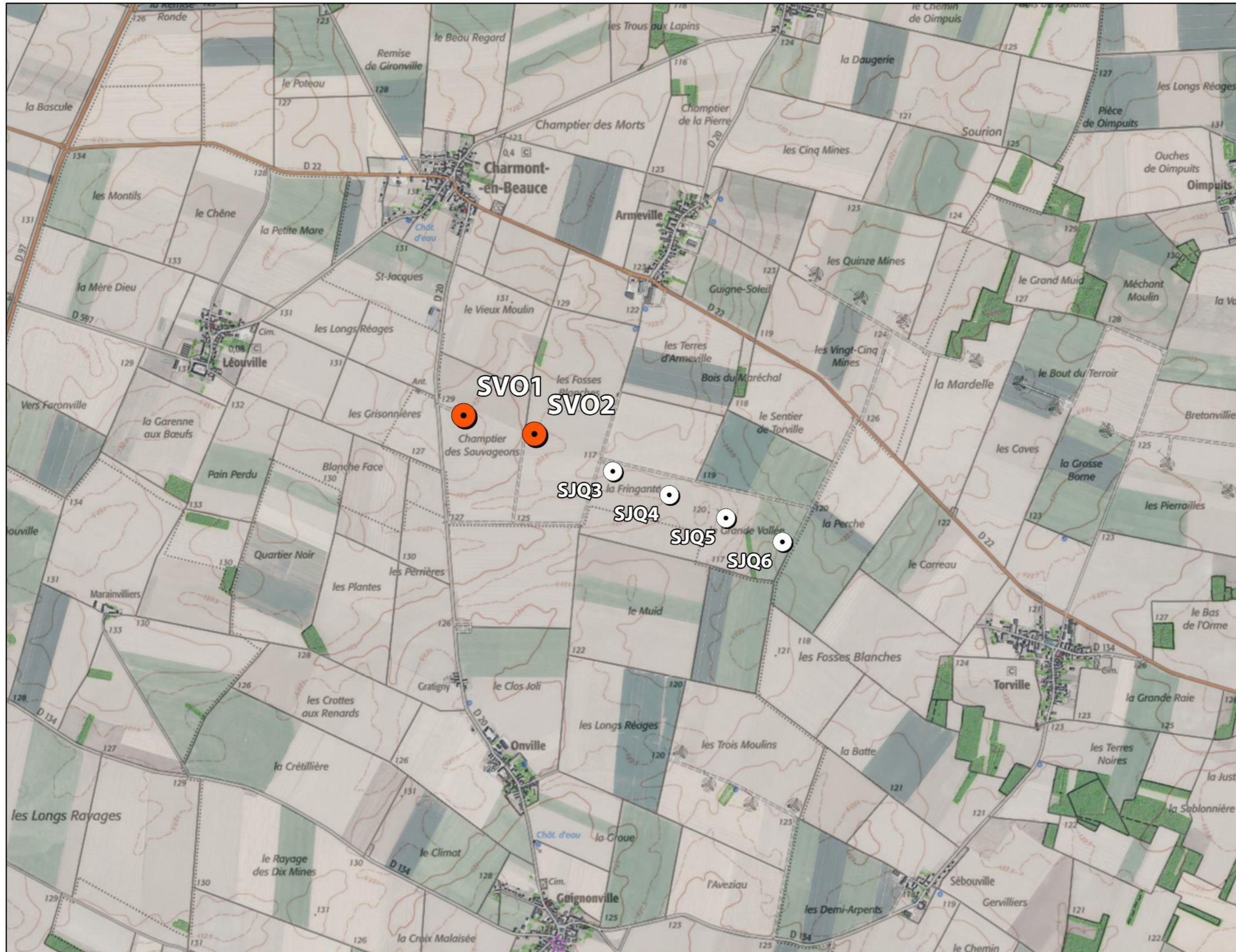
SVO1



SVO2

Contexte écologique aux abords des 2 éoliennes ; photos prises en mai 2022 (I. André, Ecosphère)

- Eolienne du parc éolien de Sauvageons
- Eolienne des parcs à proximité



0 500 1000
Mètres

Écosphère, EDP Renewables, mars 2023

Source : Fond Scan 25 et BD ORTHO - IGN ©

2.3 SUIVI POST-IMPLANTATION EFFECTUE EN 2015

Afin de quantifier l'impact des deux parcs de l'alignement d'éoliennes de Vieux Moulin sur les oiseaux et les chauves-souris, **Ecosphère a réalisé en 2015** :

- un suivi de la mortalité entre avril et novembre 2015 ;
- un suivi de la fréquentation des chauves-souris et des oiseaux utilisant ou traversant les parcs existants entre avril et novembre 2015 ;
- une analyse des impacts associée à la proposition de mesures.

2.3.1 ELEMENTS METHODOLOGIQUES

Le suivi de mortalité était constitué de prospections dans un rayon de 50 mètres autour des mâts de 3 machines sur les 6 (SVO1, SJQ3 et SJQ6²) entre le 1^{er} avril et le 30 novembre 2015 et à raison de 30 passages, pour un intervalle moyen de 7,7 j. Ces passages ont été découpés en 3 périodes écologiques :

- une première période liée à la migration pré-nuptiale (du 1^{er} avril au 15 mai 2015 à raison de 1 passage par semaine, soit 7 passages avec un intervalle de 7 j). Cela correspond au début de la période 1 ;
- une deuxième période liée à la nidification des oiseaux et à la parturition des chauves-souris (du 16 mai au 30 juin 2015, à raison d'un passage toutes les 2 semaines, soit 3 passages avec un intervalle de 14 j). Cela correspond à la fin de la période 1 ;
- une troisième période liée à la dispersion des juvéniles puis à la migration post-nuptiale (du 1^{er} juillet au 30 novembre 2015, à raison de 1 passage par semaine, soit 20 passages avec un intervalle de 7 j). Cela correspond à l'ensemble de la période 2.

Les résultats obtenus sont des résultats bruts sans traitement statistique correctif.

Le suivi de fréquentation a pour objectif premier de pouvoir comparer les taux de mortalité au regard des flux d'oiseaux et de chauves-souris fréquentant le site et ses abords. Chaque passage du suivi de mortalité a été couplé à un suivi de fréquentation des oiseaux et à une dépose d'enregistreurs sur les éoliennes SVO1 et SJQ6 au sol sur une nuit complète pour les chauves-souris (et complété par des nuits d'écoutes manuelles à raison d'un passage par période). En complément de ces 30 passages, 3 autres passages spécifiques aux oiseaux ont été réalisés en période d'hivernage, entre décembre 2014 et mars 2015.

Enfin, une corrélation avec les données météorologiques a été réalisée à partir des données fournies par EDPR. L'impact réel de l'alignement d'éoliennes a ainsi pu être analysé.

2.3.2 RESULTATS

Un total de 6 cadavres (4 oiseaux et 2 chauves-souris) a été trouvé au pied des 3 éoliennes suivies, avec exactement 2 cadavres par éolienne sans corrections statistiques. Ainsi, ce suivi de mortalité n'a pas mis en évidence une éolienne plus mortifère qu'une autre. Les cadavres d'oiseaux découverts

étaient répartis sur l'ensemble des 3 éoliennes. Les cadavres de chauves-souris ont été découverts sur 2 éoliennes (SVO1 et SJQ6).

La mortalité des oiseaux concerne 3 espèces : le Hibou Moyen-Duc (local), le Martinet noir (migrateur) et le Rougegorge familier (migrateur probable). **Le niveau d'impact est défini comme faible pour ces 3 espèces.**

La mortalité des chauves-souris a eu lieu mi-juillet et début septembre, période de dispersion des jeunes et de migration. Les 2 cadavres correspondent à la Noctule de Leisler. Il peut s'agir d'individus locaux, erratiques ou bien migrateurs. Au vu du statut local de l'espèce et des résultats des suivis, malgré un fort niveau de sensibilité au risque de collision au regard des tailles de population estimées, **le niveau d'impact est défini comme faible pour la Noctule de Leisler.**

Le suivi de la fréquentation des oiseaux a permis de détecter un total de 76 espèces, dont 34 sont nicheuses sur l'alignement d'éoliennes et dans un rayon de 500 m autour de celui-ci. Ce sont principalement des espèces de cultures et de boisements. 16 espèces supplémentaires nichant aux abords fréquentent l'alignement pour s'alimenter ou se déplacer. Il s'agit surtout d'espèces nichant dans les villages proches, et quelques-unes nichant dans des bosquets plus éloignés. Parmi ces 50 espèces nicheuses, 5 ont un enjeu moyen et une sensibilité estimée faible lors du suivi 2015³ (Busard Saint-Martin, Chouette effraie, Linotte mélodieuse, Cédicnème criard et Pouillot fitis), et 2 ont un enjeu faible et une sensibilité estimée moyenne lors du suivi 2015⁴ (Buse variable et Faucon crécerelle). Au regard des observations et de la bibliographie, il existe une influence des parcs éoliens sur les rapaces, notamment en lien avec leur vol plané. **Des comportements à risque ont été surtout observés chez ce groupe**, connu pour sa sensibilité à la collision. Toutefois, aucun cas de mortalité de rapaces diurnes n'a été recensé sur les deux parcs. Le comportement des autres oiseaux observés sur les parcs est rarement à risque, une majorité des oiseaux volant au-dessus des pales.

Le suivi de la fréquentation des chauves-souris a permis de contacter un minimum de 13 espèces. L'activité et la diversité spécifique sont plus importantes au printemps (1 286 contacts sur 7 passages, soit environ 184 contacts par passage en moyenne), puis en automne (3 032 contacts sur 20 passages, soit environ 152 contacts par passage en moyenne). Elles sont plus réduites en été (413 sur 3 passages, soit environ 138 contacts par passage en moyenne). La diversité et la quantité de chiroptères est nettement plus importante à proximité de SJQ6, avec une forte prédominance de Pipistrelles communes à chaque période. La Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius ont également été contactées à chaque période, au niveau de SVO1 et SJQ6 sauf en été où elles n'ont été détectées que sur SVO1. La Noctule commune a quant à elle été contactée en automne au niveau des 2 éoliennes. Parmi ces espèces, seule la Noctule de Leisler a fait l'objet de cas de mortalité. La période comprise entre mi-juillet et mi-septembre est une période de sensibilité importante, notamment pour la migration des noctules.

L'heure de la nuit exerce une influence sur l'activité des chauves-souris et indirectement sur le risque de collision. Sur cet alignement et selon les éoliennes suivies, l'activité est globalement plus élevée sur les 3 premières heures de la nuit (72 % de l'activité totale des chiroptères en moyenne).

Les conditions météorologiques, notamment la vitesse de vent et la température, exercent également une influence sur l'activité chiroptérologique. L'activité majeure des chiroptères est comprise entre

² Dans le présent rapport, les éoliennes de l'alignement sont nommées SVO1, SVO2, SJQ3, SJQ4, SJQ5 et SJQ6, correspondant respectivement aux éoliennes E1, E2, E3, E4, E5 et E6 ainsi nommées dans le rapport du suivi post-implantation de 2015.

³ L'évaluation de la sensibilité des espèces d'oiseaux a été mise à jour en juin 2022 (Dürr, juin 2022). Dorénavant, la sensibilité est assez forte pour le Busard Saint-Martin, moyenne pour la Chouette effraie et l'Édicnème criard, et négligeable pour la Linotte mélodieuse et le Pouillot fitis.

⁴ Depuis la mise à jour de la sensibilité des espèces en juin 2022 (Dürr, juin 2022), la sensibilité est assez forte pour la Buse variable et le Faucon crécerelle.

18,5°C et 27,5°C (98 % des contacts). De plus, 48 % des contacts **au sol** correspondent à un vent moyen inférieur à 4 m/s (enregistré à hauteur de nacelle) et 76 % des contacts correspondent à un vent moyen inférieur à 7 m/s, malgré des contacts lors de rafales allant jusqu'à 11,5 m/s (ces rafales pouvant se produire en périodes globalement calmes).

Les conditions météorologiques influencent le risque de collision de manière différente selon les groupes d'espèces d'oiseaux. Par vent fort, les planeurs, tels que les rapaces, migrent moins que par temps calme et sont donc moins soumis au risque de collision. Par vent opposé au sens de la migration, les passereaux migrateurs réduisent leur altitude de vol et peuvent se retrouver à hauteur de pales.



3. METHODES DE TRAVAIL

3.1 SUIVI DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE

Un suivi d'activité chiroptérologique en altitude a été mené en continu à 90 m depuis la nacelle de l'éolienne SJQ4, située sur Saint-Jacques. Cette méthode permet d'enregistrer l'activité à hauteur de pales, soit dans la zone la plus à risque pour les chauves-souris.

L'éolienne SJQ4 a été équipée de systèmes de détection/enregistrement des ultrasons du 30 mars au 9 novembre 2022. L'appareil utilisé est un Batmode 2S+ de Bio Acoustic Technology GmbH™. Cet appareil enregistre les ultrasons au format WAV non compressé. Les données recueillies ont ainsi permis d'apprécier le peuplement chiroptérologique présent sur le site sur un peu plus de 7 mois consécutifs.

Les paramètres d'enregistrement étaient les suivants : Micro Ultrasoundgate 116Hnbm ; Freq 300 kHz ; Gain 37 dBFS ; Hold time 1.0s ; Pre trigger 300 ms ; -60 min coucher à +60 min lever soleil.

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

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

3.1.1 LIMITES LIEES AU MATERIEL UTILISE

De manière générale, les résultats obtenus par le suivi d'activité chiroptérologique ne représentent qu'un échantillon pour un volume d'espace aérien donné d'une activité réelle quelle qu'elle soit. Dans le cadre de ce suivi, les micros étaient placés à environ 90 m de hauteur et orientés dans une direction pointant vers le sol. Cela signifie que les cris venant d'autres directions n'ont pas forcément été perçus. De plus, les micros ont un volume de détection qui dépend de plusieurs variables, mais dont les plus importantes sont les suivantes :

- **La sensibilité du micro** (préréglée afin d'éviter la saturation et les bruits de fond par le fabricant) ;
- **La puissance et la fréquence des cris d'écholocation selon les espèces.** L'atténuation du signal sonore dans l'air est un facteur prépondérant considérant que plus un signal est élevé en fréquence plus il s'atténue vite dans l'air. Ainsi, les noctules émettent des ultrasons à basse fréquence (15-25 kHz) qui parcourent d'assez grandes distances en milieu ouvert, tandis que les

petites espèces (pipistrelles) émettent des ultrasons de moyenne fréquence (35-55 kHz) qui parcourent des distances plus courtes. Les distances maximales de détection des espèces ne sont qu'approximatives car les mesures dépendent de nombreux paramètres environnementaux et ne peuvent être chiffrées avec précision à la dizaine de mètres près. Bio Acoustic Technology annonce une distance de captation de 30 m environ pour les pipistrelloïdes et de 70 m environ pour les nyctaloïdes (cf. Figure 1).

- **Les conditions météorologiques.** Le micro du BATMODE 2S+, et notamment sa capsule exposée aux intempéries extérieures, peut montrer des variations de sensibilité et ainsi affecter la bonne détectabilité des ultrasons émis par les chauves-souris (cf. Figure 2). Un test de calibration quotidien a automatiquement été effectué pour vérifier la qualité du micro tout au long du suivi.

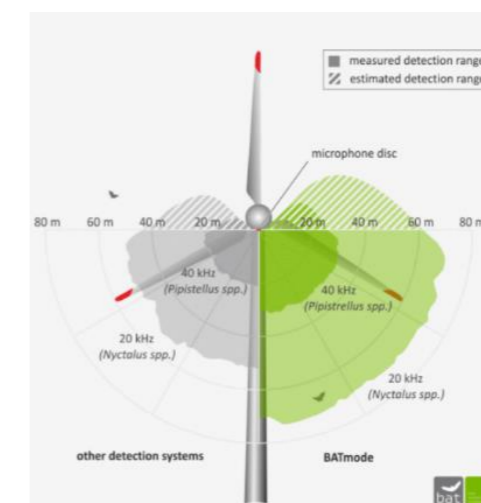


Figure 1. Variation du volume de captation du micro en fonction de la fréquence d'émission des signaux ultrasonores, de l'hygrométrie et de la température. Source : <http://www.bioacoustictechnology.de/nacelle-monitoring-of-bats-at-wind-turbines/?lang=en>

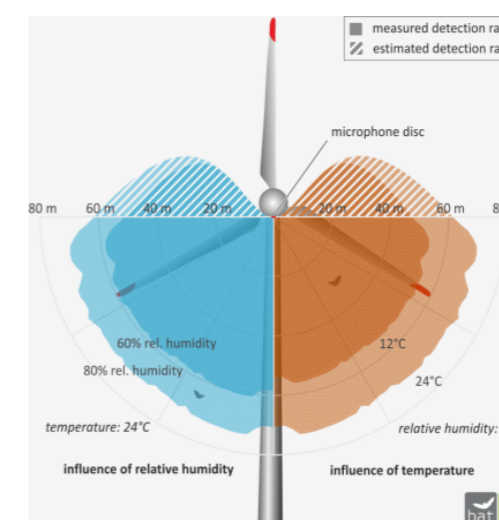


Figure 2. Schéma présentant les volumes de détection du micro « Ultrasoundgate » d'Avisoft Bioacoustics™ selon les conditions de température et d'humidité. Les couleurs foncées correspondent à la détection d'espèces émettant dans les 40 kHz (Pipistrelles), les claires aux espèces émettant dans les 20 kHz (Noctules, Sérotines).

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

3.1.2 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 que, 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 dans les extrêmes, les séquences 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 6 éoliennes de l'alignement, dont les **2 éoliennes du parc de Sauvageons**, ont été suivies au cours de l'année 2022. Toutes ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un standard conforme au protocole ministériel de suivi environnemental des parc éoliens terrestres en vigueur depuis avril 2018.

3.2.1.2 Calendrier du suivi

Conformément aux préconisations du protocole national, **un total de 24 passages a été réalisé pour chaque éolienne. Ces passages ont été réalisés à raison de 1 passage par semaine entre les semaines 20 à 43, soit plus précisément entre le 17 mai et le 25 octobre 2022. L'intervalle moyen sur l'ensemble de la période suivie est de 7 j.**

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

Le suivi de la mortalité a ainsi été réalisé sur la période d'activité principale, couvrant 3 périodes d'activité faunistique distinctes :

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

A partir de ces éléments d'écologie et au regard des contraintes de protocole de terrain et d'analyse qui lui sont liés, deux périodes d'étude ont été définies dans le but d'affiner l'analyse et l'interprétation des résultats :

- **la période 1** : ici, **de mi-mai à fin juillet**. Elle correspond aux mouvements pré-nuptiaux des chauves-souris, à la période de reproduction des oiseaux et à la parturition des chauves-souris. Durant cette période, comme pour la suivante, l'intervalle entre les passages est de 7 j (moyenne de 7,0 j) ;
- **la période 2** : ici, **de début août à fin octobre**. Elle correspond principalement à la période de migration post-nuptiale et à la dispersion des jeunes.

3.2.2 RECUEIL DES DONNEES BRUTES DE MORTALITE

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

3.2.2.1 Méthode pour la recherche des cadavres et surfaces prospectées

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

Pour le parc éolien suivi, dont les pales mesurent 48,7 m, les prospections doivent être effectuées dans un rayon de 50 m autour des mâts des machines.

Cette surface a été prospectée en réalisant des transects autour des mâts des éoliennes suivies. Chaque transect est espacé de 5 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 **des transects pour s'éloigner au maximum de 50 m des mâts**. Précisons que ces itinéraires ont été réalisés d'un pas lent et régulier pour une détectabilité optimale et quand les conditions lumineuses sont suffisantes.



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

Classes de végétation relevées sur le terrain

| Classe de végétation | Type de végétation | Suivi de mortalité |
|----------------------|---|---|
| Classe 1 | Végétation haute et dense, sans visibilité au sol => cultures, prairies à végétation haute et dense | Visibilité nulle ou mauvaise = non prospectée |
| Classe 2 | Végétation recouvrante mais de hauteur faible à moyenne ou végétation peu couvrante mais pouvant être haute => cultures très basses, friches, herbe des plateforme, labour grossier, prairie rase | Visibilité moyenne = prospectée |
| Classe 3 | Végétation de faible hauteur, peu couvrante à absence de végétation => plateformes, chemins, labour fin | Visibilité bonne = prospectée |

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



Aperçu des différentes classes de visibilité à proximité de l'éolienne SVO1 : plateforme (3 – bonne), herbe autour de la plateforme (2 – moyenne) et culture haute et dense (1 – nulle) (I. André, Ecosphère)

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

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

3.2.2.2 Identification des espèces

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

Dans ce cadre, la prise des différentes mesures biométriques nécessaires à l'identification n'est généralement possible qu'avec une manipulation du cadavre de chauve-souris, voire son prélèvement pour l'observation et les mesures de la dentition sous loupe binoculaire. **S'agissant d'espèces protégées, une demande de dérogation pour la capture ou l'enlèvement de cadavres de chiroptères protégés au niveau national a été faite et obtenue auprès de la Direction Départementale des Territoires du Loiret (Arrêté préfectoral du 24 mai 2022).**

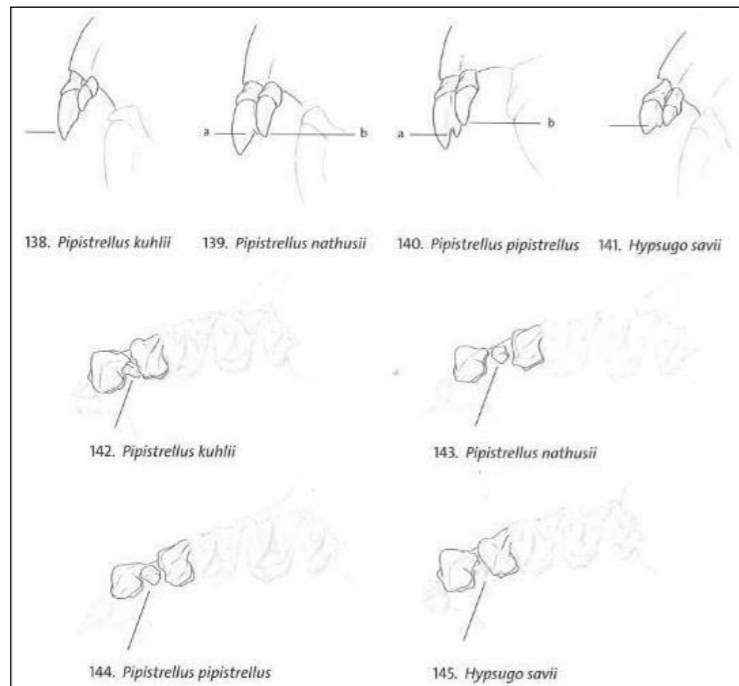
Tous les cadavres ont été, autant que possible, identifiés à l'espèce.

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

- la clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe, par [Dietz & von Helversen \(2004\)](#) ;

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

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



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

Pour les oiseaux, les ouvrages suivants ont été consultés :

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

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

- [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.



Plumée de Faucon crécerelle découverte à proximité de SVO2 le 11 octobre 2022 (I. André, Ecosphère)

3.2.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE A PARTIR DES DONNEES BRUTES

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

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

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

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

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

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

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

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 m autour du mât, il n'est pas possible d'obtenir des résultats 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.

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

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

Dans le cas de cette étude, l'utilisation des applications EolApp⁶ et GenEst⁷ (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 consécutifs⁸.

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

En accord avec les recommandations du protocole de suivi environnemental, un test de persistance a été effectué aux deux périodes (fin de printemps et fin d'été).

Le test a consisté à déposer les 31/05 et 06/09/2022 **entre 3 et 6 cadavres de souris, rats ou poussins** fraîchement décongelés **autour des 6 éoliennes de l'alignement total du parc** (soit 50 cadavres au total sur l'année). **Les leurres ont été déposés aléatoirement sur l'emprise de la surface théorique à prospecter et répartis sur l'ensemble des types d'habitats présents.**

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

⁸ Dans l'idéal, des cadavres de chauves-souris ou de petits passereaux préalablement décongelés devraient être utilisés. Pour des raisons juridiques (dérogation, espèces protégées), de commodité et d'approvisionnement, ils sont couramment remplacés par des poussins d'un jour ou des rongeurs de couleur sombre.



Rat utilisé pour un leurre de persistance (I. André, Ecosphère)



Renard sous une éolienne lors d'un contrôle à J+1 du test de persistance (hors site, L. Burette, ECHOCHIROS)

❖ 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 de l'observateur à détecter des cadavres a été testée les 31/05 et 31/08/2022. 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 praticable (visibilité bonne et moyenne). Les secteurs ayant une visibilité moyenne n'étaient présents que de manière ponctuelle par rapport aux secteurs ayant une bonne visibilité, aussi, de manière proportionnelle, un nombre très faible de leurres y a été déposé. Pour cette étude, tous les leurres ont été déposés sur des secteurs ayant une bonne visibilité. **L'observateur a été testé sur toutes les éoliennes en période 1 puis sur la moitié des éoliennes en période 2. Un total de 87 leurres a été pris en compte pour ce test.** Selon le nombre de leurres retrouvés par l'observateur, le taux d'efficacité a pu être calculé par le rapport entre le nombre de leurres découverts et le nombre de leurres déposés.

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

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

3.2.3.2 Modèles statistiques

❖ Modèle d'Erickson (2000)

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

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

Avec :

I : intervalle moyen entre deux visites (en jours)

tm : durée moyenne de persistance (en jours)

d : efficacité de l'observateur

C : nombre de cadavres découverts

a : coefficient de correction surfacique

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

❖ Modèle de Jones (2009)

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

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

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

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

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

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

Avec :

C : nombre de cadavres découverts

a : coefficient de correction surfacique (cf. 3.2.3.1)

d : efficacité de l'observateur (cf. 3.2.3.1)

tm : durée moyenne de persistance (en jours)

I : intervalle moyen entre deux visites (en jours)

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

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

Jones utilise la notion d'intervalle effectif pour calculer le coefficient correcteur \hat{e} qui correspond au rapport entre la durée avant que 99 % des cadavres soient prédatés/déplacés et la durée de l'intervalle.

Il est en effet logique que plus l'intervalle est long, plus le taux de persistance s'approche de 0. L'intervalle effectif correspond ainsi à la durée pour laquelle le taux de persistance est égal à 1 % (100 – 99 %).

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

❖ Modèle de Huso (2010)

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

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

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

D'où la formule :

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

Avec :

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

3.2.3.3 EolApp (Besnard & Bernard, 2018)

Les différents modèles de calculs présentés ci-dessus ont été exploités avec une application web Shiny (EolApp) faisant tourner un script R sur le serveur⁹. L'ensemble du code est dans le langage R, très utilisé aujourd'hui du fait de son caractère gratuit. Les applications ont été programmées par Aurélien Besnard et Cyril Bernard, chercheurs du Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (UMR5175) de Montpellier. L'utilisation de cette application permet notamment d'éviter les éventuelles erreurs d'application des formules.

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

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



Estimation des mortalités induites par les éoliennes

The screenshot shows the EolApp interface with the following fields and options:

- Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :** File selected: cadavres_tot.csv, Upload complete.
- Nb lignes lues = 24**
- Sélectionner un fichier avec la durée de persistance des cadavres déposés :** File selected: persistence_tot.csv, Upload complete.
- Nombre de lignes lues = 50**
- Méthode de calcul des intervalles de confiance :**
 - Non-paramétrique
 - Paramétrique
- Intervalle de temps entre les passages =** 7
- Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =** 87
- Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =** 68
- Pourcentage de la surface prospectée =** 0.51
- CALCULER** button

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

Données en entrée

Nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes (une valeur par visite de terrain) : 1, 0, 0, 0, 0, ..., 1, 0, 2, 0, 2
 Durée de présence de cadavres déposés par les expérimentateurs (une valeur par cadavre déposé) : 1, 3, 1, 2, 2, ..., 3, 14, 2, 2, 2

Estimations avec leurs intervalles de confiance

| Formule | Médiane | IC 2.5 | IC 97.5 | IC 0.10 | IC 0.90 |
|------------|---------|--------|---------|---------|---------|
| Erickson | 53.10 | 26.02 | 95.84 | 33.91 | 78.87 |
| Huso | 68.39 | 34.38 | 113.85 | 45.16 | 96.69 |
| Winkelmann | 135.39 | 62.72 | 284.31 | 83.40 | 216.99 |
| Jones | 75.56 | 37.43 | 131.78 | 49.14 | 109.17 |

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 une sous-période. Cela a tendance à approximer et/ou lisser la réalité de terrain ;



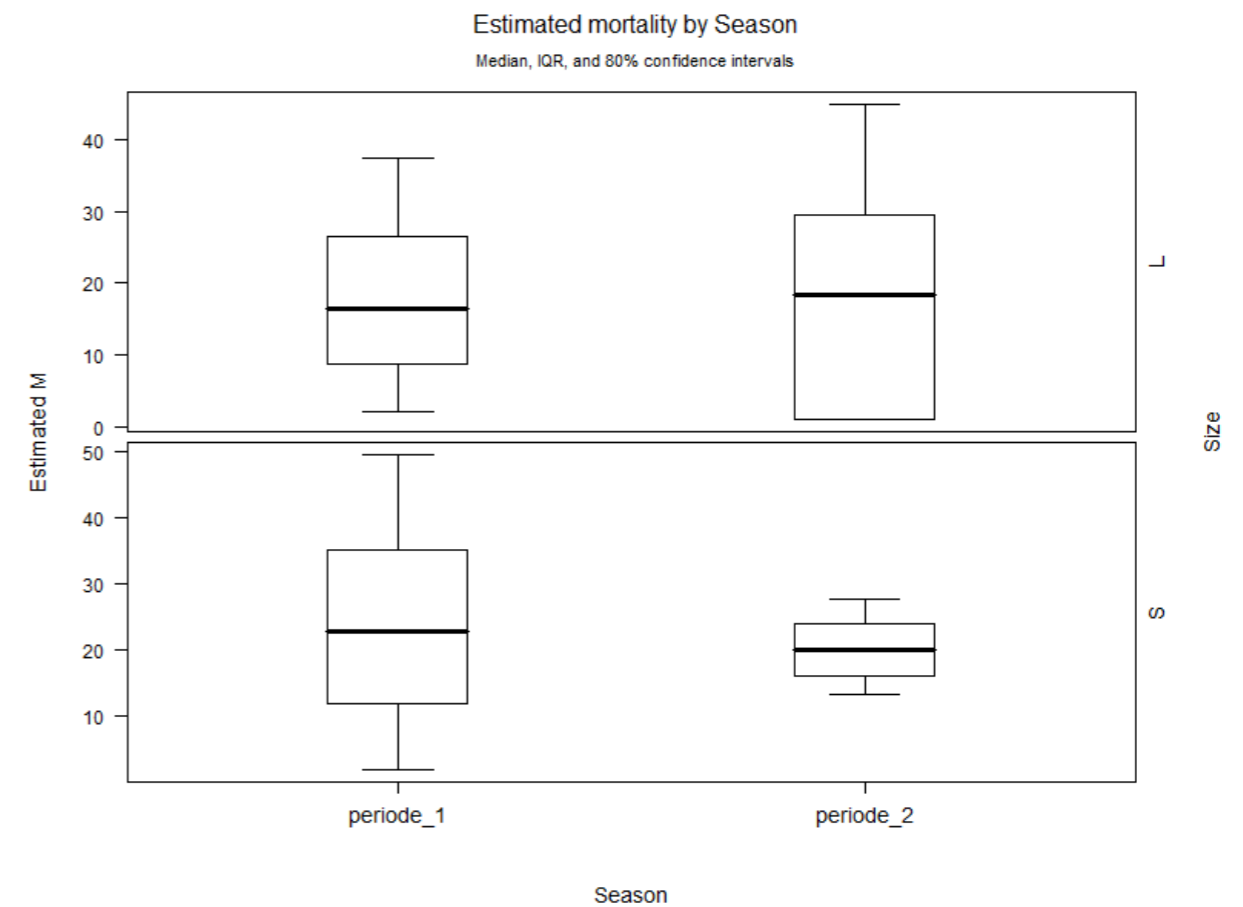
- L'absence de prise en compte de la taille et du type des carcasses sur leur probabilité de disparition et de détection, ainsi que de l'occupation du sol et de la visibilité associée, que cela soit pour les cadavres comme pour les leurres ;
- Les résultats du test efficacité des observateurs sont également 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 la sous-estimation (Winkelmann/Erickson).

3.2.3.4 GenEst : estimateur international standardisé

Plus récemment, les spécialistes internationaux que sont **Huso & Dalthorp (USGS)** et **Korner-Nievergelt (Oikostat)**, **trois auteurs cités dans le protocole national 2018**, se sont associés avec d'autres pour mettre à disposition gratuitement une solution informatique (« package ») nommée « **GenEst** »¹⁰ et fonctionnant sous le logiciel¹¹ open source R. Celle-ci permet d'imbriquer les différents paramètres pour modéliser finement la mortalité (persistance des cadavres, efficacité de la détection, correction surfacique) et **fournir des estimations ajustées selon les variables prises en compte (taille des cadavres, période de l'année, distinction oiseaux / chauves-souris...)**.

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

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



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

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

¹¹ <https://www.r-project.org/>

3.3 METHODE D'EVALUATION DES ESPECES FREQUENTANT LE PARC

3.3.1 ÉVALUATION DE L'ENJEU DE CONSERVATION DES ESPECES

Un enjeu de conservation est attribué principalement à partir des listes rouges régionales, nationales et européennes¹² sur la base du tableau suivant.

| Statut de menace/rareté | | Niveau d'enjeu régional de l'espèce |
|---|---|-------------------------------------|
| CR | Espèce animale en danger critique d'extinction au niveau régional | Très fort |
| EN | Espèce animale en danger d'extinction au niveau régional | Fort |
| VU ¹³ NT et au moins R | Espèce animale vulnérable au niveau régional Espèce animale quasi-menacée et au moins rare au niveau régional | Assez fort |
| NT ¹⁴ LC mais au moins AR (voire AC) | Espèce animale quasi-menacée au niveau régional Espèce animale non menacée mais peu commune au niveau régional | Moyen |
| LC | Espèce animale non menacée, souvent assez commune à très commune, parfois assez rare ou rare | Faible |
| DD, NE | Données insuffisantes ou espèce non évaluée | « Dire d'expert » si possible |

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

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

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

3.3.2 ÉVALUATION DE LA SENSIBILITE DES ESPECES A L'EOLIEN

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

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

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

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

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

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

Les sources de données sont celles d'Eurobats et celles de l'allemand Tobias Dürr (voir ci-avant). La dernière mise à jour est de juin 2018 pour Eurobats et juin 2022 pour T. Dürr. C'est ainsi la valeur maximale par pays qui est prise en compte (pour éviter les comptes-doubles). On a ainsi un total maximal de **11 065 cadavres de chiroptères recensés dans toute l'Europe**. Ceci permet ensuite d'obtenir comme donnée de référence le pourcentage entre « nombre de cadavres pour une espèce donnée » par rapport au « nombre total de cadavres en Europe toutes espèces confondues ». Cette information a été

¹² Protocole national, 2015, p 5 : « Le protocole national en vigueur à ce jour stipule que l'enjeu de conservation s'appuie sur les Listes Rouges préparées sur la base des principes édictés par l'UICN. La liste rouge est utilisée et complétée, au besoin, par une liste rouge régionale, si celle-ci existe. ». Par extrapolation, la Liste Rouge Européenne est également prise en compte pour l'analyse. Le protocole actualisé en 2018 ne revient quant à lui pas sur ces notions.

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

¹⁴ Certaines espèces quasi menacées communes ou très communes peuvent voir leur enjeu abaissé au niveau faible.

complétée par une analyse bibliographique reposant en particulier sur les avis de la [SFPEM \(2016\)](#) et d'Eurobats.

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

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

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

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

3.3.3 ÉVALUATION DE LA PORTEE DE L'IMPACT

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

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

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

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

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

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

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

3.3.4 ÉVALUATION DES NIVEAUX D'IMPACTS

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

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

Définition des niveaux d'intensité de l'effet négatif

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

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

Définition des niveaux d'impacts

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

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

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

Des algorithmes de bridage sont ainsi définis en fonction des périodes d'activité des espèces (mois de l'année, heures de la nuit) et des conditions météorologiques dans lesquelles se déroulent cette activité (vitesse du vent et température). L'analyse est effectuée de façon multifactorielle pour l'ensemble des espèces ou pour certaines espèces cibles, telle que présentée dans le tableau ci-dessous.

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

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

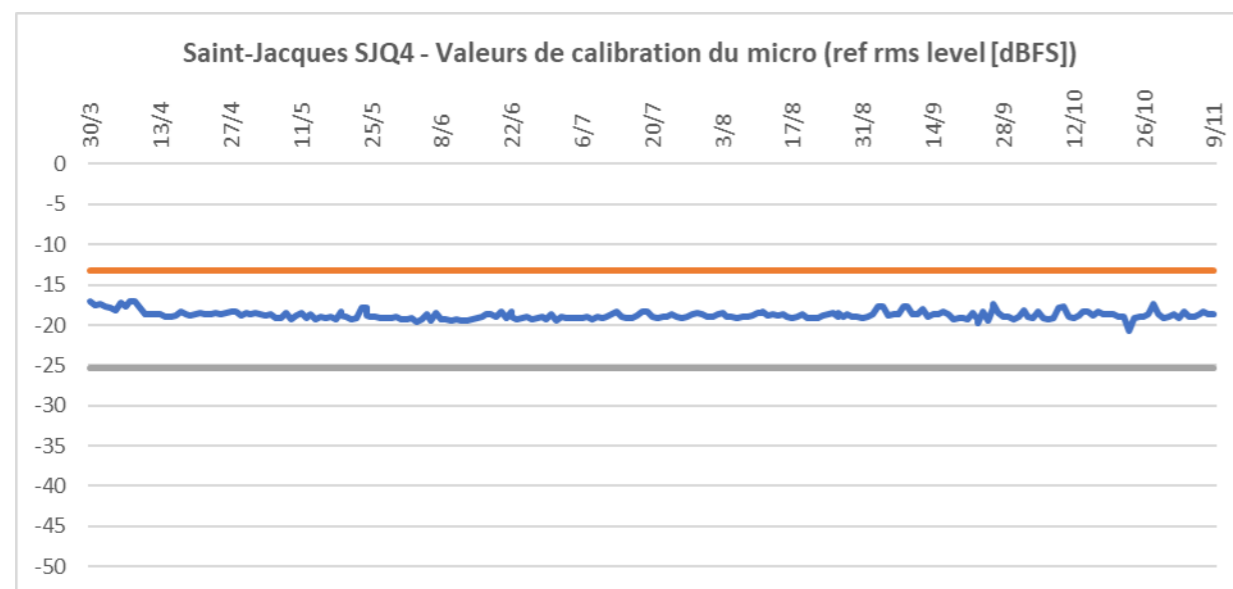


4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE

4.1 VALIDITE DU MATERIEL UTILISE

Le micro du Batmode 2S+ et notamment sa capsule exposée aux intempéries extérieures peuvent montrer des variations de sensibilité et ainsi affecter la bonne détectabilité des ultrasons émis par les chauves-souris. Un test de calibration quotidien à midi a automatiquement été effectué pour vérifier la qualité du micro tout au long du suivi. Le graphique ci-dessous présentent les variations des résultats de la sensibilité mesurée du micro. Les horizontales représentent les limites supérieures et inférieures de valeurs considérées comme bonnes selon le constructeur (± 6 dBFS autour de la valeur initiale de la calibration certifiée). Les baisses ponctuelles de sensibilité peuvent s'expliquer notamment par la présence de poussière ou d'humidité (brouillard, condensation) sur la capsule du micro.

Pour le suivi acoustique sur l'éolienne SJQ4, le micro a été opérationnel durant la totalité du suivi, soit du 30 mars jusqu'au 9 novembre.



Valeurs de calibration quotidienne du micro du Batmode 2S+ placé sous la nacelle SJQ4 (ref rms level [dBFS])

4.2 DESCRIPTION DES ACTIVITES ENREGISTREES

4.2.1 BILAN PAR MOIS ET PAR ESPECE

Le tableau suivant compile les totaux de contacts par mois pour chaque espèce ou groupe d'espèces.

Activités mensuelles enregistrées du 30 mars au 9 novembre 2022 depuis la nacelle de SJQ4 (le nombre de nuits suivies est indiqué entre parenthèses)

| Mois | Noctule de Leisler | Noctule commune | Sérotules | Pipistrelle commune | Pipistrelle de Kuhl | Pipistrelle de Nathusius | Pipistrelle de Kuhl/Nathusius | Total |
|---------------------------|--------------------|-----------------|-----------|---------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------|
| Mars 2022 (2 nuits) | | | | | | | | 0 |
| Avril 2022 (30 nuits) | 10 | | | | 4 | | | 14 |
| Mai 2022 (31 nuits) | 10 | | | 4 | 2 | 3 | 1 | 20 |
| Juin 2022 (30 nuits) | 6 | | | 62 | 32 | | | 100 |
| Juillet 2022 (31 nuits) | 132 | 331 | | 25 | 21 | | 18 | 527 |
| Août 2022 (31 nuits) | 583 | 737 | 22 | 13 | 9 | 1 | | 1365 |
| Septembre 2022 (30 nuits) | 96 | 63 | | | 2 | 2 | | 163 |
| Octobre 2022 (31 nuits) | 94 | 3 | | 9 | 1 | 2 | | 109 |
| Novembre 2022 (8 nuits) | | | | | | | | 0 |
| Total | 931 | 1134 | 22 | 113 | 71 | 8 | 19 | 2298 |

Sur l'éolienne SJQ4, durant ce suivi 2022, 2 298 contacts de chauves-souris ont été enregistrés par le Batmode 2S+ placé au niveau de la nacelle. Une plus forte fréquentation est visible au mois d'août, avec un total mensuel de 1 365 contacts, ce qui représente **près de 60 % de l'effectif annuel**. Cette fréquentation importante est recensée au cours de la seconde quinzaine du mois d'août, ce qui est représentatif de mouvements importants liés à la migration postnuptiale. Les autres mois suivis ont une plus faible activité à l'exception du mois de juillet où près de 23 % de l'effectif annuel est enregistré, majoritairement durant la deuxième quinzaine du mois.

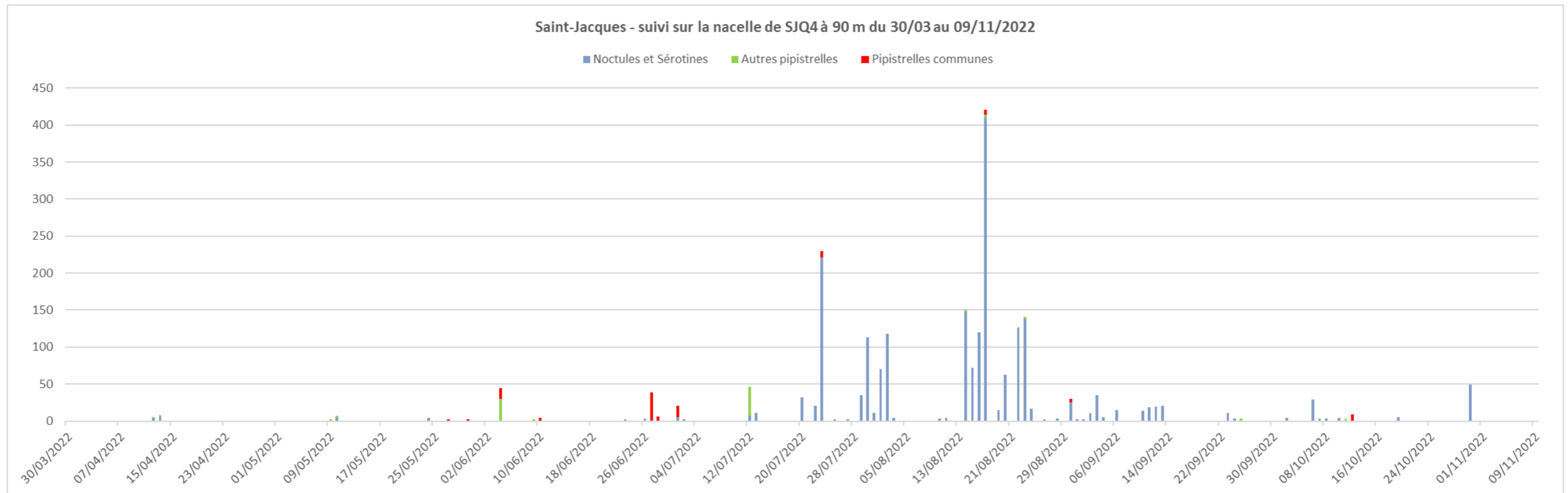
Sur cette année de suivi, le groupe des sérotules (composé principalement des deux espèces de noctules, la Sérotine commune étant probablement anecdotique et n'ayant pas pu être identifiée avec certitude lors de ce suivi) est le groupe le plus largement représenté, **avec 49 % du total des contacts correspondant à la Noctule commune et 41 % à la Noctule de Leisler**.

Les premières espèces contactées à partir du mois d'avril sont la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Kuhl. Les autres pipistrelles, dont la Pipistrelle de Nathusius, sont contactées à partir du mois de mai. A partir du mois de juillet, la Noctule de Leisler est plus présente et la Noctule commune apparaît. **Le mois d'août est marqué par une très forte augmentation de la fréquentation générale du parc par les chauves-souris et tout particulièrement par les noctules : il s'agit du mois où l'activité et la diversité spécifique sont les plus élevées pour l'année 2022**. La Pipistrelle de Nathusius n'est contactée que ponctuellement en période de migration (mai, août, septembre et octobre).

4.2.1 CHRONOLOGIE DE L'ACTIVITE

Le graphique ci-dessous présente la chronologie quotidienne du suivi de SJQ4.

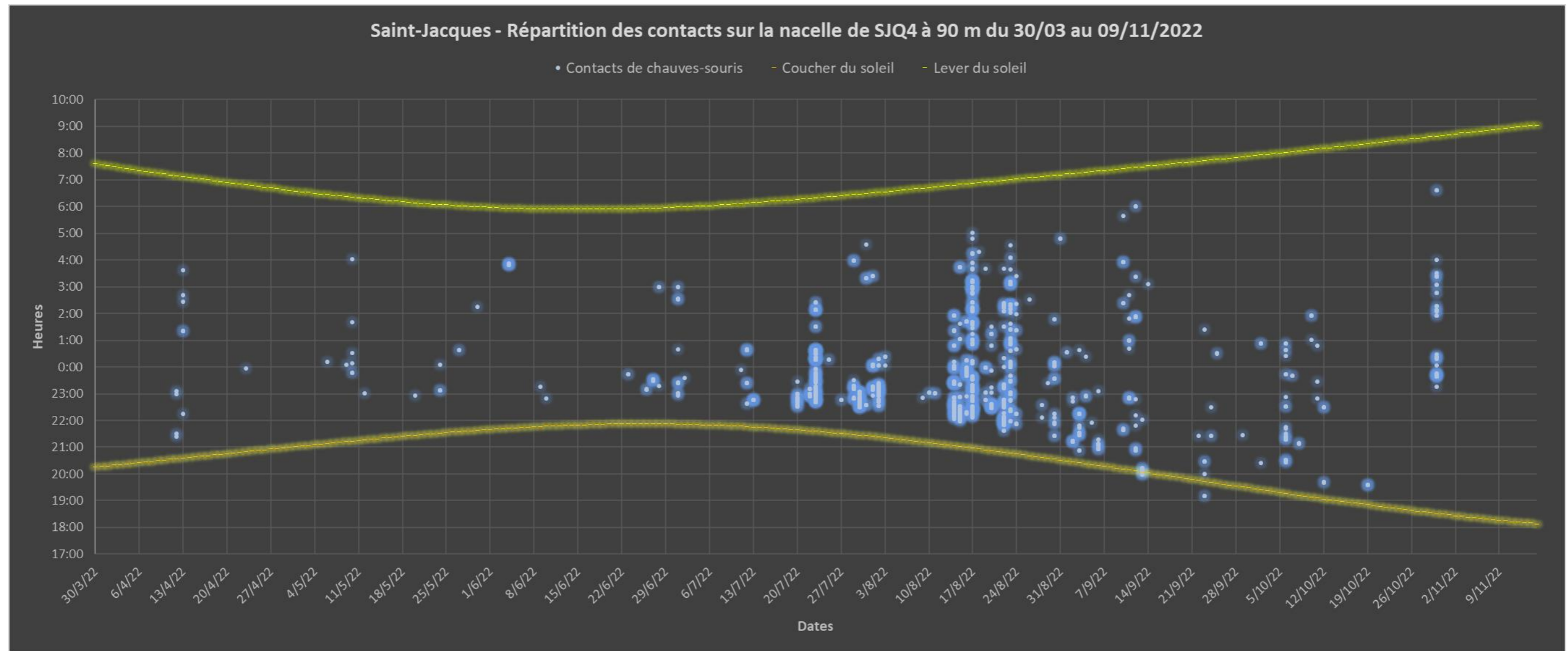
Sur l'éolienne SJQ4, près de 88 % de l'activité (toutes espèces confondues) se situe entre mi-juillet et mi-septembre avec cependant une chute d'activité au début du mois d'août. De nombreux pics de fréquentation s'observent entre mi-juillet et fin août : une majorité dépasse les 100 contacts par nuit et certains franchissent le seuil de 200 (le 23 juillet), voire 400 contacts par nuit (le 17 août), ce qui est remarquable.



SJQ4 : Chronologie de l'activité quotidienne du suivi acoustique depuis la nacelle

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

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



SJQ4 : Distribution des contacts en fonction de la date et de l'heure après le coucher du soleil

Sur l'éolienne SJQ4, la répartition des contacts par nuit est sporadique du début du suivi jusqu'à mi-juillet. L'activité est globalement concentrée sur les deux premiers tiers de la nuit.

Sur cette période d'activité diffuse, et notamment en septembre, il faut noter que **plusieurs contacts de Noctules communes et de Leisler sont enregistrés jusqu'à une demi-heure avant le coucher du soleil**, soit bien avant la réelle tombée de la nuit. L'activité étant relativement modérée sur ce mois, cela représente tout de même 9 % de l'activité globale du mois.

En été, on constate que les pics d'activité évoqués précédemment auront tendance à se situer sur la première moitié de la nuit et l'activité globale sur les 7 premières heures de la nuit.

Aucun contact n'a été enregistré durant la dernière heure avant le lever du soleil et après le lever du soleil.

4.3 SYNTHÈSE ET ÉVALUATION DES ACTIVITÉS

4.3.1 INDICATEURS DE LA FREQUENTATION

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

Le graphique ci-après présente les données du référentiel d'Écosphère (601 nuits d'écoute recueillies de 2016 à 2019 sur 9 suivis différents) classés en ordre croissant, et les valeurs correspondant aux quantiles 25 %, 50 % (= médiane), 75 % et 90 %. Différentes valeurs ont par conséquent été obtenues pour les seuils des quantiles 25 %, 50 %, 75 % et 90 %. **Ces 4 seuils permettent ainsi d'établir 5 classes d'activités pour chaque espèce allant de faible (nombre de contacts inférieur au nombre défini pour le quantile 25 %) à très forte (nombre de contacts supérieur au quantile 90 %).**

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

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

| Valeurs issues d'une compilation de 601 nuits réparties sur 12 éoliennes de 9 parcs différents implantés en milieu ouvert (2016-19) Contacts par nuit | | | | |
|--|---------------------------------------|----------|-----------|-----------|
| NACELLE >50 m Nord-Ouest de la France | | | | |
| Espèce | Seuils de nombre de contacts par nuit | | | |
| | Q25 % | Q50 % | Q75 % | Q90 % |
| TOUTES ESPECES | 2 | 4 | 10 | 28 |
| Noctule commune | 2 | 4 | 9 | 34 |
| Noctule de Leisler | 1 | 3 | 5 | 12 |
| Sérotine / Noctules | 2 | 3 | 7 | 21 |
| Pipistrelle commune | 1 | 3 | 7 | 15 |
| Pipistrelle de Kuhl | 1 | 3 | 7 | 15 |
| Pipistrelle de Nathusius | 1 | 1 | 4 | 4 |
| Pipistrelle de Kuhl/Nathusius | 1 | 2 | 4 | 8 |

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

- les moyennes mensuelles **inférieures à 2 contacts par nuit** correspondent à une **activité de fond** considérée comme relativement commune ;
- les moyennes mensuelles comprises **approximativement entre 2 et 4 contacts par nuit** sont considérées comme des activités significatives (au-dessus de l'activité de fond) mais restant **moyennes** ;
- les moyennes mensuelles comprises **approximativement entre 4 et 10 contacts par nuit** sont considérées comme des activités supérieures à la moyenne, et donc **assez fortes** ;
- les moyennes mensuelles **supérieures à 10 contacts par nuit** sont donc considérées comme des activités **fortes**, pouvant atteindre des niveaux **très forts** (supérieures à 28 contacts par nuit).

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

4.3.2 ÉVALUATION DE LA FREQUENTATION SUR LE PARC VIEUX MOULIN – SAINT-JACQUES

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

- le nombre de nuits suivies ;
- le nombre de nuits avec au moins 1 contact enregistré (nuit positive) ;
- la moyenne par nuit des contacts (toutes espèces confondues) sur toutes les nuits suivies ;
- la moyenne par nuit des contacts des espèces de haut vol (noctules et Pipistrelle de Nathusius) sur toutes les nuits suivies ;
- le maximum de contact par nuit obtenu sur le mois.

Bilan du suivi de SJQ4 entre le 30 mars et le 9 novembre 2022

| Mois | Nuits suivies | Nuits "positives" avec au moins un contact | Moyenne de contacts par nuit suivie | Moyenne de contacts d'espèces migratrices de haut vol par nuit suivie | Maximum de contacts en une nuit |
|----------------|---------------|--|-------------------------------------|---|---------------------------------|
| Mars 2022 | 2 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0 |
| Avril 2022 | 30 | 3 | 0,5 | 0,3 | 8 |
| Mai 2022 | 31 | 8 | 0,6 | 0,4 | 7 |
| Juin 2022 | 30 | 7 | 3,3 | 0,2 | 39 |
| Juillet 2022 | 31 | 13 | 17,0 | 14,9 | 230 |
| Août 2022 | 31 | 21 | 44,0 | 43,3 | 421 |
| Septembre 2022 | 30 | 16 | 5,4 | 5,4 | 35 |
| Octobre 2022 | 31 | 9 | 3,5 | 3,2 | 49 |
| Novembre 2022 | 8 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0 |

Les moyennes de contacts par nuit enregistrées en 2022 par le Batmode 2S+ sur le parc Vieux Moulin – Saint-Jacques atteignent **des valeurs très fortes en août, fortes en juillet, assez fortes en septembre et moyennes en juin et octobre.**

On constate que le mois d'août est avec la densité de contacts la plus forte pour l'éolienne SJQ4 (avec une moyenne de 44 contacts par nuit suivie et un maximum de 421 contacts en une nuit).

Les moyennes les plus élevées de contacts d'espèces migratrices de haut vol par nuit suivie restent celles du mois de juillet et août avec respectivement 14,9 et 43,3 contacts moyens par nuit.

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

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

| Mois | Q1-25 | Q25-50 | Q50-75 | Q75-90 | Q90-100 |
|-------------------------|-------|--------|--------|--------|---------|
| Mars (2 nuits) | | | | | |
| Avril (30 nuits) | 1 | | 2 | | |
| Mai (31 nuits) | 6 | 1 | 1 | | |
| Juin (30 nuits) | 2 | 2 | 1 | | 2 |
| Juillet (31 nuits) | 4 | | | 4 | 5 |
| Août (31 nuits) | 5 | 4 | | 2 | 10 |
| Septembre (30 nuits) | 5 | 2 | 1 | 7 | 1 |
| Octobre (31 nuits) | | 5 | 2 | | 2 |
| Novembre (8 nuits) | | | | | |

Le tableau suivant résume le nombre de nuits « positives » par classe d'activité et par espèce. **Les cas d'activité forte sont largement dominés par les deux espèces de noctules.**

| Saint-Jacques_Nacelle_SJQ4 | Q1-25 | Q25-50 | Q50-75 | Q75-90 | Q90-100 |
|-------------------------------|-------|--------|--------|--------|---------|
| Noctule de Leisler | 10 | 6 | 18 | 6 | 27 |
| Noctule commune | 4 | 3 | 5 | 4 | 18 |
| Pipistrelle de Kuhl/Nathusius | | 1 | | | 1 |
| Pipistrelle de Kuhl | | 7 | 4 | | 3 |
| Pipistrelle de Nathusius | | 2 | 3 | | |
| Pipistrelle commune | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 |
| Sérotine/Noctules | | 3 | 1 | 1 | |
| Toutes espèces confondues | 20 | 13 | 13 | 10 | 26 |

Sur le parc de Saint-Jacques et la période du suivi 2022 (224 nuits suivies, dont 77 positives), quelques nuits présentent de bonnes activités entre juillet et septembre, mais **c'est surtout en août que les niveaux d'activité sont importants, avec 12 nuits classées dans les quantiles 75 à 100.**

La Noctule commune et la Noctule de Leisler sont les deux espèces avec les plus présentes et avec les plus forts niveaux d'activité par nuit. On constate que la Pipistrelle commune, malgré sa faible présence annuelle, a ponctuellement une forte activité.

Il est important de rappeler :

- que le raisonnement porte sur des nombres de contacts, et non sur des nombres d'individus. De fait, des contacts enregistrés en début et fin de nuit peuvent potentiellement correspondre aux mêmes individus transitant dans le parc éolien ;

- que des variations interannuelles peuvent survenir (conditions météorologiques, activité des chauves-souris...) et que le principe de précaution est de mise quant aux conclusions de l'étude.

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

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

Au fil de l'année, l'activité est de plus en plus importante avant de fortement diminuer dès le mois d'octobre. Au début du suivi, les contacts sont hétérogènes dans la chronologie et dans les heures de la nuit pour devenir de plus en plus fréquents et homogènes jusqu'au mois d'octobre. **Plus des deux tiers de l'activité sont concentrés sur les 3 premières heures de la nuit.**

La distribution des contacts dépend également des mois suivis :

- Aucune activité n'a été enregistrée durant les deux nuits suivies du mois de mars ;
- L'activité du mois de **septembre** débute plus tôt puisque plus de **75 % de l'activité globale** est concentrée entre la demi-heure avant le coucher du soleil et la deuxième heure après le coucher du soleil. **12 contacts de Noctule commune et 3 de Noctule de Leisler ont été enregistrés une demi-heure avant le coucher du soleil en septembre ;**
- Le mois d'octobre a une **activité globale relativement constante** tout au long de la nuit avec néanmoins un pic d'activité au cours de la cinquième heure après le coucher du soleil ;
- Aucune activité n'a été enregistrée durant les 8 nuits suivies du mois de novembre.

SJQ4 : Nombre de contacts en fonction de l'heure après le coucher du soleil pour toute la période du suivi

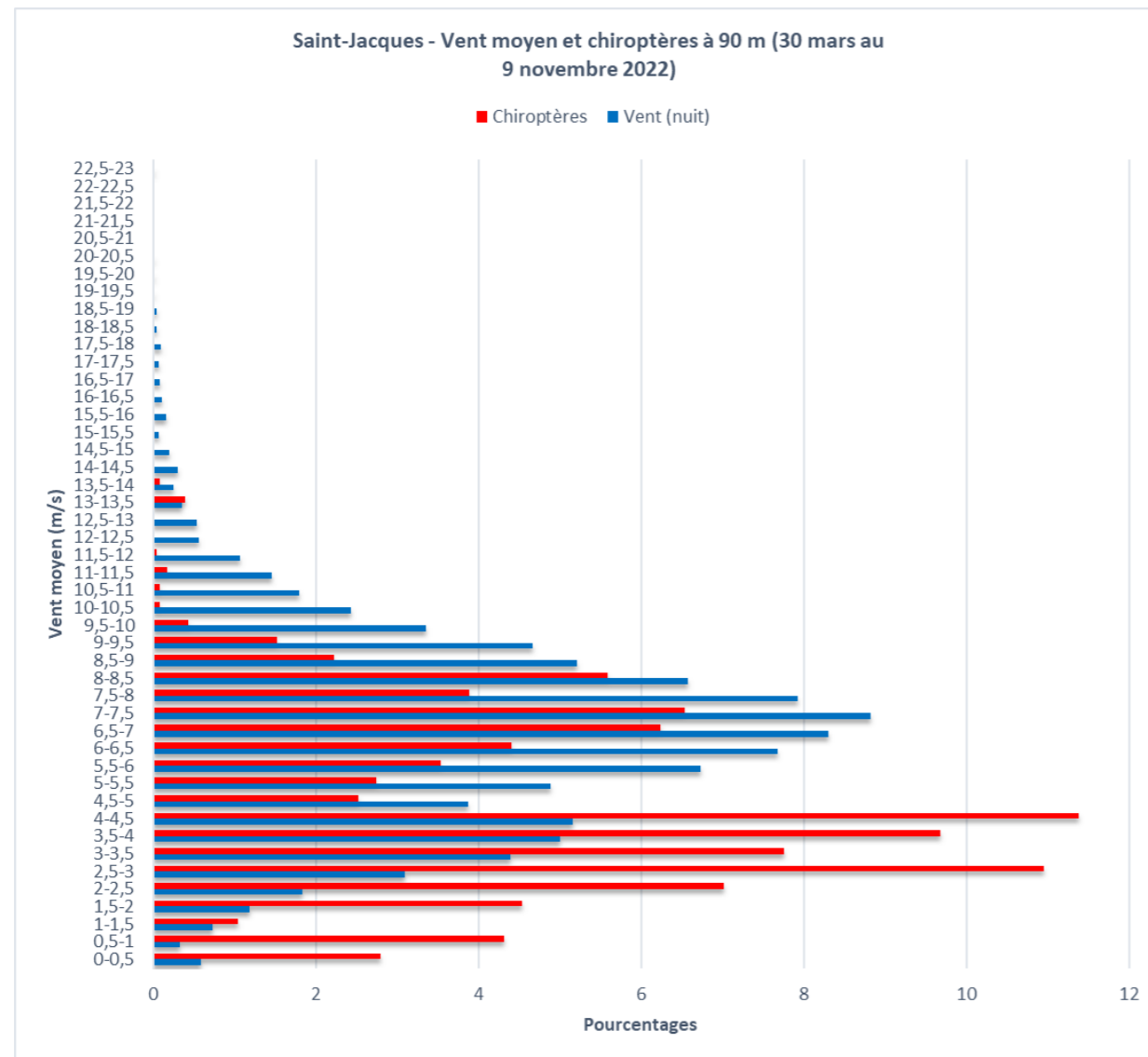
| Heure après le coucher du soleil | Mars | Avril | Mai | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Total général | % cumulé |
|------------------------------------|------|-------|-----|------|-------|------|-------|------|------|---------------|----------|
| -1h à l'heure du coucher du soleil | - | - | - | - | - | - | 15 | - | - | 15 | 0,7 |
| Heure du coucher du soleil à +1h | - | 3 | - | - | 9 | 9 | 48 | 10 | - | 79 | 4,1 |
| +1h à +2h | - | 2 | 5 | 51 | 336 | 566 | 41 | 11 | - | 1012 | 48,1 |
| +2h à +3h | - | 2 | 7 | - | 107 | 382 | 22 | 11 | - | 531 | 71,2 |
| +3h à +4h | - | 1 | 4 | - | 39 | 87 | - | 9 | - | 140 | 77,3 |
| +4h à +5h | - | 3 | 3 | - | 21 | 130 | 12 | 7 | - | 176 | 85 |
| +5h à +6h | - | 1 | - | 5 | 9 | 88 | 10 | 38 | - | 151 | 91,6 |
| +6h à +7h | - | 1 | 1 | 44 | 5 | 90 | 4 | 3 | - | 148 | 98 |
| +7h à +8h | - | 1 | - | - | 1 | 10 | 8 | 8 | - | 28 | 99,2 |
| +8h à +9h | - | - | - | - | - | 3 | - | 8 | - | 11 | 99,7 |
| +9h à +10h | - | - | - | - | - | - | 3 | 2 | - | 5 | 99,9 |
| +12h à +13h | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | 2 | 100 |
| Total général | 0 | 14 | 20 | 100 | 527 | 1365 | 163 | 109 | - | 2298 | |

4.5 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LES VITESSES DE VENT

Le graphique ci-après présente la distribution des contacts de chauves-souris par rapport aux vitesses moyennes de vent enregistrées la nuit sur l'ensemble de la période de suivi.

Sur l'éolienne SJQ4, 95 % de l'activité a été enregistrée pour des vents moyens inférieurs à 8,5 m/s et seulement 79 % pour des vents moyens inférieurs à 7 m/s.

L'activité persiste néanmoins jusqu'à 14 m/s.



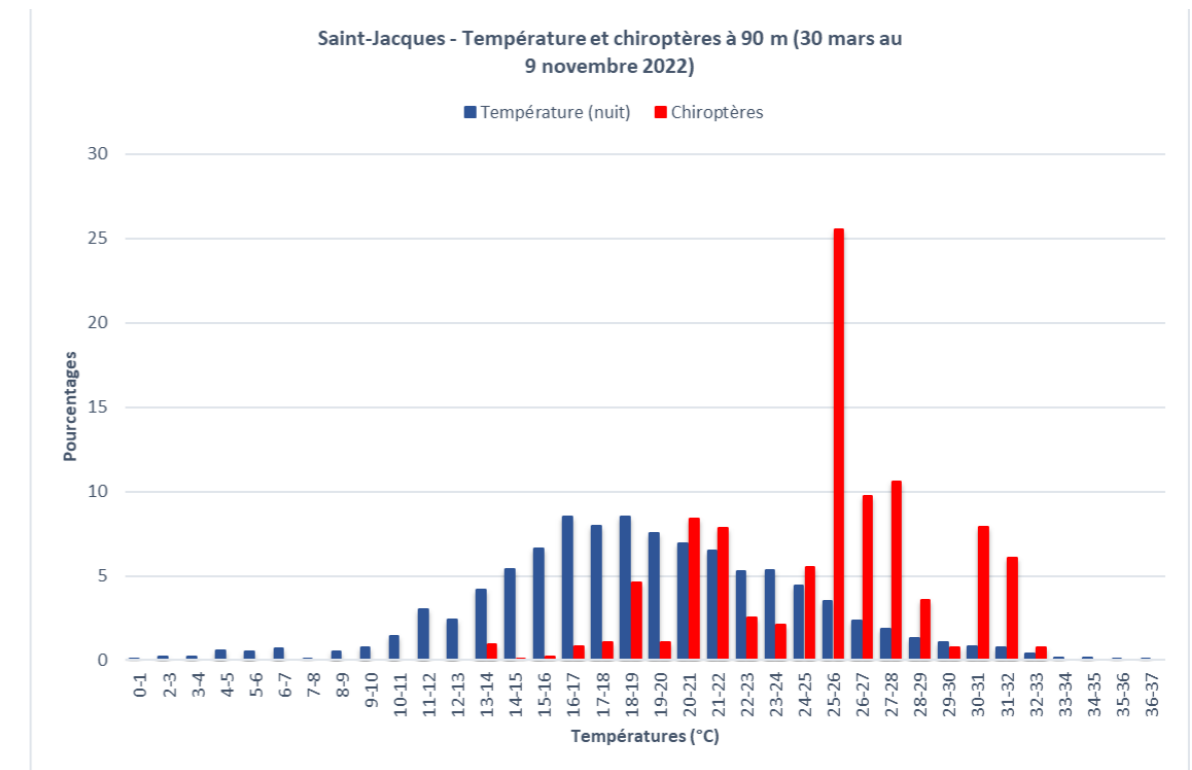
SJQ4 : Distribution de l'activité selon les vitesses moyennes de vent (de nuit seulement)

4.6 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LA TEMPERATURE

Le graphique ci-après présente la distribution des contacts de chauves-souris par rapport aux températures moyennes enregistrées la nuit sur l'ensemble de la période de suivi.

Sur l'éolienne SJQ4, 97 % de l'activité a été enregistrée pour des températures moyennes comprises entre 17 et 32°C.

Néanmoins, l'ensemble de l'activité est compris entre 13°C et 33°C avec une variabilité selon les périodes (avril : 16-18°C ; mai-juin : 16-25°C ; juillet-septembre : 13-33°C ; octobre-novembre : 13-20°C).



SJQ4 : Distribution de l'activité selon les températures (de nuit seulement)

4.7 CONCLUSION SUR LE SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE

Sur l'ensemble du suivi en nacelle de l'année 2022, l'activité mensuelle se distribue de manière hétérogène :

- Les mois de juillet et août sont les plus fréquentés de l'année sur le parc avec respectivement 23 % et 60 % de l'effectif annuel ;
- Le mois d'août possède la plus forte activité et la plus grande diversité chiroptérologique par rapport aux autres mois, avec cinq espèces : la Noctule commune et la Noctule de Leisler, qui sont les deux principales espèces représentant à elles seules 90 % de l'effectif annuel, puis en moindre quantité la Pipistrelle commune (5% de l'effectif annuel) et plus ponctuellement la Pipistrelle de Kuhl, et la Pipistrelle de Nathusius ;
- Les moyennes de contacts par nuit suivie ont des valeurs très fortes en août (44,1 contacts en moyenne), fortes en juillet (17 contacts en moyenne), assez fortes en septembre (5,4 contacts en moyenne) et moyennes en juin et octobre (3,3 et 3,5 contacts en moyenne).
- Les pics de fréquentation majeurs sont compris entre mi-juillet et mi-septembre avec 8 nuits dépassant les 100 contacts, dont 3 dépassent les 150 contacts.

Par ailleurs, l'activité est également hétérogène au cours des heures de la nuit :

- Environ 50 % de l'activité globale a été enregistrée jusqu'à 2 h après le coucher du soleil et les % de l'activité jusqu'à 4 h après le coucher du soleil ;
- 15 contacts de noctules ont été enregistrés avant l'heure du coucher du soleil en septembre.

Enfin, les conditions météorologiques participent également à la distribution de l'activité :

- Environ 95 % de l'activité a été enregistrée pour des vents moyens inférieurs à 8,5 m/s avec cependant une activité qui persiste jusqu'à des vents moyens de 14 m/s ;
- 97 % de l'activité a été enregistrée pour des températures supérieures à 17°C.

Pour rappel, les limites liées au matériel utilisé impliquent que les résultats obtenus ne représentent qu'un échantillon pour un volume d'espace aérien donné d'une activité réelle quelle qu'elle soit sur une année. Aussi, la variabilité interannuelle de différents facteurs indépendants, tel que la météorologie, peut avoir une incidence par exemple sur l'activité ou les pics d'activité.



5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE MORTALITE

5.1 RESULTATS BRUTS DU SUIVI 2022

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 2 éoliennes du parc de Sauvageons et dans un rayon de 50 m autour des mâts, un total de 3 cadavres a été découvert, tous des oiseaux, soit en moyenne 1,5 cadavre par éolienne sans corrections statistiques. Parmi ces cadavres, une Buse variable a été découverte au-delà du rayon de prospection de 50 m. Ce cadavre n'est donc pas intégré aux estimations de la mortalité réelle. Il est néanmoins pris en compte dans la réflexion globale.

Sur l'alignement complet des 6 éoliennes (Saint-Jacques et Sauvageons), 16 cadavres ont été découverts, dont 9 oiseaux et 7 chauves-souris, soit en moyenne 2,7 cadavres par éolienne sans corrections statistiques. Parmi ces cadavres, un Pigeon ramier et la Buse variable précédemment citée ont été découverts au-delà du rayon de prospection de 50 m. Ces cadavres ne sont donc pas intégrés aux estimations de la mortalité réelle. Ils sont néanmoins pris en compte dans la réflexion globale.

5.1.1 REPARTITION SPATIALE

Voir la carte « Localisation des cadavres ».

Les cadavres découverts sont distribués de manière relativement hétérogène entre les 6 éoliennes de l'alignement, avec les 2 éoliennes du parc de Sauvageons ayant une mortalité brute nulle en chauve-souris, et la présence de 7 cadavres sur l'éolienne SJQ4, contre 0 sur SJQ5 et 3 sur SJQ3 et SJQ6. Hormis la présence d'un bosquet situé à proximité de SJQ5 et SJQ6 (respectivement à 125 m et 174 m des mâts), la topographie et le contexte local sont similaires entre les 6 machines, ce qui ne permet pas d'expliquer cette hétérogénéité de la répartition des cadavres.

Concernant les oiseaux, l'éolienne SVO2 dénombre le plus de cas de mortalité (2 individus), tandis que l'éolienne SVO1 comprend un seul individu impacté. Aucune chauve-souris n'a été découverte sur le parc de Sauvageons.

Répartition des cadavres découverts en 2022 (n = 16)

| Éolienne n° | Nombre de cadavres découverts | chiroptères | oiseaux |
|--------------|-------------------------------|-------------|----------|
| SVO1 | 1 | 0 | 1 |
| SVO2 | 2 | 0 | 2 |
| SJQ3 | 3 | 3 | 0 |
| SJQ4 | 7 | 1 | 6 |
| SJQ5 | 0 | 0 | 0 |
| SJQ6 | 3 | 3 | 0 |
| TOTAL | 16 | 7 | 9 |

5.1.2 REPARTITION TEMPORELLE ET ESPECES CONCERNEES

La mortalité n'est pas répartie de manière régulière au cours de la période de suivi comme le montrent le tableau ci-dessous et les figures suivantes.

Répartition temporelle de la mortalité (n = 16 sur les 6 éoliennes, n = 3 sur les 2 éoliennes de Sauvageons)

| Période | Semaine | Date | Chiroptères | Oiseaux | Total | |
|---------|------------|------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---|
| 1 | 20 | 17/05/2022 | 0 | 1 Buse variable (SJQ4) | 1 | |
| | 21 | 24/05/2022 | 0 | | 0 | |
| | 22 | 31/05/2022 | 0 | | 0 | |
| | 22 | 01/06/2022 | 0 | | 0 | |
| | 22 | 02/06/2022 | 0 | | 0 | |
| | 22 | 03/06/2022 | 0 | | 0 | |
| | 23 | 07/06/2022 | 0 | | 0 | |
| | 23 | 10/06/2022 | 0 | | 0 | |
| | 24 | 15/06/2022 | 0 | | 0 | |
| | 25 | 20/06/2022 | 0 | | 0 | |
| | 26 | 28/06/2022 | 0 | | 0 | |
| | 27 | 05/07/2022 | 0 | 1 Buse variable (SVO1) | 1 | |
| | 28 | 11/07/2022 | 0 | | 0 | |
| | 29 | 18/07/2022 | 0 | | 0 | |
| 30 | 26/07/2022 | 0 | 2 Martinet noir (2*SJQ4) | 2 | | |
| 2 | 31 | 02/08/2022 | 0 | | 0 | |
| | 32 | 09/08/2022 | 0 | | 0 | |
| | 33 | 16/08/2022 | 1 | Noctule commune (SJQ4) | 1 | |
| | 34 | 23/08/2022 | 0 | | 0 | |
| | 35 | 31/08/2022 | 2 | Noctule commune (2*SJQ6) | 2 | |
| | 36 | 06/09/2022 | 1 | Noctule de Leisler (SJQ6) | 1 Buse variable (SVO2 hors ICPE) | 2 |
| | 36 | 07/09/2022 | 0 | | 0 | |
| | 36 | 08/09/2022 | 0 | | 0 | |
| | 36 | 09/09/2022 | 0 | | 0 | |
| | 37 | 13/09/2022 | 0 | | 1 Roitelet à triple bandeau (SJQ4) | 1 |
| | 37 | 16/09/2022 | 0 | | 0 | |
| | 38 | 20/09/2022 | 0 | | 0 | |
| | 39 | 27/09/2022 | 1 | Noctule commune (SJQ3) | 1 Pigeon ramier (SJQ4 hors ICPE) | 2 |
| | 40 | 04/10/2022 | 0 | | 0 | |
| 41 | 11/10/2022 | 1 | Pipistrelle de Nathusius (SJQ3) | 1 Faucon crécerelle (SVO2) | 2 | |
| 42 | 18/10/2022 | 0 | | 0 | | |
| 43 | 25/10/2022 | 1 | Pipistrelle de Nathusius (SJQ3) | 1 Passereau indéterminé (SJQ4) | 2 | |

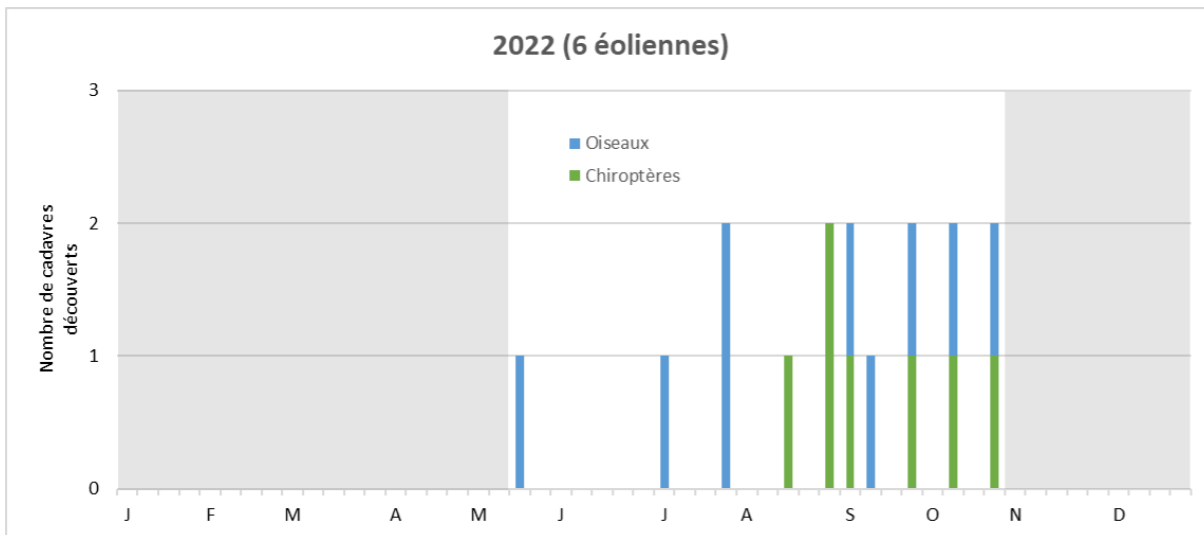


Buse variable découverte sous SVO1, le 5 juillet 2022 (I. André, Ecosphère)

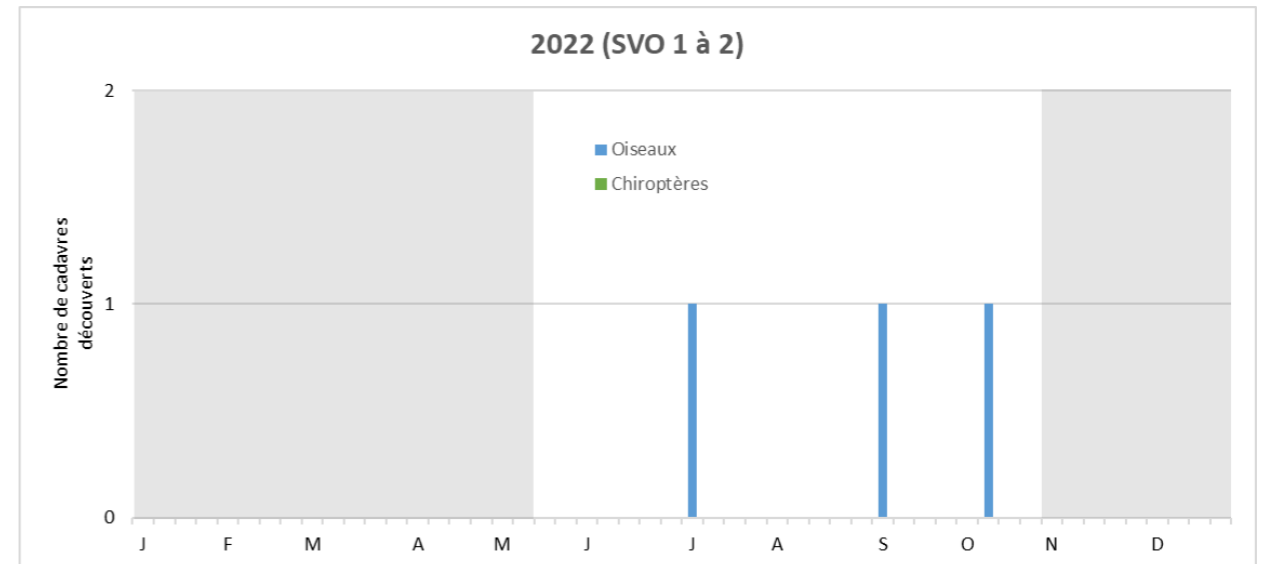


Restes de Faucon crécerelle découverts sous SVO2, le 11 octobre 2022 (I. André, Ecosphère)

Répartition de la mortalité au cours de l'année 2022 (n = 16) sur l'alignement des 6 éoliennes. La période non suivie apparaît grisée



Répartition de la mortalité au cours de l'année 2022 (n = 3) sur les 2 éoliennes de Sauvageons. La période non suivie apparaît grisée



Sur le parc de Sauvageons comme sur l'alignement des 6 éoliennes, la majorité des cadavres ont été découverts sur la seconde période du suivi (début août à fin octobre 2022).

Sur l'ensemble de l'alignement des 6 éoliennes, et sur la période liée aux mouvements pré-nuptiaux des chauves-souris, à la nidification des oiseaux et au début de la parturition des chauves-souris, la mortalité concerne uniquement 1 oiseau : une Buse variable probablement locale.

En période de dispersion des juvéniles et de mouvements post-nuptiaux précoces, la mortalité concerne 3 oiseaux : une seconde Buse variable locale et deux Martinets noirs¹⁵ migrateurs.

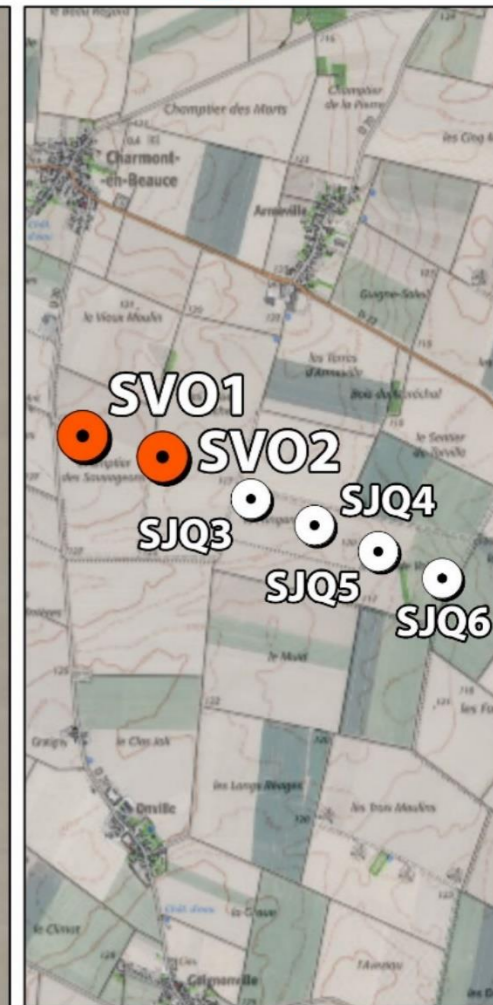
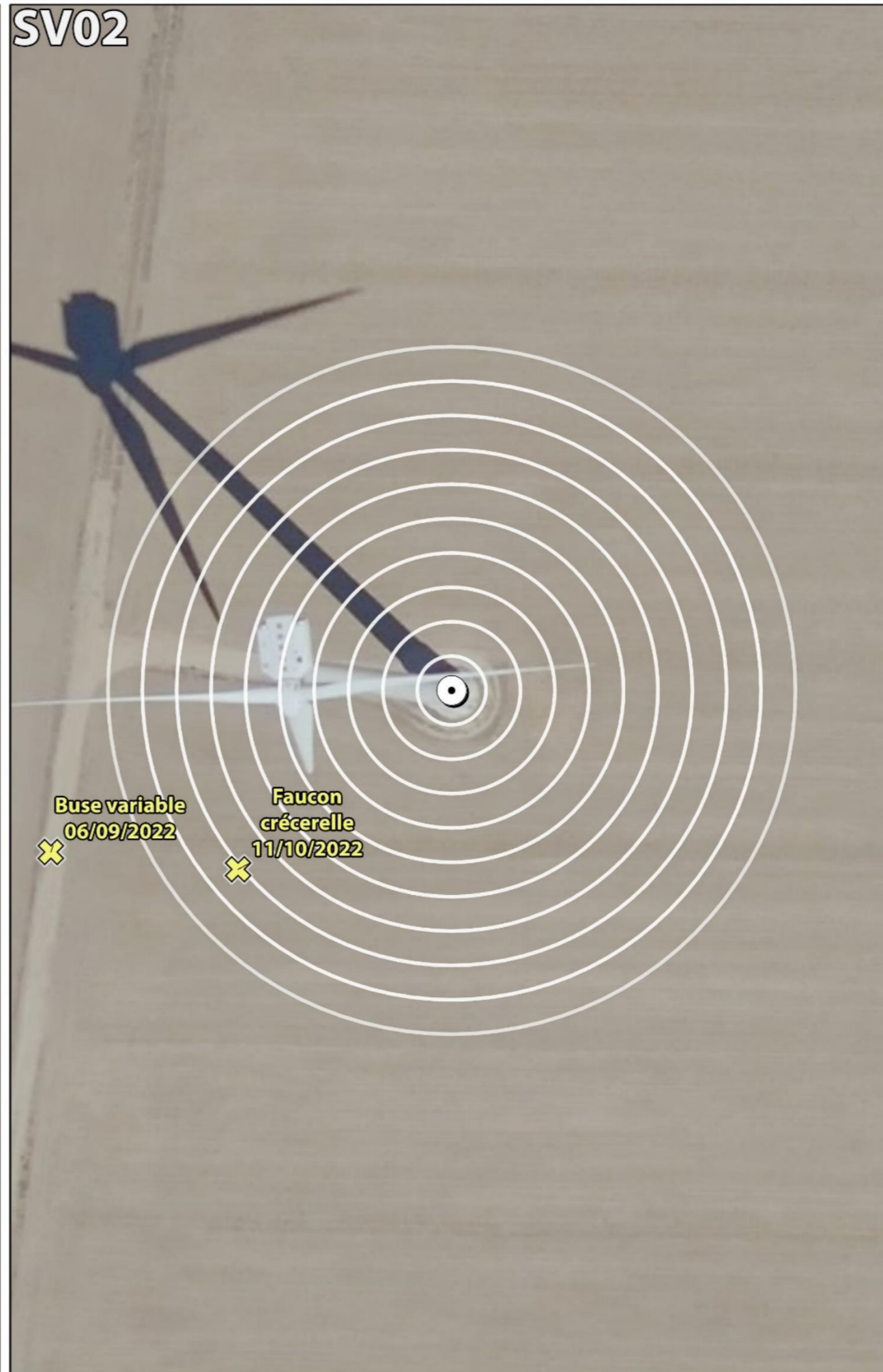
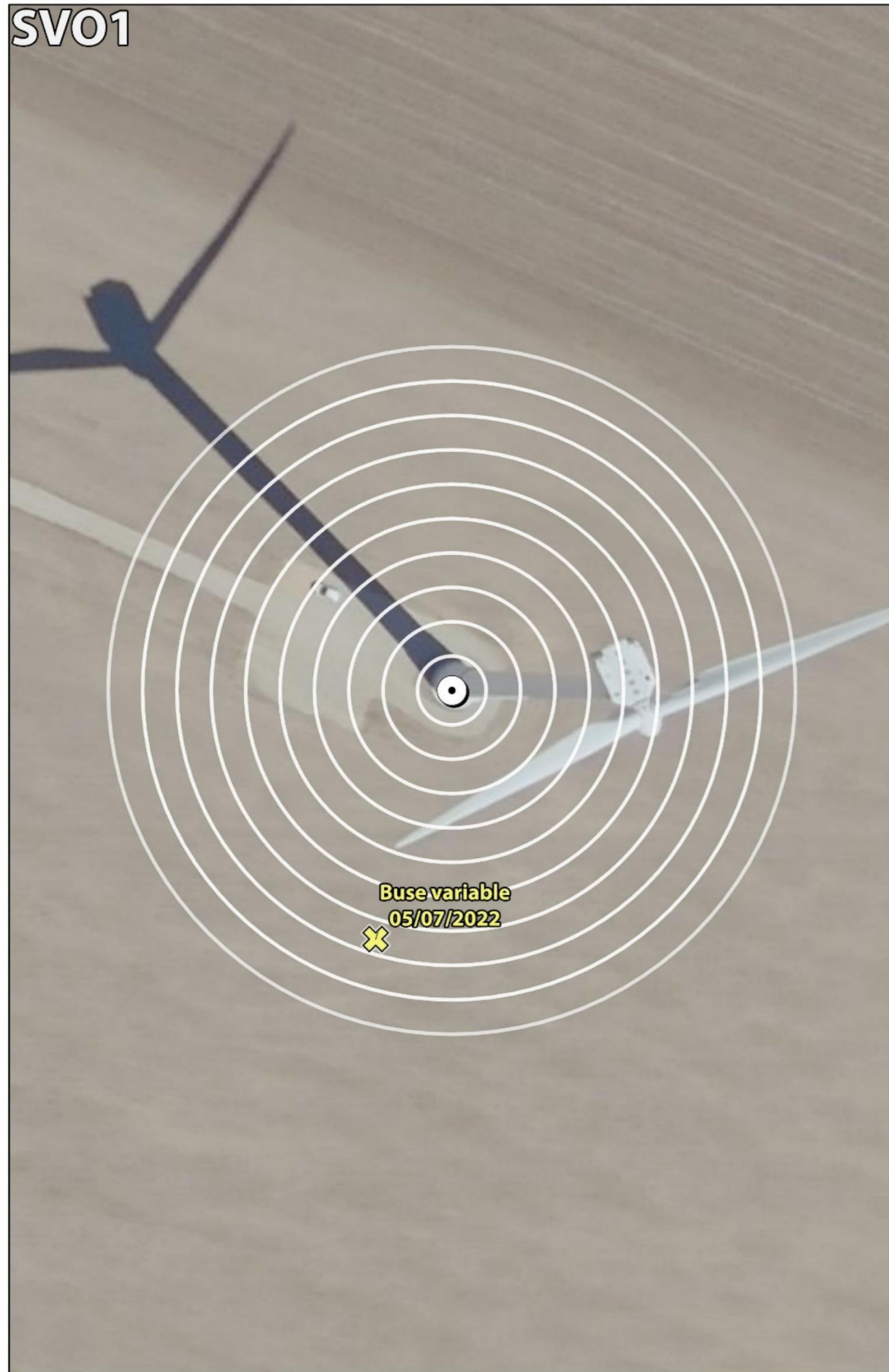
En fin d'été et en automne, période d'envol des jeunes et de migration post-nuptiale, la mortalité est la plus importante et concerne 5 oiseaux et 7 chauves-souris. La répartition des cadavres dans le temps au cours de cette période est régulière, notamment chez les chiroptères.

La mortalité constatée en 2022 sur le parc de Sauvageons se compose ainsi de :

- 3 oiseaux appartenant à 2 espèces : 2 Buses variables [1 individu local, 1 migratrice probable hors rayon de prospection] et 1 Faucon crécerelle [migrateur probable] ;
- Aucun chiroptère.

¹⁵ S'agissant du Martinet noir, les deux cadavres découverts correspondent respectivement aux parties inférieure et supérieure du corps (la collision avec l'éolienne ayant coupé en 2 ce dernier). Ces deux morceaux ont été trouvés en des endroits distincts sous la même éolienne, au même jour de prospection. Nous considérons néanmoins qu'ils appartiennent à deux individus

distincts (disparition possible des morceaux par des charognards, visibilité nulle en raison du déchaumage en cours sous l'éolienne, ou bien localisation des morceaux manquants au-delà du rayon de prospection de 50 m).



- Eolienne
- Cadavre**
- Chiroptère
- Oiseau

Ecosphère, EDP Renewables, avril 2023
Source : Fond Scan 25 et BD ORTHO - IGN ©

5.2 VARIABLES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE

5.2.1 PERSISTANCE DES CADAVRES

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 une fréquence de prospection trop élevée, les carcasses disparaissent avant le passage des observateurs. Dans ce cas, le temps moyen de persistance est faible et la mortalité certainement sous-évaluée. Ce paramètre engendrera un biais dans le calcul de l'estimation de mortalité.

Les résultats des tests de persistance sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Taux de persistance des leurres déposés au pied des éoliennes

| | | J+1 | | J+2 | | J+3 | | J+7 | | J+10 | | J+14 | |
|-------------------------|-----|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | | p | Tm | p | Tm | p | Tm | p | Tm | p | Tm | p | Tm |
| Moyenne (50 leurres) | P1 | 0,63 | 0,8 j | 0,47 | 1,4 j | 0,32 | 1,8 j | 0,11 | 2,6 j | 0,11 | 2,9 j | 0,11 | 3,3 j |
| | P2 | 0,87 | 0,9 j | 0,71 | 1,7 j | 0,52 | 2,3 j | 0,35 | 4,1 j | 0,35 | 5,1 j | 0,32 | 6,5 j |
| | Moy | 0,78 | 0,9 j | 0,62 | 1,6 j | 0,44 | 2,1 j | 0,26 | 3,5 j | 0,26 | 4,3 j | 0,24 | 5,3 j |

Tm j+7 = temps moyen de persistance (en jours) durant un intervalle de 7 jours
p j+7 = taux de persistance durant l'intervalle (proportion de cadavres présents après 7 jours)

Les résultats bruts des tests de persistance ont également été implémentés dans l'application GenEst, en indiquant pour chaque faux-cadavre utilisé le dernier jour d'observation et le premier jour où il a été noté disparu/prédaté. Une probabilité de persistance « r » a ensuite été modélisée à partir de modèles statistiques dits d'analyse de survie et basés sur la méthode du maximum de vraisemblance¹⁶. Cette variable « r » correspond à la probabilité estimée qu'un cadavre qui arrive à un instant aléatoire et uniforme dans l'intervalle de x jours persiste jusqu'à la fin de cet intervalle. La variable « période » a été considérée et retenue comme variable influençant la persistance dans le cas de ce parc. Ces valeurs sont ensuite utilisées par l'application pour les estimations globales présentées au chapitre 5.3.2.

Probabilité de persistance r (j+7) calculée avec GenEst

| Probabilité de persistance à j+7 (GenEst) | Période 1 | | Période 2 | |
|--|-------------|---------------|-------------|---------------|
| | Médiane | [IC 10 - 90%] | Médiane | [IC 10 - 90%] |
| Alignement total des 6 éoliennes | 0,37 | 0,28 - 0,46 | 0,62 | 0,53 - 0,70 |
| Sauvageons (SVO1 et SVO2) | 0,52 | 0,34 - 0,68 | 0,61 | 0,47 - 0,73 |

¹⁶ Dalthorp, D., Madsen, L., Huso, M., Rabie, P., Wolpert, R., Studyvin, J., Simonis, J., and Mintz, J., 2018, GenEst statistical models—A generalized estimator of mortality: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 7, chap. A2, 13 p., <https://doi.org/10.3133/tm7A2>.

Dans le cadre de ce suivi et au regard de l'intervalle réalisé entre les passages (7 j aux deux périodes), les valeurs moyennes de persistance des cadavres « non naturels » sont :

- **Temps moyen de persistance (Tm)** : **3,3 j** (période 1) et **6,5 j** (période 2) (alignement des 6 éoliennes) ;
- **Taux de persistance (p)** à j+7 : **11 %** (période 1) et **35 %** (période 2) (alignement des 6 éoliennes) ;
- **Probabilité de persistance (r)** à j+7 :
 - Alignement des 6 éoliennes : **0,37** [IC 80 % : 0,28 - 0,46] (période 1) et **0,62** [IC 80 % : 0,54 - 0,70] (période 2) ;
 - SVO1 et SVO2 : **0,52** [IC 80 % : 0,34 - 0,68] (période 1) et **0,61** [IC 80 % : 0,47 - 0,73] (période 2).

Sur l'alignement des 6 éoliennes comme sur le parc de Sauvageons, **la persistance est faible durant la première période de suivi et augmente légèrement en seconde période de suivi, où elle est globalement assez bonne**.

La durée élevée de l'intervalle entre deux passages tout au long du suivi (7 j) ne permet pas de couvrir le temps moyen de persistance, que ce dernier soit très faible en période 1 ou plus important mais néanmoins inférieur à l'intervalle en période 2. **Un biais est donc à prévoir lors des estimations de mortalité réelle**.

5.2.2 EFFICACITE DE L'OBSERVATEUR OU DETECTABILITE

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

Dans des conditions normales de recherche, **68 leurres ont été retrouvés par l'observateur sur les 87 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 plus un cadavre est ancien et donc dégradé.

L'efficacité de l'observateur a été modélisée pour chaque période et pour une seule classe de visibilité : bonne. L'absence de test en visibilité moyenne s'explique par le manque de surfaces de prospection correspondant à cette classe de visibilité, lors des dates consacrées à la réalisation du test (31/05 et 31/08) et sur l'ensemble de la période de suivi. La classe de visibilité testée pour la détectabilité n'est

donc pas applicable aux cadavres utilisés pour le test de persistance (déposés en visibilité bonne et moyenne), ni au cadavre réel découvert dans la classe de visibilité moyenne.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après :

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

| GenEst | | Période 1 | | | Période 2 | | |
|-----------------------|-------|-----------|---------------|------|-----------|---------------|------|
| | | Médiane | [IC 10 - 90%] | | Médiane | [IC 10 - 90%] | |
| Taux d'efficacité (d) | Bonne | 0,86 | 0,79 | 0,91 | 0,67 | 0,56 | 0,76 |

Le taux d'efficacité (ou de détection) est plus élevé en période 1 qu'en période 2 :

- 86 % [IC 80 % : 79 - 91 %] en période 1, soit un très bon taux ;
- 67 % [IC 80 % : 56 - 76 %] en période 2, soit un taux assez bon.

La différence de taux d'efficacité entre les deux périodes est significative, avec une baisse constatée en période 2, ce qui implique un biais qui sera pris en compte dans les estimations.

5.2.3 AJUSTEMENT DE LA SURFACE REELLEMENT CONTROLEE

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

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

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

Surface moyenne prospectée par éolienne et par période en 2022

| Éolienne | Surface moyenne prospectée (%) | | |
|---|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| | Période 1 (17/05 -> 26/07) | Période 2 (02/08 -> 25/10) | Moyenne sur l'ensemble du suivi : |
| SVO1 | 40 % | 79 % | 61 % |
| SVO2 | 18 % | 11 % | 14 % |
| Moyenne sur Sauvageons | 29 % | 45 % | 38 % |
| SJQ3 | 37 % | 93 % | 67 % |
| SJQ4 | 29 % | 100 % | 68 % |
| SJQ5 | 24 % | 24 % | 24 % |
| SJQ6 | 38 % | 95 % | 69 % |
| Moyenne sur Saint-Jacques | 32 % | 78 % | 57 % |
| Moyenne sur l'ensemble des 2 parcs : | 31 % | 67 % | 51 % |

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 de l'alignement d'éoliennes pour l'ensemble du suivi, à savoir 51 %, qui est renseignée dans l'application EolApp¹⁷. L'application GenEst, quant à elle, différencie la surface moyenne prospectée pour chaque parc, chaque éolienne et par période.

Les éoliennes de l'alignement total sont implantées dans des milieux ayant été préférentiellement cultivés en 2022. Il s'agit de cultures majoritairement céréalières (blé, orge) ou à récolte plus tardive (betteraves). La surface de prospection apparaît donc relativement homogène dans le temps pour chaque période et sur l'ensemble des éoliennes. Notons que le nombre de passages effectués est très proche entre les périodes 1 et 2 (respectivement 11 et 13 passages).

La surface de prospection sur le parc de Sauvageons est mauvaise (38 %), notamment au cours de la première période (29 %). Cette surface est plus élevée en deuxième période mais reste assez faible (45 %). Elle est hétérogène entre les éoliennes aux deux périodes, inférieure à 20 % pour SVO2 et supérieure ou égale à 40 % pour SVO1 avec un maximum à 79 % en période 2. Cette différence importante s'explique par le type de culture en place : les betteraves entourant SVO2 n'ont pas permis les prospections sur une grande partie du suivi, contrairement à SVO1 entourée de cultures céréalières (blé, orge).

Le biais induit par la faible probabilité de découverte des cadavres autour des machines est très important pour l'éolienne SVO2 et faible pour l'éolienne SVO1 aux deux périodes du suivi. A l'exception de SVO2, l'éolienne SVO1 a une surface moyenne prospectée supérieure à 40 % sur l'ensemble du suivi, limite définie pour avoir des estimations statistiques particulièrement robustes (Behr et al., 2011). L'éolienne SVO1 a des niveaux de prospection très faibles, inférieurs à 40 % sur les deux périodes de l'année.

La surface de prospection représente donc un biais localisé à une éolienne sur les deux périodes, influençant fortement la moyenne sur l'ensemble du suivi. Ce biais sera pris en compte pour l'interprétation des résultats.

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 de la période suivies. Il est néanmoins nécessaire d'analyser si ces paramètres sont suffisamment robustes et représentatifs pour éviter d'aboutir à des estimations trop aléatoires et ininterprétables. Écosphère analyse la robustesse de ces paramètres au regard des nombreuses données internes disponibles (suivis de parcs dans des conditions équivalentes et avec des méthodologies proches) et vis-à-vis des conséquences des potentiels biais des variables calculées.

Le nombre brut de cadavres est tout d'abord analysé, indépendamment de la représentativité des surfaces échantillonnées et de la persistance locale. Si estimation statistique il y avait, il serait nécessaire de traiter les données des différentes périodes indépendamment pour des raisons strictement mathématiques (éventuelles différences d'intervalle entre les passages, de surface prospectée, de persistance, voire d'efficacité) mais également d'analyse des résultats (paramètres de bridages variables entre les périodes, écologie des espèces différente). De la même façon, il est intéressant de traiter indépendamment oiseaux et chauves-souris (écologies et mesures différentes). Cela implique un éclatement du jeu de données brut qui peut s'avérer trop faible pour des estimations fiables.

proportion de surface prospectée moyenne de l'ensemble de l'alignement d'éoliennes est renseignée, et non celle de chaque parc suivi.

¹⁷ Le jeu de données brut étant relativement faible pour chaque parc éolien considéré séparément, l'application EolApp ne peut pas fournir des estimations de la mortalité suffisamment robustes. C'est pourquoi, dans les analyses générées sur EolApp, la

- Sur l'ensemble des 6 éoliennes suivies, 14 cadavres¹⁸ ont été découverts : 4 en période 1 et 10 en période 2. Ainsi, **la mortalité peut être corrigée pour chacune des périodes** ;
- Parmi ces 14 cadavres, on trouve 7 chauves-souris et 7 oiseaux. **La distinction par groupe impacté est donc réalisable** ;
- En troisième lieu, **il est possible d'obtenir des estimations par groupe et par période, à l'exception de la période 1 pour les chiroptères** (aucun cadavre). Pour les chiroptères sur la période 2, nous disposons de 7 cadavres tandis qu'il y a respectivement 4 et 3 cadavres d'oiseaux sur les périodes 1 et 2 ;
- Enfin, **les estimations par éolienne sont peu robustes** car le jeu de données est globalement insuffisant pour la plupart des éoliennes (0 à 3 cadavres pour 5 éoliennes, contre 7 cadavres pour SJQ4). En raison de cette différence importante entre SJQ4 et les autres éoliennes, **les résultats seront globalement peu fiables et un biais est à prévoir. Ces estimations permettront surtout de mieux comprendre l'impact des biais surfaciques.**

Le jeu de données correspondant au parc de Sauvageons est très différent de celui de l'ensemble de l'alignement (2 cadavres, uniquement des oiseaux sur l'ensemble du suivi ; 1 oiseau en période 1 et 1 oiseau en période 2). **Les résultats observés et la faisabilité des estimations ne suivront donc pas les mêmes tendances entre l'alignement des 6 éoliennes et le parc de Sauvageons.** De plus, le jeu de données brut du parc de Sauvageons, constitué de seulement 2 cadavres, ne permettra pas d'obtenir des résultats fiables et robustes. **Un biais important est à prévoir.**

Concernant **l'efficacité de la recherche**, l'observateur ayant réalisé les passages du suivi de la mortalité a été testé. Une méthodologie standardisée a été suivie. **L'efficacité de recherche est assez bonne sur l'ensemble du suivi, bien que des incertitudes soient générées en seconde période, où l'efficacité est moins élevée qu'en première période.**

S'agissant de **la persistance**, les tests ont été effectués de façon standardisée aux deux périodes suivies. L'échantillon de cadavres posés est suffisamment grand pour considérer que les tests soient suffisamment représentatifs. Différents types de leurres ont été posés (rats, souris 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 les différentes estimations par groupe impacté. Il est tout de même à noter que la persistance est globalement faible sur l'ensemble du suivi sur les 2 parcs (probablement due à la présence de Corneilles noires et de Laridés prospectant régulièrement les parcelles du secteur) notamment en première partie du suivi. Associé à l'intervalle moyen assez élevé entre les passages (7 j), cela entraîne une incertitude importante à correcte dans les modélisations selon les périodes, induisant un biais dans les estimations.

Enfin, s'agissant des **surfaces prospectées**, une nette différence apparaît entre les deux périodes, bien qu'elles soient jugées bonnes en moyenne sur l'ensemble du suivi (51 % sur l'alignement total, 38 % sur Sauvageons). Des biais majeurs doivent être considérés sur la première période avec une surface moyenne de prospection de 31 % sur l'alignement total (29 % sur Sauvageons). La seconde phase présente néanmoins une meilleure représentativité sur ce paramètre, la majorité des cultures autour des machines ayant été moissonnées à partir de juillet. Ainsi, la surface de prospection moyenne est de 67 % pour l'alignement total (45 % pour Sauvageons), ce qui est correct et permet des estimations suffisamment robustes. Les surfaces prospectées sont mauvaises pour SVO2 et SJQ5, avec respectivement 14 % et 24 %, et bonnes pour les 4 autres éoliennes, principalement grâce à la période

¹⁸ Comme indiqué au chapitre 5.1, les 2 cadavres supplémentaires découverts au-delà du rayon de prospection de 50 m ne sont pas intégrés aux estimations de la mortalité réelle.

2 et aux modes cultureux (blé, orge). En effet, la surface de prospection est inférieure ou égale à 40 % sur la période 1 pour toutes les éoliennes, en période 2 pour 2 éoliennes. La moyenne sur l'ensemble du suivi est cependant largement supérieure à 40 %. Ce biais doit donc être intégré aux réflexions autour des résultats bruts et estimés.

En conséquence de tous ces éléments, **des estimations statistiques ont été poursuivies sur les deux périodes, en scindant les estimations oiseaux de celles des chiroptères sur le suivi complet (uniquement les oiseaux pour le parc de Sauvageons), et en distinguant le parc de Sauvageons des autres éoliennes de l'alignement.** Des estimations par éolienne ont également été effectuées afin de permettre, principalement, de mieux comprendre l'impact des biais surfaciques.

5.2.5 CORRECTIF LIE A LA PERIODE D'ETUDE

Les estimations de la mortalité ont été réalisées sur la base des 24 passages compris entre les semaines 20 à 43 (mi-mai à fin octobre).

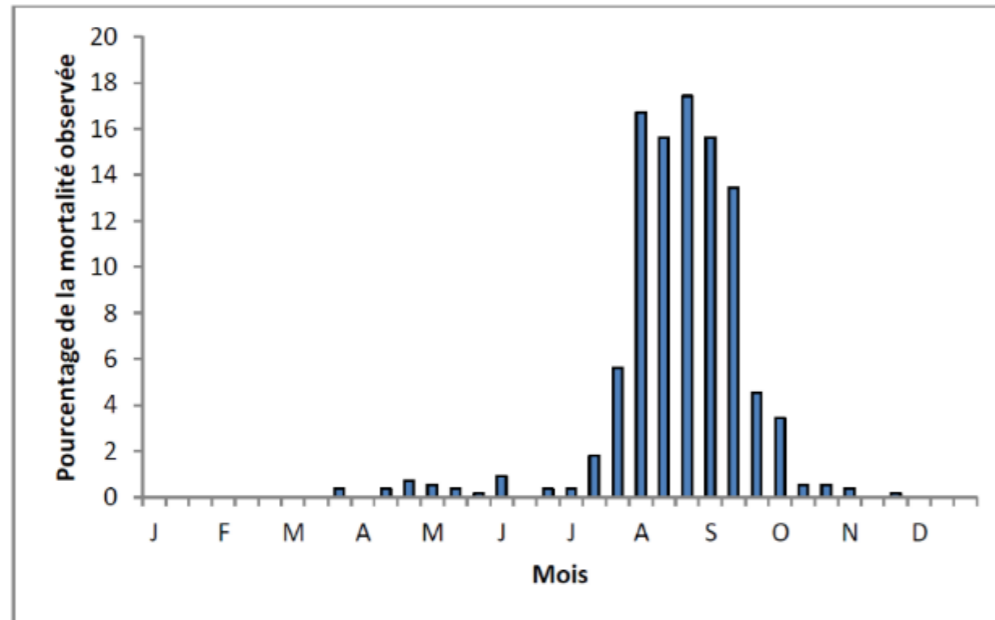
Cette période correspond à l'ensemble de la période d'activité des chauves-souris et, pour les oiseaux, couvre une partie de la migration pré-nuptiale, la période de reproduction et une grande majorité de la migration post-nuptiale. Toutefois, des cas de mortalité se produisent également en dehors de cette période suivie, notamment pour les oiseaux migrants tardivement en automne ou précocement au printemps ou encore pour des hivernants locaux.

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

Répartition annuelle de la mortalité chiroptérologique selon différentes sources bibliographiques

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

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

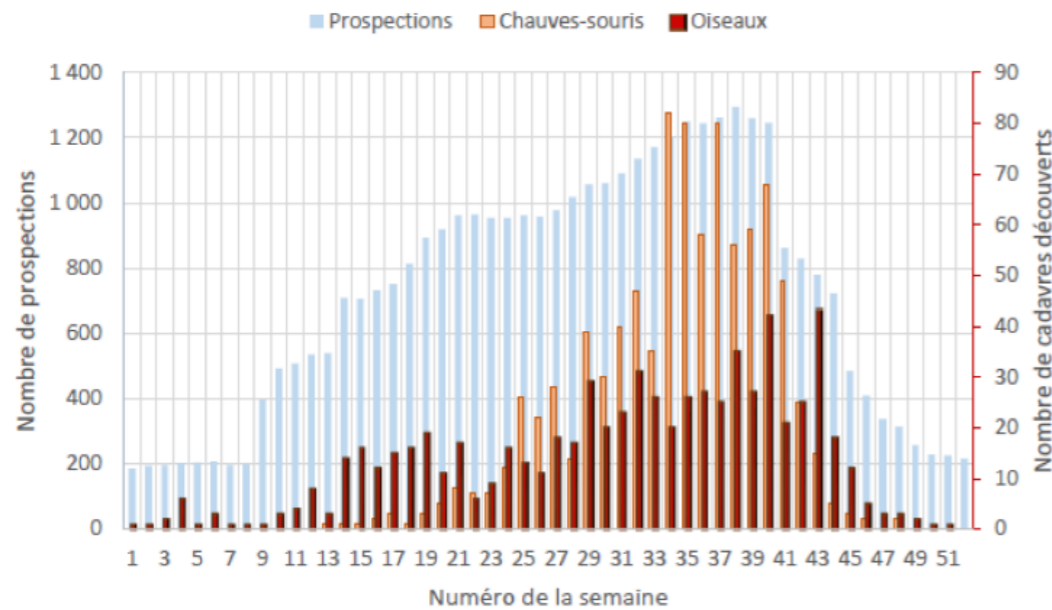


Répartition temporelle des cadavres de chauves-souris récoltés (données Dürr 2007, in Jones et al., 2009 ; graphique Heitz & Jung, 2017)

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

Semaine de découverte des cadavres

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



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

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

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

| Pourcentage de mortalité (toutes espèces) | Chiroptères | | Oiseaux | |
|--|-------------|------------------------|---------|-----------------------|
| Avril à juillet (semaines 13 à 30) => migration prénuptiale, période de reproduction | 20 % | 0 cadavre, soit 0 % | 25 % | 4 cadavres, soit 57 % |
| Août à octobre (semaines 31 à 43) => migration postnuptiale, mouvements locaux | 75 % | 7 cadavres, soit 100 % | 50 % | 3 cadavres, soit 43 % |
| Reste de l'année (novembre à avril) | 5 % | Pas de suivi | 25 % | Pas de suivi |

Ainsi, sur la base des données bibliographiques et les résultats recueillis en 2022, il apparaît que les résultats de suivi obtenus sur les 6 éoliennes de l'alignement dans lequel s'intègre le parc de Sauvageons ne sont pas totalement représentatifs de la répartition temporelle classique des cadavres, avec une absence totale de mortalité de chauves-souris observée avant août, ainsi qu'une plus grande proportion d'oiseaux en période de reproduction et de chauves-souris en période de migration postnuptiale.

Basés sur une compilation de différentes sources bibliographiques, ces coefficients correcteurs ne peuvent être directement appliqués à nos calculs et sont présentés ci-dessus à titre indicatif. Toutefois, ils illustrent un fait important : le suivi de la mortalité concerne la majeure partie du cycle biologique de la faune volante mais la mortalité engendrée par les éoliennes en dehors des périodes de suivi est inconnue. Par ailleurs, il peut exister des variables locales qui font que la mortalité sur certains parcs n'est pas comparable à la bibliographie connue. Les estimations réalisées concernent uniquement la période suivie (correspondant à la période présentant le risque d'impact majeur, selon la bibliographie et les études précédentes réalisées sur le parc, voir chapitres 0 et 3.2.1.2). Aucune extrapolation fiable de la mortalité estimée ne peut néanmoins être réalisée sur la période non suivie.

5.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE

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

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

En outre, ces deux applications EolApp et GenEst permettent d'obtenir un résultat encadré par un intervalle de confiance de 80 % (bornes à 10 % et 90 %). Les différents paramètres pris en compte sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Récapitulatif des différents paramètres généraux pris en compte pour les estimations

| Paramètres | | Sauvageons, Saint-Jacques | | |
|--|--|---|---------------------------------|---|
| Période du suivi | | mi-mai - fin octobre 2022 | P1 mi-mai - fin juillet 2022 | P2 début août - fin octobre 2022 |
| Nbre d'éoliennes suivies | 6 éoliennes | 6 | | |
| | Sauvageons | 2 | | |
| | Saint-Jacques | 4 | | |
| C (nombre de cadavres brut découverts sous les éoliennes dans un rayon de 50 m) | 6 éoliennes | 14 (7 oiseaux et 7 chiroptères) + 2 oiseaux hors suivi ICPE | 4 (4 oiseaux) | 10 (3 oiseaux et 7 chiroptères) + 2 oiseaux hors suivi ICPE |
| | Sauvageons | 2 (2 oiseaux) + 1 oiseau hors suivi ICPE | 1 (1 oiseau) | 1 (1 oiseau) + 1 oiseau hors suivi ICPE |
| | Saint-Jacques | 12 (5 oiseaux et 7 chiroptères) + 1 oiseau hors suivi ICPE | 3 (3 oiseaux) | 9 (2 oiseaux et 7 chiroptères) + 1 oiseau hors suivi ICPE |
| d (taux de détection moyen) | | 0,78 | 0,86 | 0,67 |
| p (taux de persistance durant l'intervalle) | 6 éoliennes (légère différence entre les parcs mais non significative au vu du faible jeu de données) | 0,26 (j+7) | 0,11 (j+7) | 0,35 (j+7) |
| Tm (durée moyenne de persistance durant l'intervalle) | 6 éoliennes (légère différence entre les parcs mais non significative au vu du faible jeu de données) | 5,3 jours | 3,3 jours | 6,5 jours |
| r (probabilité de persistance) | 6 éoliennes (légère différence entre les parcs mais non significative au vu du faible jeu de données) | - | 0,37 [IC80 : 0,28-0,46] | 0,62 [IC80 : 0,53-0,70] |
| l (intervalle moyen entre 2 visites) | | 7,0 jours | 7,0 jours | 7,0 jours |
| n (nombre de passage) | | 24 | 11 | 13 |
| Sk (surface prospectée moyenne) | 6 éoliennes | 51% | 31% | 67% |
| | Sauvageons | 38% | 29% | 45% |
| | Saint-Jacques | 57% | 32% | 78% |

5.3.1 ESTIMATIONS DE LA MORTALITE AVEC EOLAPP

Le tableau suivant présente les résultats des estimations de la mortalité réelle pour l'alignement complet (6 éoliennes) et pour le parc de Sauvageons (2 éoliennes) sur l'ensemble de la période du

suivi (de mi-mai à fin octobre 2022). La distinction des résultats par groupe impacté a également pu être réalisée pour l'alignement complet, mais pas pour le seul jeu de données du parc de Sauvageons, les cadavres découverts n'appartenant qu'à un même taxon. De même, la distinction des résultats en deux sous-périodes (avant et après le 2 août dans le cas présent) n'a pas pu être réalisée pour l'alignement ni pour Sauvageons.

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 pour l'alignement des 6 éoliennes et pour les 2 éoliennes de Sauvageons sur l'ensemble du suivi

| | Estimation | Période | Mortalité brute | Huso | | | Jones | | | Erickson | | |
|--------------------------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------|---------|---------------|------|---------|---------------|-------|----------|---------------|------|
| | | | | Médiane | [IC 10 - 90%] | | Médiane | [IC 10 - 90%] | | Médiane | [IC 10 - 90%] | |
| EolApp Alignement des 6 éoliennes | Chiroptères et oiseaux | Ensemble de la période du suivi | 14 | 68,4 | 45,2 | 96,7 | 75,6 | 49,1 | 109,2 | 53,1 | 33,9 | 78,9 |
| | Oiseaux | | 7 | 34,0 | 18,1 | 53,3 | 37,5 | 19,8 | 60,1 | 26,4 | 13,7 | 43,1 |
| | Chiroptères | | 7 | 33,8 | 18,6 | 53,4 | 37,2 | 20,3 | 59,7 | 26,2 | 14,1 | 42,9 |
| EolApp 2 éoliennes de Sauvageons | Chiroptères et oiseaux | | 2 | 9,4 | 0,0 | 18,9 | 10,3 | 0,0 | 21,1 | 7,2 | 0,0 | 15,1 |

Le modèle d'Huso donne une valeur médiane de la mortalité d'environ **34 chauves-souris [IC 80 % : 19 - 53] et 34 oiseaux [IC 80 % : 18 - 53] impactés sur l'ensemble de l'alignement sur l'ensemble du suivi** (mi-mai à fin octobre, sur 24 passages), **avec une médiane totale d'environ 68 cadavres [IC 80 % : 45 - 98]**. Concernant le parc de Sauvageons, le modèle d'Huso donne une médiane totale d'environ 9 cadavres [IC 80 % : 0 - 19] sur l'ensemble du suivi.

Le modèle de Jones donne une valeur médiane de la mortalité d'environ **37 chauves-souris [IC 80 % : 20 - 60] et 38 oiseaux [IC 80 % : 20 - 60] impactés sur l'ensemble de l'alignement sur l'ensemble du suivi** (mi-mai à fin octobre, sur 24 passages), **avec une médiane totale d'environ 76 cadavres [IC 80 % : 49 - 109]**. Concernant le parc de Sauvageons, le modèle de Jones donne une médiane totale d'environ 10 cadavres [IC 80 % : 0 - 21] sur l'ensemble du suivi.

Les intervalles de confiance obtenus pour Jones et Huso attestent d'une assez bonne précision de l'estimation statistique pour les oiseaux et les chauves-souris, bien que plus réduite pour le modèle de Jones. Ces valeurs estimées sont toutefois à prendre avec précaution. Les biais induits dans les estimations (l'absence d'intégration des différences de surfaces prospectées entre les éoliennes étant le principal, ainsi que le faible jeu de données brut du parc de Sauvageons) conduisent à des estimations pouvant être peu précises, ici visiblement surestimées pour l'alignement complet et plutôt sous-estimées pour le parc de Sauvageons. Une intégration détaillée des variables dans les modélisations peut permettre d'affiner ces estimations et ainsi les rendre plus justes, c'est la méthode de GenEst présentée au chapitre suivant.

5.3.2 ESTIMATIONS DE LA MORTALITE AVEC GENEST

Les tableaux suivants présentent les résultats des estimations de la mortalité réelle **pour le parc de Sauvageons (2 éoliennes) et pour l'alignement complet (6 éoliennes) par période (de mi-mai à fin juillet et de début août à fin octobre 2022), puis par groupe faunistique pour l'alignement complet uniquement**, obtenus à partir des modélisations faites avec GenEst (Dalthorp et al. 2018).

En annexe 6, est précisé le détail des choix retenus pour les modélisations opérées par GenEst afin d'ajuster au mieux les estimations au jeu de données du parc.

Résultats des estimations de la mortalité réelle obtenus avec GenEst pour l'alignement des 6 éoliennes

Les valeurs grisées correspondent aux résultats peu fiables et à prendre en compte avec d'importantes précautions. Les valeurs affichées sont des médianes calculées indépendamment, elles ne peuvent donc s'additionner (ex : 15,4 chiroptères + 65,7 oiseaux ≠ 82,2 individus au total)

| | Estimation | Période | Mortalité brute | Médiane | [IC 10 - 90%] | | Ensemble du suivi |
|--------|------------------------|-----------|-----------------|---------|---------------|------|----------------------------------|
| | | | | | | | |
| GenEst | Chiroptères | Période 1 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 15,4 [IC 80 % : 10,1 - 23,2] |
| | | Période 2 | 7 | 15,4 | 10,1 | 23,1 | |
| | Oiseaux | Période 1 | 4 | 40,9 | 15,9 | 76,5 | 65,7 [IC 80 % : 29,5 - 109,7] |
| | | Période 2 | 3 | 22,3 | 3,0 | 53,4 | |
| | Chiroptères et oiseaux | Période 1 | 4 | 40,9 | 15,9 | 76,6 | 82,2 [IC 80 % : 46,4 - 126,9] |
| | | Période 2 | 10 | 37,1 | 16,7 | 70,3 | |

Résultats des estimations de la mortalité réelle obtenus avec GenEst pour le parc de Sauvageons

Les valeurs grisées correspondent aux résultats peu fiables et à prendre en compte avec d'importantes précautions. Les valeurs affichées sont des médianes calculées indépendamment, elles ne peuvent donc s'additionner (ex : 5,1 individus en période 1 + 20,6 individus en période 2 ≠ 25,5 individus au total)

| | Estimation | Visibilité ou Période | Mortalité brute | Médiane | [IC 10 - 90%] | | Ensemble du suivi |
|--------|--------------------------|-----------------------|-----------------|---------|---------------|------|--------------------------------|
| | | | | | | | |
| GenEst | (Chiroptères et oiseaux) | Période 1 | 1 | 5,1 | 1,0 | 14,7 | 25,5 [IC 80 % : 2,0 - 68,7] |
| | | Période 2 | 1 | 20,6 | 1,0 | 61,8 | |

Pour les chiroptères, en période 1 (mi-mai à fin juillet), les estimations sont nulles en l'absence de données brutes, ce qui ne signifie pas pour autant une absence totale de mortalité sur le parc à cette période. En effet, la persistance à cette période était faible (taux de disparition rapide, probablement lié à la présence régulière de Corneilles noires et de Laridés) et les surfaces de prospection plus limitées (moyenne de 31 % de la surface théorique à prospecter sur les 6 éoliennes de l'alignement, 29 % sur les 2 éoliennes de Sauvageons), impliquant de fait de plus faibles chances de découvertes de cadavres. **La mortalité est néanmoins jugée faible en période 1.**

Pour les chiroptères, en période 2 (début août à fin octobre), les estimations sont probablement sous-évaluées avec une médiane estimée en-dessous de la valeur réelle pour l'alignement des 6 éoliennes (tous les cadavres de chauves-souris ayant été découverts sur le parc de Saint-Jacques, aucun sur celui de Sauvageons). S'agissant d'une période de l'année où la mortalité peut être réellement élevée, il convient d'analyser dans le détail ces résultats. Trois facteurs exercent une influence relativement forte sur les estimations :

- Le premier concerne les **surfaces de prospection** : 2 des 6 éoliennes sont nettement sous-prospectées en période 2, période regroupant classiquement la majeure partie de la mortalité des chiroptères. En effet, les surfaces prospectées sous SVO2 et SJQ5 sont de respectivement 11 et 24 %, et seulement un cadavre d'oiseau a été découvert sous SVO2¹⁹ ;
- Le second concerne la **persistance des cadavres**, qui, malgré une hausse par rapport à la période 1, reste faible. La durée élevée de l'intervalle entre deux passages (7 j) ne suffit pas à couvrir complètement l'augmentation de la persistance en période 2 ;

- Un troisième facteur d'explication pourrait être la **répartition hétérogène des cadavres entre les éoliennes** sur l'ensemble de l'alignement (aucun cadavre sous SVO1, SVO2 et SJQ5), bien qu'elle soit globalement plus homogène sur le parc de Saint-Jacques.

Il convient ainsi de plutôt raisonner avec la tranche haute de l'intervalle de confiance, soit **autour de 23 cadavres sur l'alignement entre début août et fin octobre** (en l'absence de données brutes sur le parc de Sauvageons, aucune estimation statistique de mortalité réelle ne peut être réalisée pour les chiroptères). Ce résultat montre que la mortalité des chiroptères est élevée en période de migration postnuptiale. Etant donné qu'aucune estimation n'a pu être réalisée en période 1, les estimations sur l'ensemble du suivi sont similaires à celles effectuées en période 2.

Pour les oiseaux, les estimations s'avèrent nettement **surévaluées tout au long du suivi pour l'alignement des 6 éoliennes**, notamment en période 1. A l'inverse, **pour le parc de Sauvageons, les estimations sont plutôt sous-évaluées en période 1 et surévaluées en période 2**. Cinq facteurs exercent une forte influence sur les estimations, pouvant expliquer ces résultats :

- Le premier concerne la **mortalité brute** sur l'alignement complet et sur le parc de Sauvageons : bien que la mortalité brute soit globalement homogène entre les deux périodes suivies, elle reste faible pour obtenir des estimations plus robustes, notamment pour Sauvageons (seulement 4 et 3 cadavres sur l'alignement respectivement aux périodes 1 et 2 ; 1 cadavre par période sur le parc de Sauvageons) ;

¹⁹ Un second oiseau hors protocole a été trouvé sous SVO2, ne pouvant être pris en compte dans les estimations.

- Le deuxième facteur concerne les **surfaces de prospection** : d'une part, les 6 éoliennes sont nettement sous-prospectées en période 1, où les surfaces de prospection ne dépassent pas les 40 % ; d'autre part, 2 éoliennes sur 6 sont également sous-prospectées en période 2 (surfaces prospectées sous SVO2 et SJQ5 sont de respectivement 11 et 24 %) ;
- Le troisième facteur est l'**efficacité de recherche**, qui a pu être testée uniquement pour la classe de visibilité bonne, ce qui ne permet pas d'intégrer cette variable comme déterminante pour les estimations malgré la présence d'un (unique) cadavre d'oiseau détecté en visibilité moyenne ;
- Le quatrième concerne la **persistance des cadavres**, qui, malgré une hausse par rapport à la période 1, reste faible. La durée élevée de l'intervalle entre deux passages (7 j) ne suffit pas à couvrir complètement l'augmentation de la persistance en période 2. D'autre part, il existe un biais lié à la présence de cadavres à longue persistance (égale ou supérieure à 14 jours) sur les deux périodes testées, variable non sélectionnée par l'application GenEst ;
- Le cinquième facteur d'explication correspond à la **répartition hétérogène des cadavres entre les éoliennes** sur l'ensemble de l'alignement (la mortalité brute des oiseaux se concentre sur SJQ4 et à la marge sur SVO1 et SVO2, tandis qu'elle est nulle sous SJQ3, SJQ5 et SJQ6).

Il convient ainsi de plutôt raisonner avec la tranche basse de l'intervalle de confiance, soit autour de 30 cadavres sur l'alignement et sur l'ensemble du suivi.

Ce sont essentiellement les estimations de mortalité surévaluées des oiseaux et de celles réalisées en période 1 pour les deux taxons qui entraînent des surestimations sur l'ensemble du suivi et pour tous taxons confondus, poussant la fiabilité des résultats à la baisse. Les estimations réalisées pour les oiseaux en période 2 sur Saint-Jacques influencent toutefois les estimations obtenues sur l'ensemble du suivi, en réduisant le poids des surestimations réalisées en période 1.

Par ailleurs, les estimations de la mortalité réelle pour l'alignement complet entre les deux périodes ne sont pas représentatives de la mortalité brute observée. Le jeu de données brut étant plus conséquent en période 2 (août à octobre avec 10 cadavres) qu'en période 1 (mai à juillet avec 4 cadavres), il est théoriquement attendu des estimations de mortalité réelle plus élevées en période 2. L'inverse est constaté pour l'alignement des 6 éoliennes, bien que la différence ne soit pas significative entre les deux périodes : 41 cadavres [IC 80 % : 16 - 77] en période 1 et 37 cadavres [IC 80 % : 17 - 70] en période 2. Ces résultats peuvent s'expliquer par les estimations surévaluées de cadavres d'oiseaux en période 1, donnant plus de poids à la mortalité réelle estimée à cette période par rapport à la période 2. Concernant le parc de Sauvageons, les estimations ne sont pas cohérentes avec la mortalité brute : pour 1 cadavre découvert à chaque période, la différence d'estimations est significative, nettement supérieure en période 2.

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

La mortalité estimée pour l'alignement des 6 éoliennes et sur l'ensemble du suivi est donc de **82 cadavres [IC 80 % : 46 - 127]**, répartis comme suit :

- 15 chauves-souris [IC 80 % : 10 - 23], néanmoins une analyse de ces estimations montre que la réalité semble plus proche de la tranche haute de l'intervalle en raison de plusieurs biais (surfaces insuffisamment prospectées notamment). On considérera donc plutôt une

mortalité comprise entre 15 et 23 chauves-souris sur l'alignement, soit de l'ordre de 3 à 4 individus par éolienne ;

- 66 oiseaux [IC 80 % : 30 - 110], avec une tendance nette à la surestimation des résultats en période 1 en raison de plusieurs biais (surfaces insuffisamment prospectées et surestimation des gros cadavres notamment), impliquant plutôt une mortalité comprise entre 30 et 66 oiseaux sur l'alignement, soit de l'ordre de 5 à 11 individus par éolienne.

La mortalité estimée pour les 2 éoliennes de Sauvageons et sur l'ensemble du suivi est d'environ **26 cadavres [IC 80 % : 2 - 69]**, correspondant au taxon des oiseaux (aucun cadavre de chauve-souris n'ayant été découvert sur le parc de Sauvageons).

Les tendances observées sur le parc de Sauvageons sont inversées par rapport à l'alignement complet. Les résultats sont vraisemblablement sous-estimés en période 1, impliquant plutôt une mortalité comprise entre 5 et 15 oiseaux sur l'alignement, soit de l'ordre de 3 à 8 individus par éolienne. Les résultats sont plutôt surestimés en période 2, impliquant plutôt une mortalité comprise entre 1 et 20 oiseaux sur l'alignement, soit de l'ordre de 1 à 6 individus par éolienne.

Au regard de la mortalité brute, la période de plus forte mortalité est la période postnuptiale (août-octobre), avec notamment un plus grand nombre de cadavres de chauves-souris. Les estimations de la mortalité réelle entre les deux périodes sur l'alignement complet et le parc de Sauvageons ne peuvent être retenues ici, n'étant pas représentatives des observations de terrain en raison de nombreux biais.

5.4 CONCLUSION SUR LE SUIVI DE MORTALITE

Ce suivi est le 2^{ème} réalisé sur l'alignement de Vieux Moulin, dont le parc de Sauvageons. Il a fait l'objet de **24 passages répartis entre le 17 mai et le 25 octobre 2022**, avec un **intervalle moyen entre les passages de 7 j**. Les 6 éoliennes de l'alignement, comprenant les 2 éoliennes du parc de Sauvageons, ont été suivies dans un **rayon de 50 m** autour du mât.

La **surface moyenne de prospection est de 51 % sur l'intégralité du suivi pour l'alignement et de 38 % pour les éoliennes de Sauvageons**, avec une importante variabilité au cours de l'année et entre les éoliennes.

Les tests de détection réalisés montrent une **délectabilité moyenne de 78 %**.

Pour l'alignement des 6 éoliennes, le **temps moyen de persistance (Tm)** est de **3,3 j** (période 1) et **6,5 j** (période 2). Le **taux de persistance (p)** à j+7 est de 11 % (période 1) et 35 % (période 2). La **probabilité de persistance (r)** à j+7 est de **0,37** [IC 80 % : 0,28 - 0,46] (période 1) et **0,62** [IC 80 % : 0,53 - 0,70] (période 2). La persistance est faible en période 1 et assez bonne en période 2. La durée de l'intervalle entre deux passages ne permet pas de couvrir totalement la persistance en période 1 et 2.

Sur le parc de Sauvageons, **3 cadavres** ont été découverts :

- **3 oiseaux appartenant à 2 espèces** : 2 Buses variables [1 individu local, 1 migratrice probable hors rayon de prospection] et 1 Faucon crécerelle [migrateur probable] ;
- **Aucun chiroptère.**

Les cadavres découverts sont **distribués de manière globalement homogène entre les 2 éoliennes du parc de Sauvageons**, somme toute relative compte tenu du faible nombre de cadavres découverts. L'éolienne SVO2 dénombre le plus de cas de mortalité (2 individus), tandis que l'éolienne SVO1 comprend un seul individu impacté. Aucune chauve-souris n'a été découverte sur le parc de Sauvageons.

Sur le parc de Sauvageons durant la période de mouvements pré-nuptiaux et de reproduction, aucun cadavre n'a été découvert. En période de dispersion des juvéniles et de mouvements post-nuptiaux précoces, la mortalité concerne une Buse variable locale. **En fin d'été et en automne**, période d'envol des jeunes et de migration post-nuptiale, **la mortalité est la plus importante** et concerne une autre Buse variable ainsi qu'un Faucon crécerelle.

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

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

La mortalité estimée pour les 2 éoliennes de Sauvageons et sur l'ensemble du suivi est d'environ **26 cadavres [IC 80 % : 2 - 69]**, correspondant au taxon des oiseaux (aucun cadavre de chauve-souris n'ayant été découvert sur le parc de Sauvageons).

Les tendances observées sur le parc de Sauvageons sont inversées par rapport à l'alignement complet. Les résultats sont vraisemblablement sous-estimés en période 1, impliquant plutôt une mortalité comprise entre 5 et 15 oiseaux sur l'alignement, soit de l'ordre de 3 à 8 individus par éolienne. Les résultats sont plutôt surestimés en période 2, impliquant plutôt une mortalité comprise entre 1 et 20 oiseaux sur l'alignement, soit de l'ordre de 1 à 6 individus par éolienne.

Au regard de la mortalité brute, la période de plus forte mortalité est la période post-nuptiale (août-octobre), avec notamment un plus grand nombre de cadavres de chauves-souris. Les estimations de la mortalité réelle entre les deux périodes sur l'alignement complet et le parc de Sauvageons ne peuvent être retenues ici, n'étant pas représentatives des observations de terrain en raison de nombreux biais.

Pour rappel, **le premier suivi environnemental réalisé en 2015 sur 3 des 6 éoliennes (SVO1, SJQ3 et SJQ6) a fait état d'une mortalité moyenne non corrigée de 2 cadavres par éolienne** (6 cadavres avaient été découverts, dont 4 oiseaux et 2 chauves-souris). Si l'on considère les résultats du suivi de 2022 sur les 3 mêmes éoliennes, la mortalité moyenne est équivalente à celle du premier suivi (7 cadavres au total). La répartition des cadavres est toutefois légèrement différente : 1 seul oiseau sur SVO1, et 6 chauves-souris réparties équitablement entre SJQ3 et SJQ6. La plupart des espèces impactées en 2015 le sont également en 2022, hormis pour deux espèces d'oiseaux. Du reste, l'ensemble des résultats obtenus lors du suivi de mortalité de 2022 sont difficilement comparables avec ceux du suivi de 2015. Celui-ci ne tient pas compte des 3 autres éoliennes (notamment SJQ4 qui est particulièrement accidentogène en 2022), avec seulement 1 passage toutes les 2 semaines en période de nidification et de parturition des chauves-souris (intervalle trop large au vu d'une persistance faible à cette période). Le suivi de 2022, réalisé sur les 6 éoliennes de l'alignement, permet d'apporter une analyse plus fine de la mortalité.



6.EVALUATION DES IMPACTS PAR COLLISION ET BAROTRAUMATISME

6.1 RAPPEL DES RESULTATS BRUTS DE MORTALITE DE 2015 ET 2022

Le tableau suivant compile l'ensemble des données brutes récoltées sur l'ensemble de l'alignement depuis la mise en service des deux parcs éoliens et les premiers suivis. Il intègre les individus détectés en dehors du rayon de prospection de 50 m (hors protocole de suivi ICPE).

Les méthodes de prospection et d'analyse ayant été différentes entre les deux suivis, les chapitres suivants ne traiteront pas directement des espèces uniquement concernées par l'ancien suivi mais pourront s'appuyer sur les résultats obtenus pour évaluer correctement les niveaux d'impact.

Le détail des méthodes, des résultats et des évaluations est présenté aux chapitres 2.3, 3.2, 3.3, 3.4 et 5.



| Espèce | | 2015 (3 éoliennes suivies : SVO1, SJQ3, SJQ6) | | 2022 (6 éoliennes suivies) | | TOTAL | Statuts |
|------------------------------------|-------------------------|---|---|---|--|----------------|--|
| Rapaces (n=5) | Buse variable | - | - | SVO1, SVO2 (individu hors protocole suivi ICPE), SJQ4 | 2 en période de reproduction et de migration postnuptiale précoce (17/05 et 05/07) 1 en période de migration postnuptiale (06/09) | 3 | 1 individu local probable (17/05) 1 individu local (05/07) 1 migratrice probable (06/09) |
| | Faucon crécerelle | - | - | SVO2 | 1 en période de migration postnuptiale (11/10) | 1 | 1 migrateur probable |
| | Hibou Moyen-Duc | SJQ3 | 1 en période de reproduction et de dispersion des juvéniles (10/07) | - | - | 1 | 1 reproducteur |
| Autres espèces (n=5) | Martinet noir | SVO1, SJQ3 | 1 en période de reproduction et de migration postnuptiale précoce (23/07) 1 en période de migration postnuptiale (05/08) | SJQ4 | 2 en période de reproduction et de migration postnuptiale précoce (26/07) | 4 | 4 migrants |
| | Pigeon ramier | - | - | SJQ4 (individu hors protocole suivi ICPE) | 1 en période de migration postnuptiale (27/09) | 1 | 1 individu local ou migrateur |
| Passereaux (n=3) | Roitelet triple-bandeau | - | - | SJQ4 | 1 en période de migration postnuptiale (13/09) | 1 | 1 migrateur |
| | Rougegorge familier | SJQ6 | 1 en période de migration pré-nuptiale et d'installation sur sites de reproduction (08/04) | - | - | 1 | 1 migrateur probable |
| | Passereau indéterminé | - | - | SJQ4 | 1 en période de migration postnuptiale (25/10) | 1 | 1 indéterminé |
| Total d'oiseaux par année de suivi | | 4 | | 9 | | Oiseaux (n=13) | |

| Espèce | | 2015 (3 éoliennes suivies : SVO1, SJQ3, SJQ6) | | 2022 (6 éoliennes suivies) | | TOTAL | Statuts |
|--|--------------------------|---|--|----------------------------|--|----------------------|---|
| Noctules (n=7) | Noctule commune | - | - | SJQ3, SJQ4, SJQ6 | 4 en période de migration postnuptiale (16/08, 2*31/08, 27/09) | 4 | 4 migrants |
| | Noctule de Leisler | SVO1, SJQ6 | 1 en période de reproduction (16/07) 1 en période de migration postnuptiale (08/09) | SJQ6 | 1 en période de migration postnuptiale (06/09) | 3 | 1 individu local ou migrateur (16/07/2015) 2 migrants (08/09/2015 et 06/09/2022) |
| Pipistrelles (n=2) | Pipistrelle de Nathusius | - | - | SJQ3 | 2 en période de migration postnuptiale (11/10, 25/10) | 2 | 2 migrants |
| Total de chauves-souris par année de suivi | | 2 | | 7 | | Chauves-souris (n=9) | |

6.2 EVALUATION DES IMPACTS PAR COLLISION ET BAROTRAUMATISME DU SUIVI DE 2021 ET CONCLUSION SUR L'EFFICACITE DU BRIDAGE EN PLACE

6.2.1 OISEAUX

6.2.1.1 Impacts définis pour le suivi de 2022

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 impactées par celui-ci. L'impact a également concerné des passereaux migrateurs, nocturnes ou diurnes.

Les tableaux ci-dessous présentent le niveau d'impact avéré du parc de Sauvageons et plus généralement de l'alignement complet 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 sur le parc de Sauvageons et plus généralement sur l'alignement complet (méthode détaillée au chapitre 3.3) et niveaux d'impacts associés

| | LRE | LRN nich | LRN migr | LRR | 1 Sensibilité à l'impact (Dürr, 2022) | 2 Portée de l'impact | 1 x 2 = 3 Intensité d'impact | 4 Enjeu spécifique sur le site | 3 x 4 = 5 Niveau d'impact par espèce |
|--|-----|----------|----------|-----|---|--|---------------------------------|-----------------------------------|---|
| Buse variable <i>Buteo buteo</i> | LC | LC | - | LC | Assez forte (957 en Europe, dont 115 en France) | Moyenne 3 cadavres (SJQ4, 17/05 ; SVO1, SVO2, 05/07, 06/09) [1 locale probable ; 1 locale, 1 migratrice probable hors protocole ICPE] | Assez forte | Faible | Faible |
| Faucon crécerelle <i>Falco tinnunculus</i> | LC | NT | - | LC | Assez forte (673 en Europe, dont 160 en France) | Faible 1 cadavre (SVO2, 11/10) [Migrateur probable] | Moyenne | Faible | Négligeable |
| Martinet noir <i>Apus apus</i> | NT | NT | DD | LC | Faible (446 en Europe, dont 153 en France) | Faible 2 cadavres (SJQ4, 26/07) [Migrateurs] - 1 autre individu migrateur impacté en 2015 sur SJQ3 - | Faible | Faible | Négligeable |
| Pigeon ramier <i>Columba palumbus</i> | LC | LC | - | LC | Faible (279 en Europe, dont 39 en France) | Faible 1 cadavre (SJQ4, 27/09, hors protocole ICPE) [Migrateur probable] | Faible | Faible | Négligeable |

| | LRE | LRN nich | LRN migr | LRR | 1 Sensibilité à l'impact (Dürr, 2022) | 2 Portée de l'impact | 1 x 2 = 3 Intensité d'impact | 4 Enjeu spécifique sur le site | 3 x 4 = 5 Niveau d'impact par espèce |
|--|-----|----------|----------|-----|--|--|---------------------------------|-----------------------------------|---|
| Roitelet triple-bandeau <i>Regulus ignicapilla</i> | LC | LC | - | LC | Faible (302 en Europe, dont 196 en France) | Faible 1 cadavre (SJQ4, 13/09) [Migrateur] | Faible | Faible | Négligeable |
| Passereau indéterminé - | - | - | - | - | Faible | Faible 1 cadavre (SJQ4, 25/10) [Statut indéterminé] | Faible | Faible | Négligeable |

A l'exception du Pigeon ramier et du passereau indéterminé, toutes ces espèces sont protégées à l'échelle nationale en vertu de l'arrêté du 29 octobre 2009 (publié au J.O. du 5 décembre 2009) modifiant celui du 3 mai 2007, lui-même issu de l'arrêté du 17 avril 1981. Cette protection concerne les individus ainsi que les sites de reproduction et de repos des espèces.

Le tableau ci-dessous synthétise, à partir du tableau précédent, les niveaux d'impacts liés à la collision avec les pales d'éoliennes pour chaque mois du suivi (en lien avec les niveaux d'impact par espèce défini plus haut).

Evaluation du niveau d'impact par période de l'année sur le parc de Sauvageons

| | Mortalité brute – 2022, parc de Sauvageons Mortalité supplémentaire sur le reste de l'alignement des 6 éoliennes | Mortalité estimée avec GenEst – 2022, parc de Sauvageons Mortalité estimée sur l'ensemble de l'alignement des 6 éoliennes | Niveau d'impact par mois ou période |
|------------------|---|---|-------------------------------------|
| Mai | RAS 1 Buse variable | Période 1 : 5,1 oiseaux [IC 80 % : 1,0 - 14,7] Estimation peu fiable et sous-évaluée ----- 40,9 oiseaux [IC 80 % : 15,9 - 76,5] | Faible |
| Juin | RAS | | Négligeable |
| Juillet | 1 Buse variable 2 Martinets noirs | | Faible |
| Août | RAS | Période 2 : 20,6 oiseaux [IC 80 % : 1,0 - 61,8] Estimation peu fiable et surévaluée ----- 22,3 oiseaux [IC 80 % : 3,0 - 53,4] | Négligeable |
| Septembre | 1 Buse variable (hors protocole ICPE) 1 Pigeon ramier (hors protocole ICPE) 1 Roitelet triple-bandeau | | Faible |
| Octobre | 1 Faucon crécerelle 1 Passereau indéterminé | | Négligeable |

6.2.1.2 Evolution de l'impact du parc au cours des suivis

Le suivi de mortalité de 2015 établit un impact de niveau faible pour les 3 espèces découvertes, dont le Martinet noir sur les deux parcs, également impacté en 2022 sur le parc de Saint-Jacques. Le Hibou Moyen-Duc et le Rougegorge familier n'ont pas été redécouverts en 2022 sur l'alignement complet des 6 éoliennes. Cependant, 3 espèces supplémentaires ont été découvertes : la Buse variable, le Faucon

crécerelle et le Roitelet triple-bandeau. Concernant la Buse variable détectée en première période sur le parc de Sauvageons, il s'agit d'un individu local pouvant se déplacer ou chasser à proximité des éoliennes. Par ailleurs, 1 autre individu a été impacté sur le parc de Saint-Jacques. Concernant le Faucon crécerelle découvert en période 2, il s'agit d'un individu pouvant être migrateur car impacté à son pic de passage. **L'impact du parc de Sauvageons est faible pour la Buse variable**, et négligeable pour le Faucon crécerelle.

L'augmentation de la mortalité globale des oiseaux et de la diversité spécifique des cadavres découverts entre les deux suivis peut s'expliquer par une prospection complète du parc de Sauvageons en 2022, contrairement au suivi de 2015 porté uniquement sur l'éolienne SVO1. On a notamment relevé précédemment qu'il existait plus de cas de mortalité d'oiseaux sous l'éolienne SVO2 en 2022 que sous l'éolienne SVO1.

6.2.2 CHAUVES-SOURIS

6.2.2.1 Impacts définis pour le suivi de 2022

L'évaluation ci-dessous se base sur les résultats du suivi de la mortalité et du suivi acoustique à hauteur de nacelle de 2022. Les tableaux ci-dessous présentent le niveau de risque de collision sur l'alignement complet pour chaque espèce puis par mois, sachant que les cadavres de chiroptères ont tous été découverts sur Saint-Jacques.

Statuts et enjeux des espèces de chauves-souris impactées sur l'alignement complet et plus précisément sur le parc de Saint-Jacques en 2022 (méthode détaillée au chapitre 3.3)

| | LRE | LRN | LRR | 1 | 2 | 1 x 2 = 3 | 4 | 3 x 4 = 5 |
|---|-----|-----|-----|---|--|--------------------|------------------------------|----------------------------|
| | | | | Sensibilité à l'impact (maximum entre Dürr, 2022 et Eurobats, juin 18) | Portée de l'impact | Intensité d'impact | Enjeu spécifique sur le site | Niveau d'impact par espèce |
| Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i> | LC | VU | NT | Forte (1 616 en Europe, dont 147 en France) | Forte 4 cadavres (SJQ3, SJQ4, SJQ6, 16/08, 31/08, 27/09) [Migratrices] Activité nacelle Contactée de juillet à octobre (abondante en août ; bien présente en juillet ; régulière en septembre) | Forte | Assez fort | Assez fort |
| Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i> | LC | NT | NT | Forte (755 en Europe, dont 186 en France) | Moyenne 1 cadavre (SJQ6, 06/09) [Migratrice] - 2 autres migratrices probables ou locales impactées en 2015 - Activité nacelle Contactée d'avril à octobre (abondante en août ; bien présente en juillet ; régulière en septembre) | Assez forte | Moyen | Moyen |
| Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i> | LC | NT | NT | Forte (1 666 en Europe, dont 303 en France) | Moyenne 2 cadavres (SJQ3, 11/10, 25/10) [Migratrices] Activité nacelle Contactée en mai, puis d'août à octobre (ponctuelle) | Assez forte | Assez fort | Moyen |

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

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

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

Évaluation du niveau d'impact par période de l'année sur le parc de Sauvageons et plus généralement sur l'alignement complet

| | Activité à hauteur de nacelle – 2022 | Mortalité brute – 2022, parc de Sauvageons Mortalité supplémentaire sur le reste de l'alignement des 6 éoliennes | Mortalité estimée avec GenEst par périodes – 2022, parc de Sauvageons Mortalité estimée sur l'ensemble de l'alignement des 6 éoliennes | Niveau d'impact par mois ou période |
|-----------|---|---|---|-------------------------------------|
| | SJQ4 | | | |
| Janvier | Pas de suivi | Pas de suivi | - | Négligeable |
| Février | | | | |
| Mars | Activité nulle (aucun contact mais seulement 2 nuits suivies) | Pas de suivi | - | Négligeable |
| Avril | Activité de fond (≤ 20 contacts pour 30 nuits suivies). 10 contacts de Noctule de Leisler. | | | |
| Mai | Activité de fond (≤ 20 contacts dans le mois). 10 contacts de Noctule de Leisler et 3 contacts de Pipistrelle de Nathusius. | RAS | Période 1 : aucune estimation possible en raison d'une mortalité réelle nulle Idem sur l'ensemble de l'alignement | Négligeable |
| Juin | Activité moyenne (< 110 contacts dans le mois). 6 contacts de Noctule de Leisler. | RAS | | |
| Juillet | Activité forte (> 510 contacts dans le mois). 331 contacts de Noctule commune et 132 contacts de Noctule de Leisler. | RAS | Période 2 : aucune estimation possible en raison d'une mortalité réelle nulle 15,4 chauves-souris [IC 80 % : 10,1 - 23,1] | Assez fort |
| Août | Activité très forte (> 1300 contacts dans le mois). 737 contacts de Noctule commune et 583 contacts de Noctule de Leisler. Activité de fond des Pipistrelles de Nathusius (1 contact). | RAS 3 Noctules communes | | Fort |
| Septembre | Activité assez forte (< 170 contacts dans le mois). 63 contacts de Noctule commune et 96 contacts de Noctule de Leisler. Activité de fond des Pipistrelles de Nathusius (2 contacts). | RAS 1 Noctule commune 1 Noctule de Leisler | 15,4 chauves-souris [IC 80 % : 10,1 - 23,1] | Assez fort |
| Octobre | Activité moyenne (< 100 contacts dans le mois). 94 contacts de Noctule de Leisler. Activité de fond des Noctules communes et des Pipistrelles de Nathusius (respectivement 3 et 2 contacts). | RAS 2 Pipistrelles de Nathusius | | Moyen |
| Novembre | Activité nulle (aucun contact pour 8 nuits suivies) | Pas de suivi | - | Négligeable |
| Décembre | Pas de suivi | | | - |

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

6.2.2.2 Evolution de l'impact du parc au cours des suivis

Le suivi de mortalité de 2015 établit un impact de niveau faible pour l'unique espèce découverte, la Noctule de Leisler sur les deux parcs, également impactée en 2022 sur le parc de Saint-Jacques. Il s'agissait d'individus locaux ou probablement migrateurs. Au cours du suivi de 2022, aucun cadavre de chauve-souris n'a été découvert sur le parc de Sauvageons.

La mortalité globale des chauves-souris et de la diversité spécifique des cadavres découverts sur l'alignement complet a vraisemblablement augmenté au cours des années depuis 2015. Il est possible que de nouvelles colonies se soient installées aux abords du parc, ou encore que les individus déjà présents lors de la mise en service se soient habitués à sa présence et y chassent ou transitent plus volontiers. Une autre explication possible concerne la méthodologie, qui diffère entre les deux suivis. Le suivi de 2015 présentait des biais particulièrement importants du fait que seules 3 éoliennes sur 6 avaient été suivies. Sur les 2 éoliennes du parc de Sauvageons, le faible jeu de données brut des suivis de mortalité de 2015 et 2022 ne permet pas de conclure sur l'évolution de la mortalité entre ces deux suivis.

6.3 CONCLUSION SUR LES IMPACTS DU PARC DE SAUVAGEONS EN 2022

En conclusion, un niveau d'impact pour chacune des espèces impactées constaté par le suivi de la mortalité de 2022 sur les parcs de Saint-Jacques et de Sauvageons a été défini à partir du croisement entre l'intensité de l'impact et l'enjeu de conservation des espèces.

Le niveau d'impact et le risque de collision associé pour chaque espèce sont :

- pour les oiseaux : faible pour la Buse variable et négligeable pour les autres espèces ;
- pour les chiroptères : assez fort pour la Noctule commune, et moyen pour la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius.

Le niveau d'impact et le risque de collision associé pour chaque période sont, tous groupes confondus :

- fort pour le mois d'août ;
- assez fort pour les mois de juillet et septembre ;
- moyen pour le mois d'octobre ;
- faible pour le mois de mai ;
- négligeable pour les autres mois ayant fait l'objet d'un suivi.

7. MESURES DE REDUCTION DES RISQUES DE COLLISION

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

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

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

7.1.1 PRINCIPE GENERAL

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

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

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

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

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

Les conditions détaillées d'arrêt des éoliennes effectives au cours du suivi et au cours de l'année 2022 sont détaillées dans le tableau en page suivante.

Dans un premier temps, aucun bridage n'est appliqué entre janvier et juin et entre novembre et décembre. **Les niveaux d'impacts de ces mois sont considérés comme négligeables** car l'activité des chiroptères est faible voire inexistante et il n'y a aucun cas de mortalité brute de chauve-souris.

Au mois de juillet, le niveau d'impact est assez fort. Un arrêt des éoliennes doit permettre de protéger au moins 80 % des contacts de chiroptères. L'arrêt couvre l'entièreté de la nuit, pour des températures supérieures à 17°C et pour des vitesses de vent inférieures à 8 m/s. Ces paramètres permettent de **protéger 78 % des contacts de chiroptères (70 % des Noctules communes).**

Le mois d'août recense la plus forte activité et mortalité brute de noctules du suivi de 2022. Le niveau d'impact est donc fort. Un arrêt des éoliennes doit permettre de protéger au moins 90 % des contacts de chiroptères. L'arrêt concerne toute la nuit, pour des températures supérieures à 17°C pour des vitesses de vent inférieures à 7,5 m/s. Ainsi, **91 % des contacts de chiroptères sont protégés (96 % des Noctules communes).**

Le mois de septembre est le second mois avec la plus forte mortalité brute de noctules. L'activité à hauteur de nacelle est moins importante que le mois précédent mais reste suffisamment importante pour considérer **le niveau d'impact de septembre comme assez fort**, et donc un taux de protection d'au moins 80 % des contacts. Un arrêt des éoliennes est programmé toute la nuit, ainsi que la première demi-heure avant le coucher du soleil, combiné à des températures supérieures à 17°C et pour des vitesses vent inférieures à 7,5 m/s. Grâce à ces paramètres, **89% des contacts de chauves-souris sont protégés pour le mois de septembre (92 % des Noctules communes).**

Enfin, **le mois d'octobre présente un niveau d'impact considéré comme moyen, avec une activité de fond de quelques Noctules communes et Pipistrelles de Nathusius, et surtout une mortalité constatée de 2 individus de Pipistrelles de Nathusius.** Le bridage défini doit permettre un taux de protection minimal de 70 %. Ainsi, le bridage des éoliennes couvrira l'ensemble de la nuit, pour des températures supérieures à 13°C et pour des vitesses de vent inférieurs à 6,5 m/s. Ainsi, **80 % des contacts de chiroptères sont protégés.**

| Propositions de bridage pour l'ensemble de l'alignement | | | | |
|---|---|---|--|---|
| Janvier à juin | Aucun bridage | | | |
| Juillet | <p style="text-align: center;">Toute la nuit Température supérieure à 17°C</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <p>Vitesse inférieure à 8 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 78 % des contacts toutes espèces confondues (412/527 contacts protégés) 70 % de contacts de Noctule commune (232/331 contacts protégés)</p> </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <p>Vitesse inférieure à 8,5 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 88 % des contacts toutes espèces confondues (464/527 contacts protégés) 82 % de contacts de Noctule commune (270/331 contacts protégés)</p> </td> </tr> </table> | <p>Vitesse inférieure à 8 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 78 % des contacts toutes espèces confondues (412/527 contacts protégés) 70 % de contacts de Noctule commune (232/331 contacts protégés)</p> | <p>Vitesse inférieure à 8,5 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 88 % des contacts toutes espèces confondues (464/527 contacts protégés) 82 % de contacts de Noctule commune (270/331 contacts protégés)</p> | |
| <p>Vitesse inférieure à 8 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 78 % des contacts toutes espèces confondues (412/527 contacts protégés) 70 % de contacts de Noctule commune (232/331 contacts protégés)</p> | <p>Vitesse inférieure à 8,5 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 88 % des contacts toutes espèces confondues (464/527 contacts protégés) 82 % de contacts de Noctule commune (270/331 contacts protégés)</p> | | | |
| Août | <p style="text-align: center;">Toute la nuit Température supérieure à 17°C Vitesse inférieure à 7,5 m/s</p> <p style="text-align: center;">Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 91 % des contacts toutes espèces confondues (1248/1365 contacts protégés) 96 % de contacts de Noctule commune (706/737 contacts protégés)</p> | | | |
| Septembre | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;"> <p>Toute la nuit + 30 min avant le coucher du soleil Vitesse inférieure à 7 m/s</p> <p>Température supérieure à 13°C</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 79 % des contacts toutes espèces confondues (129/163 contacts protégés) 81 % de contacts de Noctule commune (51/63 contacts protégés)</p> </td> <td style="width: 33%; text-align: center;"> <p>Température supérieure à 17°C</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 77 % des contacts toutes espèces confondues (126/163 contacts protégés) 81 % de contacts de Noctule commune (51/63 contacts protégés)</p> </td> <td style="width: 33%; text-align: center;"> <p>Toute la nuit + 30 min avant le coucher du soleil Vitesse inférieure à 7,5 m/s</p> <p>Température supérieure à 17°C</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 89 % des contacts toutes espèces confondues (145/163 contacts protégés) 92 % de contacts de Noctule commune (58/63 contacts protégés)</p> </td> </tr> </table> | <p>Toute la nuit + 30 min avant le coucher du soleil Vitesse inférieure à 7 m/s</p> <p>Température supérieure à 13°C</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 79 % des contacts toutes espèces confondues (129/163 contacts protégés) 81 % de contacts de Noctule commune (51/63 contacts protégés)</p> | <p>Température supérieure à 17°C</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 77 % des contacts toutes espèces confondues (126/163 contacts protégés) 81 % de contacts de Noctule commune (51/63 contacts protégés)</p> | <p>Toute la nuit + 30 min avant le coucher du soleil Vitesse inférieure à 7,5 m/s</p> <p>Température supérieure à 17°C</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 89 % des contacts toutes espèces confondues (145/163 contacts protégés) 92 % de contacts de Noctule commune (58/63 contacts protégés)</p> |
| <p>Toute la nuit + 30 min avant le coucher du soleil Vitesse inférieure à 7 m/s</p> <p>Température supérieure à 13°C</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 79 % des contacts toutes espèces confondues (129/163 contacts protégés) 81 % de contacts de Noctule commune (51/63 contacts protégés)</p> | <p>Température supérieure à 17°C</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 77 % des contacts toutes espèces confondues (126/163 contacts protégés) 81 % de contacts de Noctule commune (51/63 contacts protégés)</p> | <p>Toute la nuit + 30 min avant le coucher du soleil Vitesse inférieure à 7,5 m/s</p> <p>Température supérieure à 17°C</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 89 % des contacts toutes espèces confondues (145/163 contacts protégés) 92 % de contacts de Noctule commune (58/63 contacts protégés)</p> | | |
| Octobre | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;"> <p>Vitesse inférieure à 4,5 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 71 % des contacts toutes espèces confondues (77/109 contacts protégés) Taux de protection de Noctule commune inconnu ²⁰</p> </td> <td style="width: 33%; text-align: center;"> <p>Toute la nuit Température supérieure à 13°C</p> <p>Vitesse inférieure à 5,5 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 76 % des contacts toutes espèces confondues (83/109 contacts protégés) Taux de protection de Noctule commune inconnu</p> </td> <td style="width: 33%; text-align: center;"> <p>Vitesse inférieure à 6,5 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 80 % des contacts toutes espèces confondues (87/109 contacts protégés) Taux de protection de Noctule commune inconnu</p> </td> </tr> </table> | <p>Vitesse inférieure à 4,5 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 71 % des contacts toutes espèces confondues (77/109 contacts protégés) Taux de protection de Noctule commune inconnu ²⁰</p> | <p>Toute la nuit Température supérieure à 13°C</p> <p>Vitesse inférieure à 5,5 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 76 % des contacts toutes espèces confondues (83/109 contacts protégés) Taux de protection de Noctule commune inconnu</p> | <p>Vitesse inférieure à 6,5 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 80 % des contacts toutes espèces confondues (87/109 contacts protégés) Taux de protection de Noctule commune inconnu</p> |
| <p>Vitesse inférieure à 4,5 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 71 % des contacts toutes espèces confondues (77/109 contacts protégés) Taux de protection de Noctule commune inconnu ²⁰</p> | <p>Toute la nuit Température supérieure à 13°C</p> <p>Vitesse inférieure à 5,5 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 76 % des contacts toutes espèces confondues (83/109 contacts protégés) Taux de protection de Noctule commune inconnu</p> | <p>Vitesse inférieure à 6,5 m/s</p> <p>Taux de protection estimé pour SJQ4 en 2022 : 80 % des contacts toutes espèces confondues (87/109 contacts protégés) Taux de protection de Noctule commune inconnu</p> | | |
| Novembre à décembre | Aucun bridage | | | |

*Les éléments grisés sont indiqués à titre informatif mais ne sont pas retenus pour l'algorithme de bridage à appliquer pour l'année 2023.

²⁰ Les seuls contacts de Noctule commune du mois d'octobre ont été enregistrés la nuit du 19 lors d'une panne généralisée des capteurs météorologiques. La vitesse moyenne de vent en amont de la panne était de 7,8 m/s et celle en aval était de 6 m/s. On peut supposer que ces contacts sont compris dans cet intervalle. Aussi, il est peu probable que ces derniers soient intégrés aux taux de protection découlant des 2 premiers algorithmes de bridage proposés pour le mois d'octobre. Un bridage à 6,5 m/s est donc privilégié pour ce mois.

7.2 GESTION DES HABITATS AUTOUR DES EOLIENNES

Localement, les bandes de friches herbacées situées entre la plateforme des éoliennes et les parcelles agricoles constituent des habitats privilégiés par les chauves-souris et les oiseaux 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...) auront la possibilité de se développer et donc d'attirer leurs prédateurs que sont les chiroptères.

Il s'agira de procéder à un entretien régulier des végétations herbacées des plateformes et leurs abords, de telle sorte qu'elles soient rendues défavorables pour les proies des chauves-souris et des oiseaux et peu propices à l'alimentation. Ainsi, nous préconisons *a minima* une opération de coupe à ras de terre et de broyage si besoin la 1^{re} quinzaine de juillet, faisant suite à la période de reproduction ; le risque de destruction de nichée est ainsi très faible et la fructification des végétaux est devancée.

Il faut noter que le contexte de cultures rend difficile si ce n'est impossible la suppression du risque sur les oiseaux, et tout particulièrement sur les rapaces communs de ces milieux.



8. MESURES DE SUIVI

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

Au vu des risques de collision pour les chauves-souris toutes découvertes sur le parc de Saint-Jacques, et étant donné le fait que ce dernier soit en continuité directe avec le parc de Sauvageons et dans le même contexte écologique, **nous estimons qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives préconisées en fin de suivi par un autre suivi de mortalité entre juillet et octobre 2023, couplé à un suivi chiroptérologique à hauteur de nacelle, afin d'ajuster au mieux les paramètres du bridage.**

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





9. BIBLIOGRAPHIE

- 2018.** Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres. Révision 2018.
- Ahlen et al. 2007.** Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia. Report 5571, July 2007. Swedish Environmental Protection Agency. Bromma, Sweden. 37 p.
- Ahlen I. 2003.** Windturbines and Bats – A pilot study. Sveriges Lantbruk universitet / Department of conservation biology.
- Albouy S. 2010.** Suivis de l'impact éolien sur l'avifaune et les chiroptères exemples de parcs audois (11). Présentation lors du colloque éolien à Reims les 15, 16 et 17 septembre 2010. ADEME, MEEDDM, SER/FEE, LPO. 31 p.
- Albouy S., Clement D., Jonard A., Masse P., Pages J-M. & Neau P. 1997.** Suivi ornithologique du parc Éolien de Port-la Nouvelle : Rapport final. Abiès, Géokos consultants, LPO Aude, novembre 1997. 66 p.
- Albouy S., Dubois Y. & Picq H. 2001.** Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue Haute (AUDE). Abiès, LPO Aude, octobre 2001. 55 p.
- Alcade J.T. 2003.** Impacto de los parques eolicos sobre las poblaciones de murcielagos – Barbastela 2 : 3-6.
- Altringham J.D. 1996.** Bats: biology and behaviour. Oxford University Press, Inc., New York, 262 p.
- Archaux F. 2008.** Méthodes de suivi au détecteur des chiroptères en forêt - Complément Action Chiroptères menée en 2007 : Combien de visites et quelle durée d'écoute pour évaluer la diversité spécifique ? Nogent-sur-Vernisson: Unité de recherche Écosystème Forestiers.
- Arnet E. 2005.** Relationships between Bats and Wind Turbines in Pennsylvania and West Virginia : An Assessment of Fatality Search Protocols, Patterns of Fatality, and Behavioral Interactions with Wind Turbines. Final report prepared for the Bats and Wind Energy Cooperative. 187p.
- Arnett E., Johnson G.D., Erickson W.P. & Hein C.D. 2013.** A synthesis of operational mitigation studies to reduce bat fatalities at wind energy facilities in North America. A report submitted to the National Renewable Energy Laboratory. The National Renewable Energy Laboratory. Austin, Texas, USA : Bat Conservation International, 2013. 38 p.
- Arnett E., Baerwald E. F., Mathews F., Rodrigues L., Rodriguez-Duran A., Rydell J., Villegas-Patracca R. & Voigt C. C. 2016.** Impacts of wind energy development on bats: a global perspective. In *Bats in the Anthropocene: conservation of bats in a changing world* (C. C. Voigt and T. Kingston, eds.). Springer-Verlag, Berlin.
- Arnett E., Huso M., Hayes J.P. & Schirmacher M. 2010.** Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Austin, Texas, USA : Bat Conservation International, 2010. 58 p.
- Arnett E., Schirmacher M., Huso M. & Hayes J. 2009.** Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities – Bats and Wind Energy Cooperative, 44p.
- Arthur L. & Lemaire M. 2015.** Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Collection Parthénope, éditions Biotope, Mèze. MNHN, Paris, 2^{ème} éd. 544 p.
- Aulagnier S., Haffner P., Mitchell-Jones A. J., Moutou F. & Zima J. 2008.** Guide des mammifères d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. Delachaux & Niestlé, Paris, 272 p.
- Avel pen Ar Bed. 2000.** Avifaune et projets éoliens, approche bibliographique. ADEME.
- Azam C., Kerbiriou C., Vernet A., Julien J-F., Bas Y., Plichard L. & Le Viol I. 2015.** Is part-night lighting an effective measure to limit the impacts of artificial lighting on bats ? *Global change biology*, 21 (12). 4333-4341.
- Azam C., Le Viol I., Julien J-F., Bas Y. & Kerbiriou C. 2016.** Disentangling the relative effect of light pollution, impervious surfaces and intensive agriculture on bat activity with a national scale monitoring program. *Landscape Ecology*, 31 (10). 2471-2483.
- Bach L. 2001.** Fledermause und Windenergienutzung, reale Probleme oder Einbildung ? *Vogelkd. Ber. Niedersachs.* 33 : 19-124.
- Bach L., Bach P. & Niermann I. 2011.** Impact of wind speed on the activity of bats. In: NINA Report 693 Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2-5 May 2011, Trondheim, Norway, 2011. p. 59.
- Bach L., Bach P. & Tillmann M. 2011.** What does bat activity inside the forest tell us about the activity above the canopy? A method for sensing bat activity at proposed wind plans in forest. 1p.
- Bach L., Bach P., Tillmann M. & Zucchi H. 2012.** Fledermausaktivität in verschiedenen Straten eines Buchenwaldes in Nordwestdeutschland und Konsequenzen für Windenergieplanungen. 2012, 128, pp. 148-157.
- Baerwald E-F., D'Amours G-H., Klug B-J. & Barclay R.M.R. 2008.** Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology* 18(16) : 695-696.
- Barataud M. 1994.** Étude de l'activité nocturne de 18 espèces de Chiroptères. Mémoires des Sciences Naturelles et Archéologiques de la Creuse, tome 44-45.
- Barataud M. 2015.** Écologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope, Mèze; MNHN, Paris, 344 p.
- Barataud M., Barataud J., Giosa S., Jemin J., Vittier J. & Besnard A. 2017.** Suivi temporel acoustique des chiroptères forestiers du Limousin (2014-2016). *Plume de naturalistes* n°1 (déc. 2017). 42-66p.
- Barclay R., 2013.** It is Time to Stop Counting Bat Fatalities per Wind Turbine. In: Abstracts 16th International Bat Research Conference & 43rd North American Symposium on bat Research. San Jose, Costa Rica, 11 au 15 août 2013. p.16
- Barré K., 2017.** Mesurer et compenser l'impact de l'éolien sur la biodiversité en milieu agricole. Thèse sous la direction de Romain Julliard et de Christian Kerbiriou et de Isabelle Le Viol. Museum national d'histoire naturelle - MNHN PARIS, 2017. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01714548>
- Barríos L. & Rodriguez A. 2004.** Behavioral and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines. *Journal of Applied Ecology* 41, 72-81.
- Bastos R., Santos M. & Cabrai J.A. 2013.** A new stochastic dynamic tool to improve the accuracy of mortality estimates for bats killed at wind farms. *Ecological Indicators*, 34: 428-440. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.06.003>
- Behr O, Brinkmann R, Niermann I, Korner-Nievergelt F. 2011.** Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. In BRINKMANN R, BEHR O, NIERMANN I, Reich Michael (eds.), 2011. Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Umwelt und Raum, Cuvillier Verlag, Göttingen, Bd. 4: 177–286.
- Behr O., Eder D., Marckmann U., Mette-Christ H., Reisinger N., Runkel V. & Von Helversen O. 2007.** Akustisches Monitoring im Rotorbereich von Windenergieanlagen und methodische Probleme beim Nachweis von Schlagopfern – Ergebnisse aus Untersuchungen im mittleren und südlichen Schwarzwald. *Nyctalus* (N.F.) 12 (2/3): 115-127
- Bergen F. 2001.** Windkraftanlagen und Frühjahrsdurchzug des Kiebitz (Vanellus vanellus): eine Vorher-Nachher-Studie an einem traditionellen Rastplatz in Nordrhein-Westfalens Windenergie und vogel : Ausmass und bewältigung eines konfliktes, TUB, 2001.
- Bernardino J. & al. 2011.** Attesting bird displacement in Portuguese wind farms. Poster in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.
- Bernardino J. & al. 2011.** Enhancing Carcass Removal Trials at Three Wind Energy Facilities in Portugal. Portuguese Wildlife Society. In: *Wildlife Biologie Practice*, 2011 Décembre 7(2): 1-14.
- Bernardino J., Bispo R., Costa H. & Mascarenhas M. 2013.** Estimating bird and bat fatality at wind farms: a practical overview of estimators, their assumptions and limitations. *New Zealand Journal of Zoology* 41(1) : 63-74.
- Besnard A. 2017.** L'estimation des mortalités : éléments clés pour leur réalisation... et leur bon usage. Présentation Séminaire Éolien et biodiversité 21 et 22 novembre 2017. Bordeaux. 40p.
- Beucher Y., Kelm V., Albespy F., Geyelin M., Nazon L. & Pick D. 2013.** Parc éolien de Castelnaud-Pégayrols (12). Suivi pluriannuel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campagnes des 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} années d'exploitation (2009-2011). EXEN & KJM Conseil Environnement, 111 p.
- Bevanger K. & al. 2010.** Pre- and post-construction studies of conflicts between birds and wind turbines in coastal Norway (Bird-Wind). Report on findings 2007-2010. NINA Report 620.
- BirdLife International. 2015.** Detailed regional assessment and species account from the European Red List of Birds. [on line : <http://www.birdlife.org/datazone/species/>]
- BirdLife International. 2015.** European Red List of Birds. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities.
- BirdLife International. 2021.** European Red List of Birds. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Bispo R. & al. 2011.** A web based application to estimate wildlife fatality: from the bias correction factors to the corrected fatality estimates. In: NINA Report 693 Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2-5 May 2011, Trondheim, Norway, 2011. p. 13
- Borner L., Duriez O., Besnard A., Robert A., Carrere V. & Jiguet F. 2017.** Bird collision with power lines: estimating carcass persistence and detection associated with ground search surveys. *Ecosphere* 8(11):e01966. 10.1002/ecs2.1966
- Bouchard C. 2003.** Le développement de l'énergie éolienne représente-t-il une réelle menace pour l'avifaune ? ENSAT. WWF-France
- Bouguey K. L., Lake I. R., Haysom K. A. & Dolman P. M. 2011.** Improving the biodiversity benefits of hedgerows: How physical characteristics and the proximity of foraging habitat affect the use of linear features by bats. *Biological Conservation* 144 : 1790-1798.
- Briggs B. 1996.** Birds and wind turbine: The Royal society for the protection of Birds policy and practice. In: *Birds and wind turbines: can they co-exist?* 10p. Institute of Terrestrial Ecology, Huntingdon
- Brinkman R. & Schauer-Weishahn H. 2002.** Welche Auswirkungen haben Windenergieanlagen auf Fledermäuse? *Der Flattermann* 14(2): 31-32
- Brinkman R., Schauer-Weishahn 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.
- Bruederer B., Peter D. & Korner-Nievergelt F. J. 2018.** Vertical distribution of bird migration between the Baltic Sea and the Sahara. *Ornithol.* <https://doi.org/10.1007/s10336-017-1506-z>
- Cade T.J. 1994.** Industry research : kenetech windpower. In : proceeding of the national avian-wind power planning meeting, Denver, Colorado, July 1994. 179 p.
- Camina A. 2011.** The effect of wind farms on vultures in Northern Spain : fatalities, behaviour and correction measures. Power point presented in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.
- Camina A. 2012.** Bat fatalities at wind farms in northern Spain — lessons to be learned. In: *Acta Chiropterologica*, Volume 14, Number 1, June 2012, pp. 205-212(8) Museum and Institute of Zoology, Polish Academy of Sciences.
- Carl G., Thelander C.G. & Rugges D.L. 2001.** Examining relationships between bird risk behaviours and fatalities at the altamont wind resource area : a second year's progress report. In : proceeding of the national avian-wind power planning meeting, Carmel, California : 5-14.
- Carrette M. & al. 2009.** Large scale risk-assessment of wind-farms on population viability of a globally endangered long-lived raptor. *Biological Conservation*, 8 p.
- Centre Ornithologique Rhones Alpes (CORA) Faune Sauvage (Groupe chiroptères). 2011.** Gestion forestière et préservation des chauves-souris. CRPF. [En ligne] Décembre 2011. [Citation : 2 mars 2016.] 32 p.. http://www.crfp.fr/new/telechargement%20dossiers/CTChiro_forestiers.pdf. ISBN 2-908010-80-1.
- Collins J. & Jones G. 2009.** Differences in bat activity in relation to bat detector height: implications for bat surveys at proposed windfarm sites. *Acta Chiropterologica* 11 : 343-350.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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. 2022. Liste des Mammifères de la région Poitou-Charentes et statut de rareté. Document interne actualisé.

Ecosphère. 2022. Liste des Oiseaux nicheurs de la région Poitou Charentes et statut de rareté. Document interne actualisé.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Grünkorn, T., Blew, J., Krüger, O., Potiek, A., Reichenbach, M., von Rönn, J., Timmermann, H., Weitekam, S. & Nehls, G. 2017. A large-scale, multispecies assessment of avian mortality rates at land-based wind turbines in Northern Germany. In: Köppel, J. (ed.) Wind Energy and Wildlife Interactions, DOI 10.10007/978-3-319-51272-3_3.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Kelm D. H., Lenski J., Kelm V., Toelch U. & Dzioczek 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Le Reste G. 2016. Enquête nationale sur les arbres gîtes à chauves-souris : bilan de 1999 à 2013. [éd.] Réseau des muséums 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, *Zoogdierverseniging & Bureau Waardenburg*. 120p.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Mathews F, Richardson S, Lintott P, Hosken D. 2021. Understanding the Risk to European Protected Species (bats) at Onshore Wind Turbine Sites to inform Risk Management. 127p. University of Exeter.

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

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

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

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

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

Million, L., Julien, J.-F., Julliard, R., & Kerbiouri, 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. & Kerbiouri 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Rico P. & Lagrange H. 2016. Étude de l'activité et de la mortalité des chiroptères sur plusieurs parcs éoliens par trajectographie acoustique, imagerie thermique et recherché de cadavres au sol – Contribution aux évaluations des incidences sur l'environnement. Présentation orale et Powerpoint, 16èmes Rencontres nationales "chauves-souris" de la SFPEM, 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., Carvallho F. & Mira A. 2011. How long do the dead survive on the road ? Carcass Persistence Probability and Implications for Road-Kill Monitoring Surveys. *PLoS ONE* 6(9): e25383.

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

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

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

Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFPEM) : Groupe Chiroptères. 2016. Diagnostic chiroptérologique des projets éoliens terrestres Actualisation 2016 des recommandations SFPEM. 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 (SFPEM) : 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 (SFPEM) 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 (SFPEM). 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 Montbéliard. *Ecosphère*. 63 pages.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Whitfield D.P. & Madders M. 2005. A review of the impacts of wind farms on hen harriers *Circus cyaneus* and an estimation of collision avoidance rates. *Natural Research Information Note 1* (revised). Natural Research Ltd, Banchory, UK. 32 p.

Whitfield D.P. & Madders M. 2005. Flight height in the Hen harrier (*Circus cyaneus*) and its incorporation in wind turbine collision risk modelling. *Natural Research Information Note 2*. Natural Research Ltd, Banchory, UK. 13 p.

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

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

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

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

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

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

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

| Période | Passage | Semaine | Date | Tâche | Intervenant Ecosphère |
|---------|---------|------------|-----------------|---|------------------------------------|
| 1 | 1 | 20 | 17/05/2022 | Suivi mortalité | Iserette André |
| | 2 | 21 | 24/05/2022 | Suivi mortalité | Iserette André |
| | 3 | 22 | 31/05/2022 | Suivi mortalité Test de persistance (dépôt) Test de performance | Iserette André Manon Acqueberge |
| | | 22 | 01/06/2022 | Road and Pads Test de persistance (J+1) | Iserette André |
| | | 22 | 02/06/2022 | Road and Pads Test de persistance (J+2) | Iserette André |
| | | 22 | 03/06/2022 | Road and Pads Test de persistance (J+3) | Iserette André |
| | 4 | 23 | 07/06/2022 | Suivi mortalité Test de persistance (J+7) | Iserette André |
| | | 23 | 10/06/2022 | Road and Pads Test de persistance (J+10) | Iserette André |
| | 5 | 24 | 15/06/2022 | Suivi mortalité Test de persistance (J+14) | Iserette André |
| | 6 | 25 | 20/06/2022 | Suivi mortalité | Iserette André |
| | 7 | 26 | 28/06/2022 | Suivi mortalité | Iserette André |
| 8 | 27 | 05/07/2022 | Suivi mortalité | Iserette André | |
| 9 | 28 | 11/07/2022 | Suivi mortalité | Iserette André | |
| 10 | 29 | 18/07/2022 | Suivi mortalité | Iserette André | |
| 11 | 30 | 26/07/2022 | Suivi mortalité | Iserette André | |

| Période | Passage | Semaine | Date | Tâche | Intervenant Ecosphère |
|---------|---------|------------|-----------------|--|------------------------------------|
| 2 | 12 | 31 | 02/08/2022 | Suivi mortalité | Iserette André |
| | 13 | 32 | 09/08/2022 | Suivi mortalité | Iserette André |
| | 14 | 33 | 16/08/2022 | Suivi mortalité | Fabien Fernandez |
| | 15 | 34 | 23/08/2022 | Suivi mortalité | Fabien Fernandez |
| | 16 | 35 | 31/08/2022 | Suivi mortalité Test de performance | Iserette André Manon Acqueberge |
| | 17 | 36 | 06/09/2022 | Suivi mortalité Test de persistance (dépôt) | Iserette André |
| | | 36 | 07/09/2022 | Road and Pads Test de persistance (J+1) | Iserette André |
| | | 36 | 08/09/2022 | Road and Pads Test de persistance (J+2) | Iserette André |
| | | 36 | 09/09/2022 | Road and Pads Test de persistance (J+3) | Iserette André |
| | 18 | 37 | 13/09/2022 | Suivi mortalité Test de persistance (J+7) | Iserette André |
| | | 37 | 16/09/2022 | Road and Pads Test de persistance (J+10) | Iserette André |
| | 19 | 38 | 20/09/2022 | Suivi mortalité Test de persistance (J+14) | Iserette André |
| | 20 | 39 | 27/09/2022 | Suivi mortalité | Iserette André |
| | 21 | 40 | 04/10/2022 | Suivi mortalité | Elise André |
| 22 | 41 | 11/10/2022 | Suivi mortalité | Iserette André | |
| 23 | 42 | 18/10/2022 | Suivi mortalité | Iserette André | |
| 24 | 43 | 25/10/2022 | Suivi mortalité | Elise André | |

*Road and Pads : il s'agit d'une prospection des cadavres sur les surfaces les plus visibles, soit les plateformes et les pistes d'accès (visibilité bonne), comprises au sein d'un cercle de rayon de prospection identique à celui utilisé pour le suivi de mortalité. Cette prospection est mutualisée avec le suivi de la persistance. Elle ne fait pas partie du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018).

ANNEXE 2 : SURFACES PROSPECTEES PAR EOLIENNE AU COURS DU SUIVI

| Période | Sous-période | Nbr de passages | SVO1 | | SVO2 | | % moyen de surface prospectée sur SVO : | SJQ3 | | SJQ4 | | SJQ5 | | SJQ6 | | % moyen de surface prospectée sur SJQ : | % moyen de surface prospectée sur l'ensemble des 2 parcs : |
|------------------------------|--------------|------------------|----------------|-------------|----------------|-------------|---|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|---|--|
| | | | Prospecté (m²) | % prospecté | Prospecté (m²) | % prospecté | | Prospecté (m²) | % prospecté | Prospecté (m²) | % prospecté | Prospecté (m²) | % prospecté | Prospecté (m²) | % prospecté | | |
| 1 (mi-mai à fin juillet) | 17/05/2022 | 1 | 783 | 10% | 7833 | 100% | 55% | 392 | 5% | 783 | 10% | 7833 | 100% | 1175 | 15% | 33% | 40% |
| | 24/05/2022 | 1 | 783 | 10% | 4308 | 55% | 33% | 392 | 5% | 783 | 10% | 5875 | 75% | 1175 | 15% | 26% | 28% |
| | 31/05/2022 | 1 | 783 | 10% | 392 | 5% | 8% | 392 | 5% | 783 | 10% | 783 | 10% | 1175 | 15% | 10% | 9% |
| | 07/06/2022 | 1 | 783 | 10% | 392 | 5% | 8% | 392 | 5% | 783 | 10% | 783 | 10% | 1175 | 15% | 10% | 9% |
| | 15/06/2022 | 1 | 783 | 10% | 392 | 5% | 8% | 392 | 5% | 783 | 10% | 783 | 10% | 1175 | 15% | 10% | 9% |
| | 20/06/2022 | 1 | 783 | 10% | 392 | 5% | 8% | 392 | 5% | 783 | 10% | 783 | 10% | 1175 | 15% | 10% | 9% |
| | 28/06/2022 | 1 | 783 | 10% | 392 | 5% | 8% | 392 | 5% | 783 | 10% | 783 | 10% | 1175 | 15% | 10% | 9% |
| | 05/07/2022 | 1 | 5483 | 70% | 392 | 5% | 38% | 5875 | 75% | 783 | 10% | 783 | 10% | 1175 | 15% | 28% | 31% |
| | 11/07/2022 | 1 | 7833 | 100% | 392 | 5% | 53% | 7833 | 100% | 7833 | 100% | 783 | 10% | 7833 | 100% | 78% | 69% |
| | 18/07/2022 | 1 | 7833 | 100% | 392 | 5% | 53% | 7833 | 100% | 7833 | 100% | 783 | 10% | 7833 | 100% | 78% | 69% |
| 26/07/2022 | 1 | 7833 | 100% | 392 | 5% | 53% | 7833 | 100% | 3133 | 40% | 783 | 10% | 7833 | 100% | 63% | 59% | |
| 2 (début août à fin octobre) | 02/08/2022 | 1 | 7833 | 100% | 392 | 5% | 53% | 7833 | 100% | 7833 | 100% | 783 | 10% | 7833 | 100% | 78% | 69% |
| | 09/08/2022 | 1 | 7833 | 100% | 392 | 5% | 53% | 7833 | 100% | 7833 | 100% | 783 | 10% | 7833 | 100% | 78% | 69% |
| | 16/08/2022 | 1 | 7833 | 100% | 392 | 5% | 53% | 7833 | 100% | 7833 | 100% | 783 | 10% | 7833 | 100% | 78% | 69% |
| | 23/08/2022 | 1 | 7833 | 100% | 392 | 5% | 53% | 7833 | 100% | 7833 | 100% | 783 | 10% | 7833 | 100% | 78% | 69% |
| | 31/08/2022 | 1 | 7833 | 100% | 392 | 5% | 53% | 392 | 5% | 7833 | 100% | 783 | 10% | 7833 | 100% | 54% | 53% |
| | 06/09/2022 | 1 | 7833 | 100% | 392 | 5% | 53% | 7833 | 100% | 7833 | 100% | 783 | 10% | 7833 | 100% | 78% | 69% |
| | 13/09/2022 | 1 | 7833 | 100% | 392 | 5% | 53% | 7833 | 100% | 7833 | 100% | 783 | 10% | 7833 | 100% | 78% | 69% |
| | 20/09/2022 | 1 | 7833 | 100% | 392 | 5% | 53% | 7833 | 100% | 7833 | 100% | 783 | 10% | 7833 | 100% | 78% | 69% |
| | 27/09/2022 | 1 | 7833 | 100% | 392 | 5% | 53% | 7833 | 100% | 7833 | 100% | 783 | 10% | 7833 | 100% | 78% | 69% |
| | 04/10/2022 | 1 | 7833 | 100% | 392 | 5% | 53% | 7833 | 100% | 7833 | 100% | 783 | 10% | 7833 | 100% | 78% | 69% |
| 11/10/2022 | 1 | 783 | 10% | 2350 | 30% | 20% | 7833 | 100% | 7833 | 100% | 783 | 10% | 5483 | 70% | 70% | 53% | |
| 18/10/2022 | 1 | 783 | 10% | 2350 | 30% | 20% | 7833 | 100% | 7833 | 100% | 7833 | 100% | 5483 | 70% | 93% | 68% | |
| 25/10/2022 | 1 | 783 | 10% | 2350 | 30% | 20% | 7833 | 100% | 7833 | 100% | 7833 | 100% | 7833 | 100% | 100% | 73% | |
| | | Moyenne : | | 61% | | 14% | 38% | | 67% | | 68% | | 24% | | 69% | 57% | 51% |

| Période | Sous-période | Nbr de passages | SVO1 | | SVO2 | | % moyen de surface prospectée sur SVO : | SJQ3 | | SJQ4 | | SJQ5 | | SJQ6 | | % moyen de surface prospectée sur SJQ : | % moyen de surface prospectée sur l'ensemble des 2 parcs : |
|------------------------------|---------------------|------------------|----------------|-------------|----------------|-------------|---|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|------|------------|---|--|
| | | | Prospecté (m²) | % prospecté | Prospecté (m²) | % prospecté | | Prospecté (m²) | % prospecté | Prospecté (m²) | % prospecté | Prospecté (m²) | % prospecté | | | | |
| 1 (mi-mai à fin juillet) | 1 (du 17/5 au 26/7) | 11 | 3133 | 40% | 1424 | 18% | 29% | 2920 | 37% | 2279 | 29% | 1887 | 24% | 2991 | 38% | 32% | 31% |
| 2 (début août à fin octobre) | 2 (du 2/8 au 25/10) | 13 | 6206 | 79% | 844 | 11% | 45% | 7261 | 93% | 7833 | 100% | 1868 | 24% | 7471 | 95% | 78% | 67% |
| | | Moyenne : | | 61% | | 14% | 38% | | 67% | | 68% | | 24% | | 69% | 57% | 51% |

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

| Ordre | Nom français | Nom scientifique | Age | Sexe | Date ramassage | Coord X_L93 | Coord Y_L93 | Distance mat | Orientation mat | Numéro éolienne | Découvreur | Identificateur | Moyen identification | Critère identification | Commentaire | Etat | Occupation du sol | Visibilité | Statut |
|--------|--------------------------|------------------------------|------|------|----------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------------------|------------------------|--|--------|-------------------|------------|--------------------|
| Oiseau | Buse variable | <i>Buteo buteo</i> | IND | IND | 05/07/2022 | 633656,712 | 6791418,13 | 38 | S | SVO1 | Iserette André | Iserette André | Examen visuel | | | sec | chaume | moyenne | local |
| Oiseau | Buse variable | <i>Buteo buteo</i> | juv | IND | 06/09/2022 | 634005,274 | 6791326,95 | 63 | SO | SVO2 | Iserette André | Iserette André | Examen visuel | | Découverte en dehors de la surface de prospection | frais | herbe | bonne | migrateur probable |
| Oiseau | Faucon crécerelle | <i>Falco tinnunculus</i> | IND | IND | 11/10/2022 | 634032,48 | 6791324,42 | 41 | SO | SVO2 | Iserette André | Iserette André | Examen visuel | | Plumée, crâne, pattes | sec | labour | bonne | migrateur probable |
| Oiseau | Buse variable | <i>Buteo buteo</i> | imm | IND | 17/05/2022 | 634821,087 | 6791017,68 | 8 | N | SJQ4 | Iserette André | Iserette André | Examen visuel | | | sec | plateforme | bonne | local probable |
| Oiseau | Martinet noir | <i>Apus apus</i> | juv | IND | 26/07/2022 | 634807,134 | 6791051,4 | 43 | NNO | SJQ4 | Iserette André | Iserette André | Examen visuel | | | frais | plateforme | bonne | migrateur |
| Oiseau | Martinet noir | <i>Apus apus</i> | juv | IND | 26/07/2022 | 634785,536 | 6791036,84 | 42 | NO | SJQ4 | Iserette André | Iserette André | Examen visuel | | | frais | chaume | bonne | migrateur |
| Chiro | Noctule commune | <i>Nyctalus noctula</i> | IND | F | 16/08/2022 | 634837,508 | 6791001,25 | 21 | ESE | SJQ4 | Fabien Fernandez | Manon Acqueberge | Examen visuel - Biométrie | AB = 54,5 mm | Pas d'usure des dents | frais | chaume | bonne | migrateur |
| Chiro | Noctule commune | <i>Nyctalus noctula</i> | IND | F | 31/08/2022 | 635460,39 | 6790724,1 | 25 | SSE | SJQ6 | Iserette André | Manon Acqueberge | Examen visuel - Biométrie | AB = 53 mm | Pas d'usure des dents, malgré une dent cassée | sec | plateforme | bonne | migrateur |
| Chiro | Noctule commune | <i>Nyctalus noctula</i> | IND | F? | 31/08/2022 | 635476,504 | 6790738,33 | 27 | ESE | SJQ6 | Iserette André | Manon Acqueberge | Examen visuel - Biométrie | AB = 51,5 mm | | avancé | labour | bonne | migrateur |
| Chiro | Noctule de Leisler | <i>Nyctalus leisleri</i> | IND | IND | 06/09/2022 | 635450,611 | 6790735,51 | 12 | S | SJQ6 | Iserette André | Manon Acqueberge | Examen visuel - Biométrie | AB = 44 mm | Pas d'usure des dents | sec | labour | bonne | probable |
| Oiseau | Roitelet triple-bandeau | <i>Regulus ignicapilla</i> | ad | IND | 13/09/2022 | 634786,336 | 6790975,15 | 47 | SO | SJQ4 | Iserette André | Iserette André | Examen visuel | | | frais | labour | bonne | migrateur |
| Chiro | Noctule commune | <i>Nyctalus noctula</i> | IND | IND | 27/09/2022 | 634512,069 | 6791137,14 | 11 | E | SJQ3 | Iserette André | Manon Acqueberge | Examen visuel - Biométrie | AB = 51,5 mm | | sec | labour | bonne | migrateur |
| Oiseau | Pigeon ramier | <i>Columba palumbus</i> | IND | IND | 27/09/2022 | 634799,109 | 6790954,81 | 59 | S | SJQ4 | Iserette André | Iserette André | Examen visuel | | Plumée, découverte en dehors de la surface de prospection | sec | labour | bonne | migrateur probable |
| Chiro | Pipistrelle de Nathusius | <i>Pipistrellus nathusii</i> | juv? | M | 11/10/2022 | 634525,788 | 6791135,14 | 25 | E | SJQ3 | Iserette André | Manon Acqueberge | Biométrie - dentition sous bino | AB = 33,5 mm | 2 doigts cassés : 3e et 4e de la main gauche ; incisives inférieures pas complètement sorties de la gencive de la mâchoire | frais | labour | bonne | migrateur |
| Chiro | Pipistrelle de Nathusius | <i>Pipistrellus nathusii</i> | IND | IND | 25/10/2022 | 634479,456 | 6791127,01 | 27 | SE | SJQ3 | Elise André | Manon Acqueberge | Biométrie - dentition sous bino | AB = 34,2 mm | | sec | culture | bonne | migrateur |
| Oiseau | Passereau sp | <i>Passereau sp</i> | IND | IND | 25/10/2022 | 634826,098 | 6791021,2 | 14 | SE | SJQ4 | Elise André | Elise André | Examen visuel | | Rémiges uniquement | sec | herbe | bonne | IND |

*IND = Indéterminé ; mm = immature ; ad = adulte ; juv = juvénile ; F = Femelle ; M = Mâle ; AB = longueur de l'avant-bras.

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

Exemple d'une capture d'écran.

- Résultats obtenus sur l'alignement complet des 6 éoliennes, sur toute la période du suivi et pour l'ensemble des cadavres. Résultats présentés dans le tableau en partie 5.3.1.



Estimation des mortalités induites par les éoliennes

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :

Browse... cadavres_tot.csv

Upload complete

Nb lignes lues = 24

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

Browse... persistence_tot.csv

Upload complete

Nombre de lignes lues = 50

Méthode de calcul des intervalles de confiance

Non-paramétrique

Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =

7

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =

87

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

68

Pourcentage de la surface prospectée =

0.51

CALCULER

Données en entrée

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

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

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

1, 3, 1, 2, 2, ..., 3, 14, 2, 2, 2


Estimations avec leurs intervalles de confiance

| Formule | Médiane | IC 2.5 | IC 97.5 | IC 0.10 | IC 0.90 |
|------------|---------|--------|---------|---------|---------|
| Erickson | 53.10 | 26.02 | 95.84 | 33.91 | 78.87 |
| Huso | 68.39 | 34.38 | 113.85 | 45.16 | 96.69 |
| Winkelmann | 135.39 | 62.72 | 284.31 | 83.40 | 216.99 |
| Jones | 75.56 | 37.43 | 131.78 | 49.14 | 109.17 |

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

Exemple d'une capture d'écran.

➤ Résultats obtenus pour l'alignement complet des 6 éoliennes, par groupe impacté et par sous-période. Résultats présentés dans le tableau en partie 5.3.2.


v1.4.8

Data Input
Analyses
Help

General Inputs
Searcher Efficiency
Carcass Persistence
Mortality Estimation
Detection Probability

Model Inputs:

Carcass ID Column (CO)

Fraction of Facility Surveyed:

Date Found:

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

Search Schedule (SS) Variable:

Carcass Observation (CO) Variable:

Figures
Summary

Show entries

Search:

| | Group | Season | X | 10% | 25% | 50% | 75% | 90% |
|---|------------|-----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | Chiroptere | periode_1 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| 2 | Chiroptere | periode_2 | 6.98 | 10.05 | 12.28 | 15.41 | 19.2 | 23.07 |
| 3 | Oiseau | periode_1 | 4 | 15.88 | 26.35 | 40.91 | 57.84 | 76.5 |
| 4 | Oiseau | periode_2 | 3 | 3 | 5.88 | 22.3 | 35.99 | 53.4 |

Showing 1 to 4 of 4 entries

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

| | Test 1 | Test 2 | Test 3 | Test 4 |
|-----------------------------------|---|---|--|--|
| DATAFILES INPUTS : | <i>DWP_par période_toutes éoliennes</i> | <i>DWP_par période_toutes éoliennes</i> | <i>DWP_par période_pour SVO</i> | <i>DWP_par période_pour SJQ</i> |
| <i>Model inputs</i> | | | | |
| Number of iteration | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Confidence level | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Carcass Class Column | Season | Season | Season | Season |
| <i>Model inputs</i> | | | | |
| Observations | Efficacite1 | Efficacite1 | Efficacite1 | Efficacite1 |
| Predictor variables | - | - | - | - |
| Fixed k | 0,75 ; 0,75 | 0,75 ; 0,75 | 0,75 ; 0,75 | 0,75 ; 0,75 |
| <i>Selection</i> | | | | |
| p model / p ~ | constant ; constant | constant ; constant | constant ; constant | constant ; constant |
| k model | fixed at 0,75 | fixed at 0,75 | fixed at 0,75 | fixed at 0,75 |
| <i>Model inputs</i> | | | | |
| Last time present | LastPresent | LastPresent | LastPresent | LastPresent |
| First time absent | LastAbsent | LastAbsent | LastAbsent | LastAbsent |
| Predictor variables | - | Size | - | - |
| Distributions | exp, weib, lognorm, loglog | | exp, weib, lognorm, loglog | exp, weib, lognorm, loglog |
| <i>Selection</i> | | | | |
| Distribution | loglogistic ; loglogistic | loglogistic ; loglogistic | lognormal ; lognormal | loglogistic ; loglogistic |
| Location ~ | constant | constant | constant | constant |
| Scale ~ | constant | constant | constant | constant |
| <i>Model inputs</i> | | | | |
| Carcass ID | carclD | carclD | carclD | carclD |
| Fraction of Facility Surveyed | 1 | 1 | 1 | 1 |
| DWP | Season | Season | Season | Season |
| Date found | DateFound | DateFound | DateFound | DateFound |
| <i>Split mortality</i> | | | | |
| Search Schedule (SS) Variable | Season | Season | Season | Season |
| Carcass Observation (CO) Variable | Group/Size/Visibility/IdEolienne/- | Group/Size/Visibility/IdEolienne/- | Visibility/IdEolienne/- | Group/Size/IdEolienne/- |
| Search interval | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Total span | 168 | 168 | 168 | 168 |
| | <i>Variable "Visibility" nulle pour SE car tous les leurres ont une visibilité identique (bonne).</i> | <i>Avec location ~ Size pour CP, choix unique du modèle exp pour P1 et P2 avec Delta AICc très élevés (7,65), donc modèles non représentatifs avec la variable Size. Cela revient donc à choisir les même modèles (loglog ~ constant) qu'au test 1.</i> | <i>Au regard des tests 1 et 2, nous ne choisissons aucune Predictor variables pour SE et CP.</i> | <i>Au regard des tests 1 et 2, nous ne choisissons aucune Predictor variables pour SE et CP.</i> |