



Parc éolien de Teillay, commune de Teillay (35)

VALOREM
janvier 2021

**Suivi de mortalité de
l'avifaune et des
chiroptères 2020**

| | | |
|-------------------------------|--|---|
| Citation recommandée | Biotope, 2021, Parc éolien de Teillay, commune de Teillay (35), Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères 2020. VALOREM. 75 p. | |
| Version/Indice | VF | |
| Date | janvier 2021 | |
| Nom de fichier | EOL_VALOREM_TEILLAY_Suivi2020_Morta_VF | |
| Référence dossier | | |
| Maître d'ouvrage | VALOREM | |
| Interlocuteurs | Franck LATRAUBE | Contact : franck.latraube@valorem-energie.com Tél : 02 28 03 90 04 Tél : 06 46 25 64 43 |
| Biotope, Rédaction de l'étude | Michaël GUILLON | Contact : mguillon@biotope.fr Tél : 06 29 83 22 43 |
| Biotope, Contrôleur qualité | Florian LECORPS | Contact : flecorps@biotope.fr Tél : 06 78 87 22 94 |

Avant-propos

Le parc éolien de Teillay (Ille-et-Vilaine) a été mis en service en novembre 2018.

La société Teillay énergie a missionné Biotope pour la réalisation du suivi de mortalité du parc éolien en 2019, ainsi que pour la réalisation d'une étude des chiroptères en nacelle conformément au protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (révision 2018).

Les résultats du suivi de mortalité mis en œuvre en 2019 ont mis en évidence une mortalité induite non négligeable, sur les chiroptères et les oiseaux.

L'exploitant s'est engagé, sur la base de ces résultats et des préconisations de Biotope, de façon proactive, à mettre en place en 2020 un bridage ciblé des éoliennes visant à réduire la mortalité des chauves-souris. Un modèle d'asservissement spécifique, dimensionné au regard des caractéristiques du parc éolien et sur la base des résultats des suivis 2019 a été réalisé par Biotope début 2020.

Teillay énergie a missionné Biotope afin de réaliser, en 2020, un nouveau suivi de mortalité et d'activité des chiroptères en nacelle, afin de reconduire ces études et évaluer l'efficacité du bridage mis en œuvre.

Le présent document présente les résultats des suivis réalisés en 2019 et 2020 par le bureau d'études BIOTOPE. L'objectif de ce suivi est d'estimer les taux de mortalité des chauves-souris et des oiseaux, liés à l'exploitation du parc éolien de Teillay.

Au regard des éléments fournis (volet faune de l'étude d'impact) et des échanges réalisés pour la réalisation de l'offre commerciale, un protocole adapté, issu du document validé par le Ministère « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens », fixant les modalités à suivre, notamment pour la réalisation d'un suivi de mortalité, a été mis en œuvre et évaluer l'efficacité du bridage mis en œuvre en 2020.

À noter que la révision du document « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » est paru en mars 2018 fixant les modalités à suivre, notamment pour la réalisation d'un suivi de mortalité. Ainsi, le protocole réalisé dans le cadre de cette étude et le rapport qui en découle tiennent compte des évolutions du protocole national.

Sommaire

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Contexte de l'étude et aspects méthodologiques | 10 |
| 1 | Contexte – présentation du parc et données historiques | 11 |
| 1.1 | Présentation du parc | 11 |
| 1.2 | Rappel des enjeux de l'étude d'impact | 12 |
| 2 | Méthodologie appliquée | 14 |
| 2.1 | Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national | 14 |
| 2.2 | Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées | 17 |
| 2.3 | Conditions de réalisation du suivi de mortalité | 23 |
| 2.4 | Modifications des modalités de fonctionnement en 2020 (bridage) | 30 |
| 2.5 | Équipe de travail | 31 |
| 2 | Synthèse et analyse des résultats | 32 |
| 1 | Résultats du suivi de mortalité 2020 | 33 |
| 1.1 | Résultats bruts | 33 |
| 1.2 | Analyse des résultats | 41 |
| 1.3 | Synthèse du suivi de mortalité 2020 | 54 |
| 2 | Facteurs d'impact et mesures correctives | 56 |
| 2.1 | Rappel du bilan du suivi de mortalité 2019 | 56 |
| 2.2 | Analyse croisée avec l'étude d'impact | 57 |
| 2.3 | Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères en 2019 et 2020 | 58 |
| 2.4 | Comparaison entre 2019 et 2020 des mortalités estimées | 69 |
| 2.5 | Conclusion sur l'effet de la mesure de bridage en 2020 | 76 |
| 3 | Mesures correctives | 76 |
| 3 | Bibliographie | 77 |
| | Annexes | 80 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques | 24 |
| Tableau 2 : Bilan de l'occupation du sol pour les quatre éoliennes sur l'ensemble de la période de suivi. Représentation en pourcentage des surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées par éolienne et pour le parc sur l'ensemble de la période de suivi (24 passages). Les zones en gris foncées représentent les occupations du sol non prospectables tout ou partie du suivi (efficacité de recherche nulle), et en blanc les occupations du sol qui ont été | |

| | |
|--|----|
| prospectables la majeure partie de l'année de suivi (non prospectable que ponctuellement). | 26 |
| Tableau 3 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 2 tests). | 29 |
| Tableau 4 Plan de bridage chiroptère défini sur les données 2019 et mis en œuvre en 2020. | 30 |
| Tableau 5 : Équipe de travail | 31 |
| Tableau 6 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 23 novembre 2020) des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe | 38 |
| Tableau 7 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Teillay | 38 |
| Tableau 8 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 23 novembre 2020) des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe | 39 |
| Tableau 9 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauve-souris touchées par le parc de Teillay | 40 |
| Tableau 10 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 24 passages | 41 |
| Tableau 11 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les deux tests de persistance pour chacune des quatre éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité. | 43 |
| Tableau 12 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés via les tests) et prédits (estimations et interpolations) par type d'occupation du sol pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi. | 43 |
| Tableau 13 Résultats des modélisations de l'efficacité de recherche en fonction de l'occupation du sol et de la hauteur de végétation. | 45 |
| Tableau 14 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation pour l'ensemble du suivi | 46 |
| Tableau 15 Bilan des probabilités seulement pour la méthode de Huso (2010) pour les deux périodes de suivi avant (P1) et après bridage (P2) (bridage effectif le 23/08/2020) | 47 |
| Tableau 16 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Teillay sur la période du suivi | 48 |
| Tableau 17 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période du suivi | 49 |
| Tableau 18 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période du suivi | 51 |
| Tableau 19 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période du suivi | 52 |
| Tableau 20 Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et des suivis mortalité de 2019 et 2020 | 57 |

| | |
|--|----|
| Tableau 21 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces sur les deux années de suivis de mortalité 2019 et 2020. La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08. | 67 |
| Tableau 22 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Teillay sur la période du suivi | 69 |
| Tableau 23 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Teillay sur la période du suivi | 69 |
| Tableau 24 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période du suivi | 71 |
| Tableau 25 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période du suivi | 71 |
| Tableau 26 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période 1 du suivi 2019 | 73 |
| Tableau 27 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période 2 du suivi 2019 | 73 |
| Tableau 28 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période 1 du suivi 2020 | 74 |
| Tableau 29 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période 2 du suivi 2020 | 74 |
| Tableau 30 : Résultats du suivi mortalité | 81 |

Liste des illustrations

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Eolienne 1 le 11 juillet 2019 et Eolienne 2 le 16 mai 2019 (de gauche à droite) | 11 |
| Figure 2 : Eolienne 3 et 4 le 16 mai 2019 (de gauche à droite) | 11 |
| Figure 3 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Teillay (de gauche à droite, E01, E02, E03 et E04) | 12 |
| Figure 4 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018 | 15 |
| Figure 5 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018) | 16 |
| Figure 6 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi | 26 |
| Figure 7 : Occupation du sol pour les éoliennes E01, E02, E03, E04 (de gauche à droite et de haut en bas) le 14 mai 2020 (premier passage en haut) et le 25 septembre 2020 (passage 20) | 27 |
| Figure 8 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. À gauche évolution du pourcentage de surface prospectée par passage (le passage 15 du 21/08/2020 est matérialisé par la ligne noire verticale pour distinguer la période sans et avec bridage), à droite synthèse (boite à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne | |

| | |
|--|----|
| sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum). | 28 |
| Figure 9 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope | 29 |
| Figure 10 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Teillay | 34 |
| Figure 11 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts. De gauche à droite et de haut en bas : Pipit des arbres, Pipistrelle commune, Sérotine commune et 3 individus de Pipistrelle de Kuhl © Biotope | 34 |
| Figure 12 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Teillay. La ligne noire verticale représente l'intervalle durant lequel le plan de bridage a été mis en place (effectif à partir du 23/08/2020) entre le 21/08 et le 28/08 (passages 15 et 16 du suivi) | 35 |
| Figure 13 : Nombre de cadavres découverts par éolienne | 35 |
| Figure 14 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Teillay. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne. | 36 |
| Figure 15 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation | 37 |
| Figure 16 : Durées de persistance moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédation | 42 |
| Figure 17 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Teillay au cours du suivi de 2020 sur 161 jours | 48 |
| Figure 18 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Teillay au cours du suivi de 2020 sur 161 jours | 50 |
| Figure 19 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Teillay au cours de la période 2020 avant bridage sur 99 jours | 51 |
| Figure 20 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Teillay au cours de la période 2020 après bridage sur 62 jours | 53 |
| Figure 21 : Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Teillay en 2019. La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08 | 59 |
| Figure 22 Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Teillay en 2020. La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08 | 59 |
| Figure 23 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée en 2019 au niveau d'éolienne E03 sur la période de réalisation du suivi mortalité. La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08 | 60 |
| Figure 24 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée en 2020 au niveau d'éolienne E03 sur la période de réalisation du suivi mortalité. La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08 | 60 |

| | |
|--|----|
| Figure 25 : Cortège d'espèces de chiroptères découvert lors du suivi de mortalité 2019 du parc éolien de Teillay | 61 |
| Figure 26 : Cortège d'espèces de chiroptères découvert lors du suivi de mortalité 2020 du parc éolien de Teillay | 61 |
| Figure 27 : Cortège d'espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle sur la période de réalisation du suivi mortalité | 62 |
| Figure 28 : Cortège d'espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle sur la période de réalisation du suivi mortalité | 62 |
| Figure 29 : Actogramme de la Noctule commune sur la période du suivi de mortalité 2019. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08. | 63 |
| Figure 30 : Actogramme de la Noctule commune sur la période du suivi de mortalité 2020. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08. | 63 |
| Figure 31 : Actogramme du groupe des Sérotules sur la période du suivi de mortalité 2019. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08. | 64 |
| Figure 32 : Actogramme du groupe des Sérotules sur la période du suivi de mortalité 2020. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08. | 64 |
| Figure 33 : Actogramme de la Sérotine commune sur la période du suivi de mortalité 2019. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08. | 64 |
| Figure 34 : Actogramme de la Sérotine commune sur la période du suivi de mortalité 2020. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08. | 65 |
| Figure 35 : Actogramme de la Pipistrelle commune sur la période du suivi de mortalité 2019. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08. | 65 |
| Figure 36 : Actogramme de la Pipistrelle commune sur la période du suivi de mortalité 2020. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08. | 65 |

| | |
|---|----|
| Figure 37 : Actogramme de la Pipistrelle de Kuhl sur la période du suivi de mortalité 2019. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08. | 66 |
| Figure 38 : Actogramme de la Pipistrelle de Kuhl sur la période du suivi de mortalité 2020. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08. | 66 |
| Figure 39 : Actogramme des pipistrelles de Kuhl/Nathusius sur la période du suivi de mortalité 2019 La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08. | 66 |
| Figure 40 : Actogramme des pipistrelles de Kuhl/Nathusius sur la période du suivi de mortalité 2020. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08. | 67 |
| Figure 41 Evolution de la mortalité la plus probable (suivant la méthode de Huso) sur le parc de Teillay entre 2019 et 2020 pour les oiseaux | 70 |
| Figure 42 Evolution de la mortalité la plus probable (suivant la méthode de Huso) sur le parc de Teillay entre 2019 et 2020 pour les chiroptères | 72 |
| Figure 43 Evolution de la mortalité la plus probable (suivant la méthode de Huso) sur le parc de Teillay entre 2019 (98 jours) et 2020 (99 jours) pour les chiroptères pour la période 1, avant le 23 août (avant bridage pour 2020) | 75 |
| Figure 44 Evolution de la mortalité la plus probable (suivant la méthode de Huso) sur le parc de Teillay entre 2019 (63 jours) et 2020 (62 jours) pour les chiroptères pour la période 2, après le 23 août (après bridage pour 2020) | 75 |

Tables des cartes

Annexes

| | |
|---|----|
| Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres | 81 |
|---|----|

1

Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Contexte – présentation du parc et données historiques

1.1 Présentation du parc

Le parc éolien de Teillay se situe dans le département de l'Ille et Vilaine (35), en région Bretagne. Il est localisé à environ 35 km au sud-est du centre-ville de Rennes.

Le parc, mis en service en novembre 2018, comprend 4 éoliennes GAMESA G97/2000 de 2 MW de puissance unitaire et d'orientation ouest-est. Ces éoliennes ont une hauteur de moyeu de 100 m et disposent d'un rotor de 97 m de diamètre.

Le parc de Teillay se situe au sein d'une plaine agricole de polyculture-élevage avec un bocage dégradé. À noter la présence de prairies permanentes au niveau des éoliennes E3 et E4, et de quelques haies sur l'ensemble du parc.



Figure 1 : Eolienne 1 le 11 juillet 2019 et Eolienne 2 le 16 mai 2019 (de gauche à droite)



Figure 2 : Eolienne 3 et 4 le 16 mai 2019 (de gauche à droite)

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

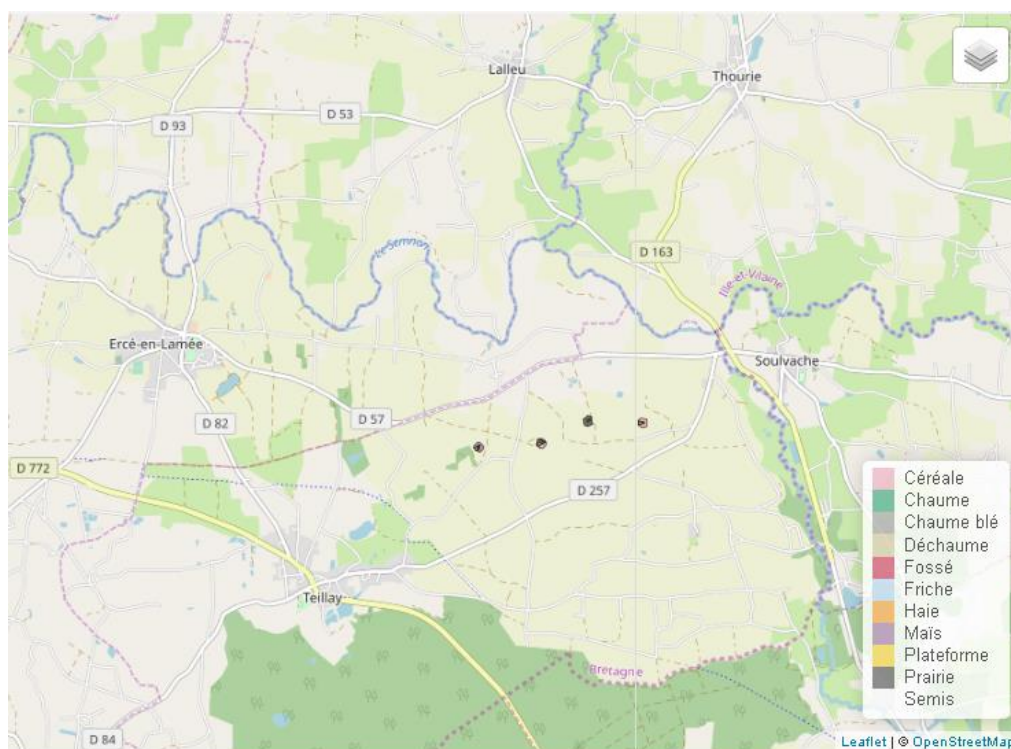


Figure 3 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Teillay (de gauche à droite, E01, E02, E03 et E04)

1.2 Rappel des enjeux de l'étude d'impact

L'objectif de cette partie est de résumer et de faire ressortir les espèces à enjeux identifiées lors de l'étude d'impact du projet éolien réalisée en 2003/2004 et rédigée en 2005 afin de les comparer avec les résultats des suivis post-implantations réalisés en 2019.

1.2.1 Présentation de l'aire d'étude initiale et des techniques employées

L'aire d'étude initiale correspond à un périmètre de 4 kilomètres dans l'axe ouest/est sur 1,5 kilomètres pour « replacer le projet dans un contexte plus large, afin d'affiner le diagnostic ».

Pour la partie « oiseaux », 12 passages ont été réalisés entre février 2003 et novembre 2004 couvrant l'ensemble du cycle biologique annuel : migrations pré et postnuptiales, hivernage et reproduction. L'ensemble des observations directes ont été réalisées en parcourant l'aire d'étude pour chacun des 12 passages. Cette méthode a permis d'apprécier l'utilisation du site par les oiseaux nicheurs ou en transit mais aussi de préciser les espèces hivernantes et en passage migratoire.

Pour l'étude des chauves-souris, deux techniques ont été déployées : l'utilisation de détecteurs d'ultrasons et de capture temporaire aux filets. Deux soirées d'inventaire ont été mobilisées en juin 2004 pour réaliser 9 points d'écoutes suivi de captures aux filets sur deux secteurs différents. Les points d'écoute localisés au niveau de points hauts et répartis sur 2 soirées, ont été effectués à l'aide d'un détecteur d'ultrasons Pettersson Electronics D220 (mode hétérodyne uniquement). Les captures ont nécessité le déploiement d'au « moins 3 filets par soirée ». « Leurs dimensions

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

sont variables, de 6 m de long sur 5 m de hauteur et de 12 m de long sur 4,20 m de hauteur. Les filets sont montés et tendus par des cannes télescopiques permettant de les étendre de 4 m à 6 m au-dessus du sol. »

1.2.2 Intérêts du site et de ses abords pour les oiseaux, définis par l'étude d'impact

Durant la période internuptiale, « l'ensemble des espèces recensées sont communément observées en Bretagne et en Loire-Atlantique. » « Un seul Busard Saint-Martin a été contacté » et il « est donc possible que l'oiseau observé soit cantonné en forêt de Teillay, ne visitant la zone d'étude que lors de ses prospections alimentaires. » Un groupe de Vanneau huppé « comptant entre 250 et 300 oiseaux fréquente la zone d'étude, exploitant les milieux cultivés et prairiaux ouverts. »

Durant la période de nidification, « Le peuplement d'oiseaux est caractéristique d'un bocage relativement ouvert. » « Le martinet noir ne niche pas sur la zone d'étude mais utilise le site comme zone d'alimentation ». Parmi ce cortège d'espèce utilisant l'aire d'étude pendant la période de nidification, 7 présentent un statut de patrimonialité dont 5 sont nicheuses : la Caille des blés (deux mâles chanteurs), la Tourterelle des bois (entre 5 et 7 couples), l'Alouette lulu (au maximum 4 couples), l'Alouette des champs (au maximum 4 couples) et le Tarier pâtre (entre 10 et 12 couples). Le Faucon hobereau et l'Hirondelle rustique utilisent quant à eux la zone pour l'alimentation.

« Que ce soit en hiver ou au printemps, les observations réalisées sur le terrain ne permettent pas de mettre en évidence d'axes de déplacement privilégiés pendant la journée. D'autre part, la zone d'étude n'est vraisemblablement pas située dans un couloir majeur de migration et rien dans la bibliographie ou les bases de données naturalistes à notre disposition ne permet de le supposer. » « La plupart des déplacements observés sont le fait d'oiseaux volant à faible altitude » (10 % des contacts avec une altitude supérieure à 50 m).

1.2.3 Intérêt du site et de ses abords pour les chiroptères, définis par l'étude d'impact

« Les observations aux points d'écoute ont révélés la présence de Pipistrelle commune et de Pipistrelle de Kuhl. » « L'ensemble des captures aux filets a révélé la présence de 5 espèces de chiroptères : Pipistrelle de Kuhl ; Pipistrelle commune, Oreillard gris, Sérotine commune et Barbastelle » et « place ce site dans une fourchette moyenne en termes de diversité chiroptérologique. »

« Cette aire d'étude apparaît à première vue, en termes d'habitats, comme peu favorable à la majorité des espèces de chauves-souris recensées en Bretagne. Fortement remembrée et composée de vastes parcelles de cultures et de pâtures non reliées par des linéaires denses de haies, elle ne présente que peu d'habitats susceptibles d'abriter des populations aussi importantes que variées de chiroptères. »

« La zone d'étude n'est a priori pas un site majeur. Toutefois, la proximité de la colonie de Grand Murin de l'église de Ercé-en-Lamée invite à la prudence. Il est probable que le parc éolien se trouve sur l'axe de déplacement de ces animaux lorsqu'ils rallient leurs zones de chasse ou encore les sites d'hibernation proches. »

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2 Méthodologie appliquée

2.1 Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national

2.1.1 Arrêté ministériel d'août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 et protocole national

“Arrêté du 22 juin 2020 portant modification des prescriptions relatives aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement

L'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement est modifié conformément aux dispositions des articles 2 à 22 du présent arrêté. “

“Article 9

L'article 12 est remplacé par :

« Art. 12.-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. Sauf cas particulier justifié et faisant l'objet d'un accord du Préfet, ce suivi doit débuter dans les 12 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation afin d'assurer un suivi sur un cycle biologique complet et continu adapté aux enjeux avifaune et chiroptères susceptibles d'être présents. Dans le cas d'une dérogation accordée par le Préfet, le suivi doit débuter au plus tard dans les 24 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation.

« Ce suivi est 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. A minima, le suivi est renouvelé tous les 10 ans d'exploitation de l'installation.

« Le suivi mis en place par l'exploitant est conforme au protocole de suivi environnemental reconnu par le ministre chargé des installations classées.

« Les données brutes collectées dans le cadre du suivi environnemental sont versées, par l'exploitant ou toute personne qu'il aura mandatée à cette fin, dans l'outil de télé-service de “ dépôt légal de données de biodiversité ” créé en application de l'arrêté du 17 mai 2018. Le versement de données est effectué concomitamment à la transmission de chaque rapport de suivi environnemental à l'inspection des installations classées imposée au II de l'article 2.3. Lorsque ces données sont antérieures à la date de mise en ligne de l'outil de télé-service, elles doivent être versées dans un délai de 6 mois à compter de la date de mise en ligne de cet outil.

« Dans le cas d'un projet de renouvellement d'une installation existante, autre qu'un renouvellement à l'identique ou une extension au sens de l'article R. 181-46-I du code de l'environnement, l'exploitant met en place un suivi environnemental, permettant d'atteindre les objectifs visés au 1er alinéa du présent article, dans les 3 ans qui précèdent le dépôt du porter à connaissance au préfet prévu par l'[article R. 181-46 du code de l'environnement](#). »

L'article 12 est remplacé par :

« Art. 12.-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. Sauf cas particulier justifié et faisant l'objet d'un accord du Préfet, ce suivi doit débuter dans les 12 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation afin d'assurer un suivi sur un cycle biologique complet et continu adapté aux enjeux avifaune et chiroptères susceptibles d'être présents. Dans le cas d'une dérogation accordée par le Préfet, le suivi doit débuter au plus tard

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

dans les 24 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation.
« Ce suivi est 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. A minima, le suivi est renouvelé tous les 10 ans d'exploitation de l'installation.
« Le suivi mis en place par l'exploitant est conforme au protocole de suivi environnemental reconnu par le ministre chargé des installations classées.
« Les données brutes collectées dans le cadre du suivi environnemental sont versées, par l'exploitant ou toute personne qu'il aura mandatée à cette fin, dans l'outil de télé-service de "dépôt légal de données de biodiversité" créé en application de l'arrêté du 17 mai 2018. Le versement de données est effectué concomitamment à la transmission de chaque rapport de suivi environnemental à l'inspection des installations classées imposée au II de l'article 2.3. Lorsque ces données sont antérieures à la date de mise en ligne de l'outil de télé-service, elles doivent être versées dans un délai de 6 mois à compter de la date de mise en ligne de cet outil.
« Dans le cas d'un projet de renouvellement d'une installation existante, autre qu'un renouvellement à l'identique ou une extension au sens de l'article R. 181-46-I du code de l'environnement, l'exploitant met en place un suivi environnemental, permettant d'atteindre les objectifs visés au 1er alinéa du présent article, dans les 3 ans qui précèdent le dépôt du porter à connaissance au préfet prévu par l'article R. 181-46 du code de l'environnement. »

Un protocole national cadrant les objectifs et modalités de suivi des parcs éoliens en exploitation a été rédigé en 2015 puis mis à jour début 2018.

La présente étude vient répondre aux obligations induites par le protocole national ainsi que par l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.

2.1.2 Méthodes et pressions d'inventaire attendues à l'échelle nationale

Nombre de sessions d'inventaire

Le protocole national précise que le suivi de mortalité sera constitué d'au minimum 20 visites réparties entre les semaines 20 et 43 en fonction des risques identifiés dans l'étude d'impact, de la bibliographie et de la connaissance du site.

| semaine n° | 1 à 19 | 20 à 30 | 31 à 43 | 44 à 52 |
|---|---------------------------------------|--|-------------------|--|
| Le suivi de mortalité doit être réalisé ... | Si enjeux avifaunistiques spécifiques | Dans tous les cas | | Si enjeux avifaunistiques en période hivernale |
| Suivi d'activité 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 |

Figure 4 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018

Nombre d'éoliennes suivies

Le protocole national invite à contrôler :

- Toutes les éoliennes pour les parcs de 8 éoliennes et moins ;
- Pour les parcs de plus de 8 éoliennes contenant n éoliennes : $8 \text{ éoliennes} + (n - 8) / 2$.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Méthode de collecte des données

Surface-échantillon à prospecter : un carré de 100 m de côté ou un cercle couvrant au moins un rayon égal à la longueur des pâles avec un minimum de 50 m (à élargir en proportion pour les éoliennes présentant des pâles de longueur supérieure à 50 m).

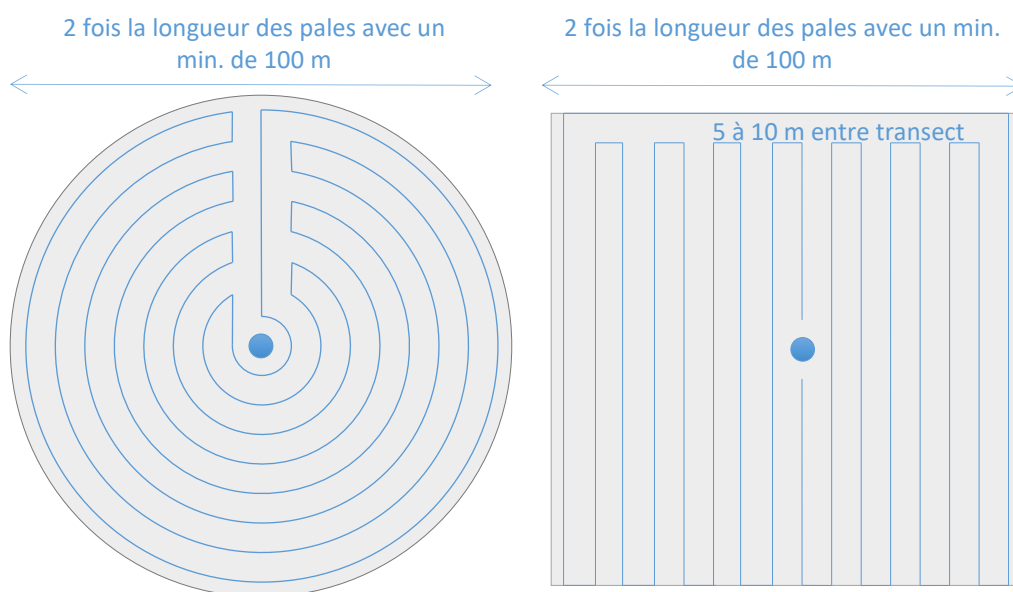


Figure 5 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018)

Mode de recherche : transects à pied espacés d'une distance dépendante du couvert végétal (de 5 à 10 m en fonction du terrain et de la végétation). Cette distance devra être mesurée et tracée. Les surfaces prospectées feront l'objet d'une typologie préalable des secteurs homogènes de végétation et d'une cartographie des habitats selon la typologie Corine Biotopes ou Eunis (cartographie simplifiée). L'évolution de la taille de végétation sera alors prise en compte tout au long du suivi et intégrée aux calculs du taux de mortalité (distinction des taux de découverte et de prédation en fonction des différents types de végétation).

Tests de correction des résultats.

Le protocole national prévoit la réalisation de deux tests de correction des résultats :

- Test d'efficacité de recherche (du chercheur) ;
- Test de persistance des cadavres.

Les modalités de réalisation de ces tests sont décrites en détail dans les chapitres suivants.

Analyse des résultats

Le protocole national prévoit un cadre d'analyse des résultats :

- Un tableau des données brutes doit être fourni pour permettre une compilation quantitative et informative à l'échelle nationale ;
- Analyser les résultats, de l'impact du parc et de l'efficacité des mesures ;

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

- Une analyse fine et qualitative des résultats doit être menée pour caractériser la mortalité par éolienne ;
- Croiser les résultats avec d'autres données ou avec les résultats d'autres types de suivi pour une interprétation des types de risques, des facteurs d'influence et orienter l'analyse vers l'efficacité des mesures ;
- Justifier et dimensionner les mesures correctives à mettre en place de façon proportionnée ;
- Estimer la mortalité pour permettre des comparaisons objectives et détecter les parcs à impacts significatifs pour la faune volante (intégrer coefficient surfacique, Utiliser au moins 3 formules de calcul des estimateurs standardisés dont Huso (2010) obligatoirement, Préciser l'intervalle de confiance de l'estimation, etc.).

2.2 Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées

Ce chapitre décrit la méthodologie mise en œuvre dans le cadre des études réalisées sur le parc éolien de Teillay. **Les suivis de mortalité réalisés en 2019 et 2020 sont identiques** tel que décrit ci-après. Il présente par ailleurs en détail les principales données collectées et analyses réalisées.

2.2.1 Principe de l'estimation de mortalité : méthodes, calculs et des incertitudes

L'objectif de ce suivi est de proposer une estimation de la mortalité réelle des chauves-souris et des oiseaux, au sein du parc. Le protocole national révisé en 2018 demande de préciser les incertitudes de l'estimation de la mortalité.

Principe de l'estimation de mortalité et formules utilisées

Les suivis de mortalité par recherche de cadavres au sol représentent actuellement la technique la plus régulièrement mise en œuvre. Toutefois, cette technique est soumise à de nombreux biais (capacités de détection de l'observateur, taux de disparition des cadavres par prédation/décomposition, activités agricoles du travail du sol) qui requièrent la définition de coefficients correcteurs à différentes périodes de l'année, sous peine de rendre potentiellement inexploitable les données issues du suivi de mortalité.

Le principe général des estimations par éolienne est le suivant :

$$Ne = Nd / (a \times P(s,f))$$

Ne = nombre estimé le plus probable de chauves-souris ou d'oiseaux tués par les éoliennes au sein de la zone prospectée.

Nd = nombre total de cadavres découvert de chauves-souris ou d'oiseaux dont la mort est imputable aux éoliennes.

a = Coefficient correcteur de surface moyen pondéré, calculé par simple proportion du taux moyen de surfaces prospectées et pondéré par la durée inter-passage.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

$P(s,f)$ = **Probabilité de détection propre à chaque méthode d'estimation** (e.g. de Erickson, de Jones, de Huso, de Korner-Nievergelt etc.). Les équations sous-jacentes à chaque méthode d'estimation font toutes appel à **deux coefficients correcteurs** que sont le coefficient de persistance (**s**) (qui peut être exprimée comme une durée de persistance ou comme une probabilité de survie suivant les formules) et le coefficient d'efficacité de recherche moyen (**f**). La valeur de **$P(s,f)$** obtenue correspond à une probabilité de détection moyenne tenant compte du fait que certains cadavres sont manqués faute de détection parfaite et d'autre du fait de leur disparition. Associée au nombre de cadavres trouvés durant le suivi pour chaque éoliennes (**Nd**) ainsi qu'à la surface moyenne prospectée (**a**), il est possible d'estimer la mortalité réelle. Ainsi **$a \times P(s,f)$** correspond une probabilité globale de détection des cadavres.

Dans le cadre de ce travail et conformément aux directives du protocole national, nous réaliserons les différentes analyses permettant d'estimer indépendamment la mortalité pour les chiroptères et les oiseaux, suivant les formules de : Erickson et al., 2000 / Huso, 2010¹ / Korner-Nievergelt et al. 2011.

La détermination des coefficients correcteurs « s » et « f » est très importante du fait de leur effet sur l'estimation de **Ne**. C'est pour cela qu'il est particulièrement important d'avoir la capacité d'évaluer *a posteriori* la précision de leurs évaluations.

Détermination des coefficients correcteurs

Pour déterminer les deux coefficients correcteurs que sont le **coefficient de persistance (s)** et le **coefficient d'efficacité de recherche (f)**, deux tests doivent faire l'objet d'une mise en œuvre précise :

- **Les tests de persistance** permettent de mesurer la vitesse de disparition des cadavres (prédation, charognage, décomposition des cadavres) et donc le temps de persistance des cadavres une fois au sol. Ce facteur peut fortement varier dans le temps et l'espace. Les causes de disparition peuvent être multiples, soit par prélèvement (Renard roux, rapaces, corvidés, etc.) soit par l'action des insectes nécrophages (carabes, mouches, etc.).

Tel que demandé par le protocole national, deux tests de prédation ont été réalisés dans le cadre du suivi de la mortalité. Ces tests ont été réalisés au cours du suivi pour que les résultats puissent être représentatifs des grandes périodes biologiques (saisons). Pour ce faire, les leurres ont été disposés de manière aléatoire pour chaque éolienne suivie au sein des zones de prospections.

- **Les tests d'efficacité des recherches** permettent de prendre en considération les difficultés des observateurs à repérer les cadavres tombés au sol. Ce coefficient est fortement influencé par l'évolution de l'occupation du sol, d'une part, ainsi que par la taille/couleur des cadavres, d'autre part. Il est également variable en fonction des observateurs (capacités de détection propres). Pour limiter l'effet observateur, il est important que les recherches soient, dans la mesure du possible, réalisées par un observateur unique. Ces tests doivent être réalisés au cours du suivi pour permettre d'évaluer la capacité de détection de l'observateur dans un maximum de modalités d'occupation du sol afin de limiter les extrapolations.

Tel que demandé dans le protocole national, deux tests ont été réalisés dans le cadre du suivi de la mortalité. Ces deux tests sont réalisés par la méthode de l'échantillonnage stratifié en fonction des différents types d'occupation du sol que l'observateur est susceptible de prospecter tout au long du suivi. Le moment de réalisation des tests doit permettre de tester l'observateur dans un maximum de situations d'occupation du sol, à l'échelle de l'ensemble du parc éolien.

● Erickson, W.P.; Johnson, G.D.; Strickland, M.; Kronner, K. (2000). *Final Report: avian and bat mortality associated with the Vansycle wind project.* pp 1-26.

● Huso, M. M. (2010). *An estimator of wildlife fatality from observed carcasses.* *Environmetrics*, 22(3), 318-329. doi: 10.1002/env.1052

● 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*, 17(4), 350-363. doi: 10.2981/10-121

¹ Estimateur de référence obligatoire dans chaque étude.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

De 10 à 15 leurres identiques sont disposés aléatoirement pour chaque catégorie d'occupation du sol à tester et sur l'ensemble du parc, à l'insu de l'observateur.

La détermination de coefficients correcteurs répétée selon les périodes de l'année constitue le principal élément permettant d'exploiter de façon fiable les résultats des suivis de mortalité par recherche de cadavres. Ces coefficients sont essentiels pour tirer des informations scientifiquement recevables du suivi de mortalité. **En l'absence de coefficients robustes, aucune conclusion ne peut être envisagée quant à la mortalité effective engendrée par le parc éolien.**

Méthodes statistiques et incertitudes

- Évaluation du coefficient moyen de persistance des cadavres

Afin d'estimer au mieux le coefficient, nous avons repris la démarche développée dans le package R « carcass » (Korner-Nievergelt et al. 2015), repris également par l'estimateur de Korner-Nievergelt (2011) ou encore « GenEst » (Dalthorp et al. 2018), c'est-à-dire l'utilisation d'un modèle de survie classique pouvant utiliser comparativement quatre lois de distribution possibles parmi : "exponential", "weibull", "lognormal" et "loglogistic". Ces distributions classiques décrivent de manière différente la vitesse à laquelle disparaissent les cadavres au cours du temps. Ainsi, cela permet de s'appuyer sur une de ces distributions pour prédire au plus juste la réalité observée lors des tests de prédation en fonction du type de leurre déployé (mammifères et/ou oiseaux), de la période du test et de l'éolienne. Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un processus classique de sélection de modèles par la pondération des AIC*. Le modèle sélectionné permet d'estimer les paramètres recherchés avec leurs incertitudes (intervalles de confiance à 95%** et prédites en fonction des facteurs retenus. Ces facteurs, comme la période du test ou l'éolienne, sont retenus dès lors que ce facteur permet de mieux correspondre à la réalité observée des tests, comme une différence significative entre les tests et/ou entre éoliennes.

Pour déterminer la persistance, le modèle prédit une durée moyenne de persistance (et les probabilités de persistance moyennes) en tenant compte des facteurs retenus. Les estimations sont également associées à des incertitudes afin d'évaluer la précision *a posteriori* de ces estimations.

- Évaluation du coefficient moyen d'efficacité de recherche

Comme pour le coefficient de prédation, l'efficacité de recherche est calculée en se basant sur une approche de modélisation de l'efficacité de détection. Pour cela, nous utilisons un modèle GLM suivant une loi de distribution binomiale (comprise entre 0 et 1) et en fonction de plusieurs facteurs que sont : le type de leurre (taille, couleur par exemple), la période du test, le type d'occupation du sol et la hauteur de végétation. Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un processus classique de sélection de modèles par la pondération des AIC. Si le modèle permet de faire un lien direct entre l'efficacité de recherche et la hauteur de végétation, le modèle peut prédire les cas de figures d'occupation du sol qui n'auraient pu être testés. Dans le cas contraire, il est possible de s'appuyer objectivement sur les sorties de modèle pour les situations testées et sur leurs interpolations (situations intermédiaires non testées) pour compléter les types de végétations manquantes (extrapolation en s'appuyant sur le retour de la personne qui a réalisé le suivi et qui peut comparer les situations).

Cette approche statistique permet, à partir des tests réalisés, d'estimer l'efficacité de recherche pour l'ensemble des occupations du sol que l'opérateur a rencontré sur l'ensemble de la période de suivi. Les estimations sont également associées à des incertitudes afin d'évaluer la précision *a posteriori* de ces estimations.

● **L'AIC est l'anagramme du critère d'information d'Akaike, (en anglais Akaike information criterion ou AIC). Il s'agit d'un indice calculé pour évaluer la qualité d'un modèle statistique proposée par Hirotugu Akaike en 1973. Cet indice permet de comparer plusieurs modèles sur une base objective et notamment en pénalisant les modèles en fonction du nombre de paramètres (complexification) afin de satisfaire le critère de parcimonie. Les modèles avec une valeur d'AIC la plus faible sont les plus pertinents à sélectionner. L'AIC weight permet de classer les modèles par leur pourcentage d'intérêt relativement aux autres par pondération des valeurs d'AIC.**

● **** L'intervalle de confiance à 95% se caractérise par une borne basse et haute entre lesquelles la valeur réelle (et estimée statistiquement) a 95% de chance de se situer.**

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

- Évaluation des incertitudes

Une fois que les coefficients correcteurs moyens (s , f et a) sont calculés, une **probabilité globale de détection** c'est-à-dire $a \times P(s, f)$ est calculée pour chacune des éoliennes pour l'ensemble du suivi selon les trois méthodes d'estimation que sont : Erickson et al. (2000), Huso (2010) et Korner-Nievergelt et al. (2011). Il est alors possible de calculer la mortalité estimée la plus probable par éolienne. Elle est ensuite pondérée pour chaque éolienne par le coefficient correcteur de surface moyen pour intégrer la part des surfaces non prospectées et non prospectables. Puis le nombre d'observation est divisée par cette probabilité globale de détection.

Afin de déterminer les incertitudes des estimations de mortalités par éolienne, nous avons utilisé le théorème de Bayes tel qu'il est également utilisé dans le package R « carcass » (Korner-Nievergelt et al. 2015) et par Korner-Nievergelt (2011). Connaissant le nombre de cadavres trouvés ainsi que la probabilité globale de les détecter (c'est-à-dire les chances réelles de trouver un cadavre selon les différentes méthodes d'estimation), cette méthode permet de déterminer *a posteriori* l'intervalle de confiance à 95% associé.

Ce théorème a également pour avantage de pouvoir donner un intervalle de confiance à 95% même lorsqu'aucun cadavre n'a pu être détecté. L'intervalle de confiance, dans ce cas, correspond au nombre de cadavres pour lesquels l'opérateur avait 95% de chance de ne pas les détecter du fait des différentes contraintes rencontrées au cours du suivi. Cela permet de donner une limite au nombre de collisions maximum non détectables considérant les contraintes de prospection rencontrées durant le suivi. Ainsi, dans tous les cas, il est possible de déterminer une mortalité maximum par éolienne, même en l'absence de découverte de cadavre.

- Comparaison de périodes au sein d'un même suivi

Dans l'objectif de faire une analyse intra-suivi en comparant par exemple deux périodes consécutives, les analyses seront menées de la même manière mais où seuls les éléments nécessaires aux estimations sur chaque période concernée seront utilisés tout en profitant de l'ensemble des informations disponibles. Par exemple, l'ensemble des résultats des tests d'efficacité de recherche menées sur l'ensemble du suivi seront utilisés pour déterminer l'efficacité de recherche de l'observateur sur la période restreinte même si cette période n'inclus pas la réalisation d'un des tests. En effet, c'est l'ensemble des occupations du sol testées qui permettent de prédire les conditions de prospections ciblées par une analyse temporelle plus restreinte. L'objectif est donc de pouvoir estimer les contraintes ou la mortalité sur une fenêtre temporaire plus restreintes tout en profitant de toutes connaissances et analyses acquises sur l'ensemble d'un suivi si nécessaire.

Limites générales à la démarche d'estimation de la mortalité :

Pour le moment, les incertitudes des différents coefficients correcteurs ne sont pas utilisées dans les calculs de l'incertitude de l'estimation de la mortalité. Toutefois, il est possible d'évaluer cela en regardant 1) les incertitudes de chaque coefficient correcteur pour vérifier leur qualité et 2) en analysant en même temps les incertitudes de l'estimation de mortalité finale elle-même. En effet, l'intervalle de confiance de l'estimation de mortalité sera d'autant plus large que la probabilité de détection globale moyenne est faible et que le nombre de cadavres découverts est grand.

L'utilisation de modèles, suivie d'une sélection par AIC pour déterminer les coefficients correcteurs (persistance et efficacité de recherche), a pour avantage 1) de générer les incertitudes aux coefficients correcteurs pour évaluer leur précision, 2) de prendre en compte le design expérimental des tests (notamment le nombre de leurres déployés qui limitent la capacité prédictive des modèles) en respectant les contraintes statistiques et aussi 3) de réaliser la meilleure stratification (intégration de tous facteurs influençant la détectabilité) pour décrire au plus juste la réalité du suivi. Toutefois, il n'est pas possible d'intégrer toutes les sources de variation, comme le travail des agriculteurs sur leurs parcelles. En effet, le travail du sol dépend

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

de la météo et il est impossible de savoir à quel moment les agriculteurs vont passer sur leurs champs, entraînant l'enterrement involontaire/aléatoire des cadavres.

Tel que défini par le protocole national, « seules les zones à ciel ouvert et praticables sont prospectées. Le reste de la surface échantillon devra faire l'objet d'une correction proportionnelle par coefficient surfacique ». Les zones non prospectables sont définies comme 1) des secteurs de boisements ou alors 2) comme des végétations ne permettant pas de pénétrer dans la parcelle ou enfin 3) comme une parcelle où la détectabilité est proche de zéro. Par notre expérience, une végétation au-delà de 30 cm de hauteur limite très fortement la capacité de détection des cadavres. En fonction du type de couvert, le technicien a la possibilité de continuer à prospecter s'il estime que sa capacité de détection est encore significative ou de considérer la parcelle comme non prospectable. Les surfaces non prospectées sont alors prises en compte par le coefficient correcteur de surface

Le coefficient correcteur de surface par simple proportion, tel que demandé par le protocole national suppose comme hypothèse que la densité des cadavres est identique entre les zones prospectées et celles non prospectées. Par ailleurs, il est assez fréquent que le faible nombre de cadavres ne permette pas de quantifier la relation entre la densité de cadavres et la distance au sol de l'éolienne. Toutefois, ce sont majoritairement les zones éloignées des mats qui ont le plus de chance de ne pas pouvoir être prospectées du fait de la présence récurrente d'une plateforme et chemin d'accès prospectable au pied des éoliennes. Ainsi, considérer à tort que la densité est homogène, peu importe la distance à éolienne, est donc en général conservateur (ne réduit pas l'estimation) au contraire d'une relation distance dépendance (Arnett et al. 2005). Toutefois, ces zones non prospectables participent à minimiser la mortalité observée mais aussi à surestimer la mortalité estimée par l'effet direct du coefficient correcteur de surface sur la probabilité de détection globale.

Suivant les formules, la probabilité globale de détection nécessite que la durée entre chaque passage reste identique tout au long du suivi ce qui est parfois difficile à mettre en œuvre, même si tout est fait pour respecter ce principe. Par ailleurs, la formule de Huso suppose qu'un cadavre manqué au premier passage après son apparition ne sera jamais découvert.

Tous les estimateurs utilisés ici se basent sur l'hypothèse que la mortalité est constante tout au long du suivi. Ce qui est vraisemblablement faux du fait des différentes phases du cycle biologique que peut couvrir un suivi. Des variables supplémentaires (comme l'activité acoustique pour les chiroptères), pourraient permettre de pondérer l'estimation de la mortalité en fonction de l'activité au cours du temps. Les limites de cette approche d'estimation basée sur l'évaluation moyenne de coefficients impliquent également l'absence d'égalité des estimations de mortalité entre la somme des estimations de plusieurs périodes et l'estimation calculée sur l'ensemble de ces périodes.

Le protocole national précise « Qu'il s'agisse du test d'efficacité ou du test de persistance des cadavres, il s'agira de s'assurer que les résultats permettent bien une utilisation statistique robuste dans l'estimation de la mortalité. ». Pour le test de persistance, le nombre de cadavres déployés va directement influencer la puissance statistique permettant d'estimer la vitesse de persistance moyenne, et d'autant plus si la vitesse de disparition est forte. En fonction de la pression de prédation (difficilement estimable au début du suivi), un nombre trop faible de cadavre (défini par défaut au début du suivi) peut impliquer l'incapacité d'estimer de manière robuste le coefficient de prédation pour chaque éolienne, voir même à l'échelle du parc. Ainsi, suivant les situations, cela peut remettre en cause cette demande spécifique du protocole national. Cela peut même engendrer l'incapacité de répondre au protocole national dans son ensemble si l'estimation de mortalité devient impossible. D'autre part, le nombre important de rats déposés (concentration), ainsi que leur taille et leur couleur peuvent générer des phénomènes d'attraction/saturation sur les prédateurs. Dans la mesure du possible, il convient d'éviter les souris/rats blancs mais cela est rarement possible en raison du manque de production de rongeurs gris. Ainsi, les rongeurs doivent correspondre le plus possible en taille à des chiroptères, en l'absence d'alternative satisfaisante (répétabilité des tests notamment).

Le protocole national prévoit également une « Analyse croisée avec les données et résultats de suivis d'activité en continu des chauves-souris (corrélations entre pics d'activité et mortalités,

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

entre l'évolution du cortège d'espèces inventorié par suivi en continu en nacelle et la chronologie de la mortalité par espèce... ». Comme les protocoles acoustique et mortalité sont réalisés de manière indépendante, notamment pour les éoliennes suivies, la cohérence des résultats reste très aléatoire. *A minima*, la comparaison sera descriptive et tentera de mettre en lumière les possibles liens entre ces deux sources de données.

2.2.2 Méthode de recherche des cadavres

Méthode par transects circulaires

Le protocole que nous avons mis en œuvre est adapté d'après Arnett et al. (2009) et Baerwald et al. (2009). Il **s'agit d'une méthode de suivi se basant sur des transects circulaires**. Ce type de transects **cible la zone théorique principale de présence de cadavres** liés à des phénomènes de collision, sous la principale zone de survol par les pâles et ses abords.

Ce protocole présente plusieurs avantages :

- Il **optimise la surface échantillonnée** (suivi traditionnel prospectant une surface carrée, sans justification statistique) ;
- Il ne nécessite pas la pose de repères sur le terrain ;
- Il permet de conserver toute la concentration de l'observateur sur la recherche de cadavres sans perte d'attention sur sa position par rapport aux repères/transects.

Les prospections s'effectuent à pied sous les éoliennes et dans un rayon de 50 m autour de chaque éolienne : 11 cercles éloignés de 5 m les uns des autres, en partant du plus éloigné du mât de l'éolienne (50 m), jusqu'au pied de l'éolienne sont alors effectués.

Pour cela, nous avons utilisé un jeu de cordes et mousquetons. La première corde, tendue le plus haut possible autour du mat de l'éolienne, sert de fixation mobile à une seconde corde longue de 50 m et disposant de repères placés tous les 5 m permettant ainsi de tourner autour de l'éolienne tout en gardant un écartement constant entre chaque cercle. Ainsi, 11 cercles de diamètre variable ont été parcourus ainsi qu'un tour au pied de l'éolienne.

Pour chaque éolienne, nous prévoyons alors de parcourir 1 866 m de transect, à une vitesse de 2 km/h environ.

Données collectées

Le technicien utilise un outil QGIS sur sa tablette android de terrain pour renseigner à chaque passage l'occupation du sol et les modalités de prospection à la parcelle. Chaque découverte de cadavre est enregistrée par le biais d'un formulaire standard renseigné dans une couche shapefile géolocalisée et tel que défini par le protocole national (2018) grâce à l'outil QGIS embarqué sur tablette. Les photos des cadavres produites par tablette sont associées à chaque enregistrement ainsi généré de la couche shapefile sous QGIS. En complément de ce rapport, cette couche pourra être transmise pour avoir tous les éléments de localisation et de conditions de découverte de chaque cadavre.

Détermination des cadavres

Les cadavres sont identifiés sur place par des experts ornithologues et chiroptérologues possédant une excellente connaissance de la faune locale. En cas de difficultés d'identification *in situ* (critères non visibles, traumatisme important, état de décomposition), les cadavres seront déterminés en laboratoire (loupes binoculaires), après avoir été conservés congelés. Une autorisation de transport préalable au suivi a été sollicitée auprès des services compétents.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Les ouvrages suivants sont utilisés, si nécessaire, pour appuyer les déterminations complexes :

- Dietz, C. et von Helversen, O. (2004). Illustrated identification key to the bats of Europe. Electronique publication, version 1.0 released 15.12.2004, Tuebingen & Erlangen (Germany). 72 p.
- Arthur, L. et Lemaire, M. (2009). Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse, Collection Parthénope. Biotopie éditions, Publications scientifiques du muséum. 544 p.
- Marchesi, P., Blant, M. et Capt, S. (2008). Mammifères de Suisse - Clés de détermination. Neuchâtel, Fauna Helvetica, CSCF & SSBF. 289 p.
- Svensson L. (2014). Le guide ornitho, le guide le plus complet des oiseaux d'Europe, d'Afrique du nord et du Moyen-Orient. Delachaux et Niestlé. 448 p.
- Brown R. et al. (2014). Traces et indices d'oiseaux ; pistes, nids, plumes, crânes... Delachaux et Niestlé. 333 p.
- FRAIGNEAU C. (2007). Reconnaître facilement les plumes – collecter, identifier, interpréter, conserver. Delachaux et Niestlé. 192 p.
- FRAIGNEAU C. (2017). Identifier les plumes des oiseaux d'Europe occidentale. Delachaux et Niestlé. 400 p.

Pour limiter les risques de modification comportementale des prédateurs (charognage) et éviter les doubles comptages, tous les cadavres découverts sont remplacés simplement en dehors de l'aire de prospection.

2.3 Conditions de réalisation du suivi de mortalité

2.3.1 Rappel des prospections de terrain 2019

24 passages avaient été réalisés en 2019, à raison d'un par semaine, du 16 mai 2019 au 24 octobre 2019 (soit 161 jours). Deux tests de prédation avaient été réalisés les 08/07 et 07/10 (pose de 60 rats) et deux tests d'efficacité de recherche les 15/08 et 24/10.

2.3.2 Prospections de terrain 2020

Les dates de passages et les conditions météorologiques sont détaillées dans le Tableau 1 Tableau 1.

Ainsi 24 passages ont été réalisés, à raison d'un par semaine, du 14 mai 2020 au 22 octobre 2020 soit 161 jours également.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques

| Numéro de passage | Date | Conditions météorologiques |
|---|------------|--|
| Suivi de mortalité (24 passages) | | |
| 0 | 14/05/2020 | Température: 12.2 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 27.3 km/h. Direction du vent: NE |
| 1 | 21/05/2020 | Nébulosité: 88%. Température: 22.8 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 3.3 km/h. Direction du vent: N |
| 2 | 28/05/2020 | Température: 22.8 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 18.3 km/h. Direction du vent: NE |
| 3 | 05/06/2020 | Nébulosité: 99%. Température: 16.2 °C. Pluie: 0.03 mm/h. |
| 4 | 10/06/2020 | Nébulosité: 99%. Température: 13.3 °C. Pluie: 0.2 mm/h. Vitesse du vent: 6.4 km/h. Direction du vent: O |
| 5 | 18/06/2020 | Nébulosité: 96%. Température: 15.7 °C. Pluie: 0.48 mm/h. Vitesse du vent: 7.6 km/h. Direction du vent: SO |
| 6 | 25/06/2020 | Nébulosité: 79%. Température: 27.5 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 2.5 km/h. Direction du vent: SO |
| 7 | 02/07/2020 | Nébulosité: 97%. Température: 17.3 °C. Pluie: 0.01 mm/h. Vitesse du vent: 9.8 km/h. Direction du vent: O |
| 8 | 10/07/2020 | Nébulosité: 91%. Température: 18.7 °C. Pluie: 0.01 mm/h. Vitesse du vent: 15.2 km/h. Direction du vent: NO |
| 9 | 17/07/2020 | Nébulosité: 92%. Température: 20.9 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 9.6 km/h. Direction du vent: NO |
| 10 | 24/07/2020 | Nébulosité: 98%. Température: 20.2 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 9.8 km/h. Direction du vent: O |
| 11 | 31/07/2020 | Nébulosité: 94%. Température: 27.6 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 13.2 km/h. Direction du vent: S |
| 12 | 06/08/2020 | Température: 26.5 °C. Pluie: 0.01 mm/h. Vitesse du vent: 3.2 km/h. Direction du vent: S |
| 13 | 13/08/2020 | Nébulosité: 95%. Température: 21.4 °C. Pluie: 0.17 mm/h. Vitesse du vent: 6.9 km/h. Direction du vent: O |
| 14 | 21/08/2020 | Nébulosité: 89%. Température: 21.6 °C. Pluie: 0.06 mm/h. Vitesse du vent: 23.7 km/h. Direction du vent: SO |
| 15 | 28/08/2020 | Nébulosité: 88%. Température: 17.4 °C. Pluie: 0.33 mm/h. Vitesse du vent: 14.3 km/h. Direction du vent: SO |
| 16 | 04/09/2020 | Nébulosité: 100%. Température: 20.3 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 5 km/h. Direction du vent: SO |
| 17 | 11/09/2020 | Nébulosité: 94%. Température: 18.4 °C. Pluie: 0.02 mm/h. Vitesse du vent: 6.7 km/h. Direction du vent: O |
| 18 | 17/09/2020 | Température: 25 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 21.8 km/h. Direction du vent: N |
| 19 | 25/09/2020 | Nébulosité: 92%. Température: 12.5 °C. Pluie: 0.48 mm/h. Vitesse du vent: 25.5 km/h. Direction du vent: O |

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

| Numéro de passage | Date | Conditions météorologiques |
|--|------------|---|
| 20 | 01/10/2020 | Nébulosité: 90%. Température: 13.8 °C. Pluie: 0.02 mm/h. Vitesse du vent: 20.3 km/h. Direction du vent: O |
| 21 | 09/10/2020 | Nébulosité: 100%. Température: 15.2 °C. Pluie: 0.02 mm/h. Vitesse du vent: 15.4 km/h. Direction du vent: NO |
| 22 | 16/10/2020 | Nébulosité: 98%. Température: 11.2 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 8.4 km/h. Direction du vent: N |
| 23 | 22/10/2020 | Nébulosité: 96%. Température: 15.8 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 4.6 km/h. Direction du vent: SE |
| Tests de prédation (4 tests) | | |
| Test 1 | 06/07/2020 | Dépôt de 60 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14) |
| Test 2 | 12/10/2020 | Dépôt de 60 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14) |
| Tests d'efficacité de recherche (2 tests) | | |
| Test 1 | 10/06/2020 | Dépôt de 112 leurres |
| Test 2 | 17/09/2020 | Dépôt de 105 leurres |

2.3.3 Occupation du sol et zones prospectées

Sur l'ensemble du suivi, les zones prospectées ont subi une forte évolution de l'occupation du sol (cf. Tableau 2, Figure 6 et Figure 7). Le couvert végétal dans les zones de recherche influence directement les capacités de l'observateur à détecter les cadavres. Les milieux herbacés hauts (> à 30/40 cm) et denses sont incompatibles avec les suivis. Ainsi, dès lors que la végétation correspondait à ce type d'occupation du sol, l'efficacité de recherche a été considérée comme nulle et les parcelles non prospectées.

Dans le cadre de cette étude, la végétation a été la seule contrainte dans la recherche de cadavres où pour certains passages, les recherches n'ont pas pu être menées sur la totalité des surfaces à prospecter.

L'ensemble de ces événements a été intégré dans les modalités de calcul par 1) le coefficient correcteur de surface et 2) le coefficient d'efficacité de recherche.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Tableau 2 : Bilan de l'occupation du sol pour les quatre éoliennes sur l'ensemble de la période de suivi. Représentation en pourcentage des surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées par éolienne et pour le parc sur l'ensemble de la période de suivi (24 passages). Les zones en gris foncées représentent les occupations du sol non prospectables tout ou partie du suivi (efficacité de recherche nulle), et en blanc les occupations du sol qui ont été prospectables la majeure partie de l'année de suivi (non prospectable que ponctuellement).

| Milieux | E01 | E02 | E03 | E04 | Total |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Céréale | 36,9% | / | / | / | 9,2% |
| Céréales peu denses | / | 13,7% | / | / | 3,4% |
| Chaume | 10,0% | 10,7% | / | 25,2% | 11,5% |
| Déchaume | 30,2% | 12,2% | / | / | 10,6% |
| Friche | / | 3,4% | / | 6,5% | 2,5% |
| Haie | / | / | / | 1,1% | 0,3% |
| Maïs | / | / | / | 50,4% | 12,6% |
| Plateforme | 16,2% | 14,5% | 14,7% | 13,6% | 14,7% |
| Prairie | 6,8% | 4,2% | 3,3% | 3,3% | 4,4% |
| Prairie de fauche | / | 41,2% | 82,1% | / | 30,8% |
| Total | 100 % | 100 % | 100 % | 100% | 100% |

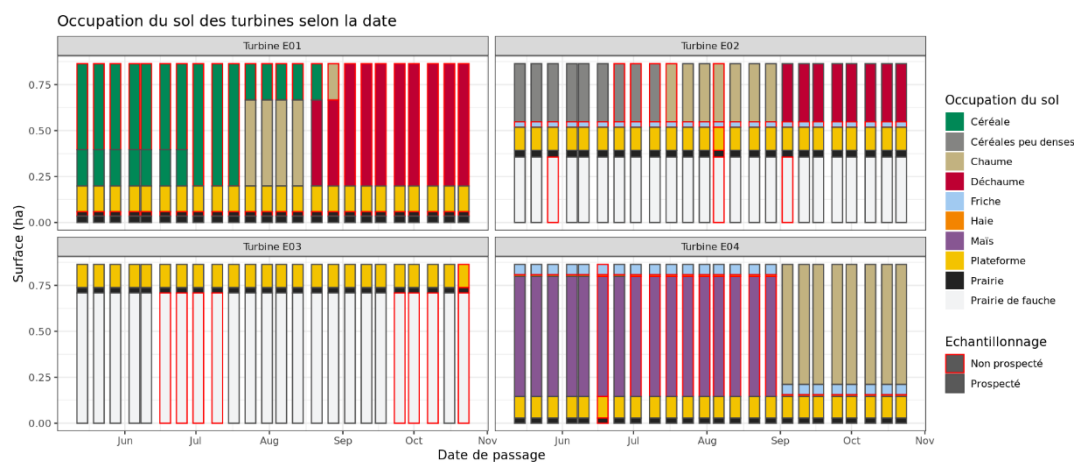
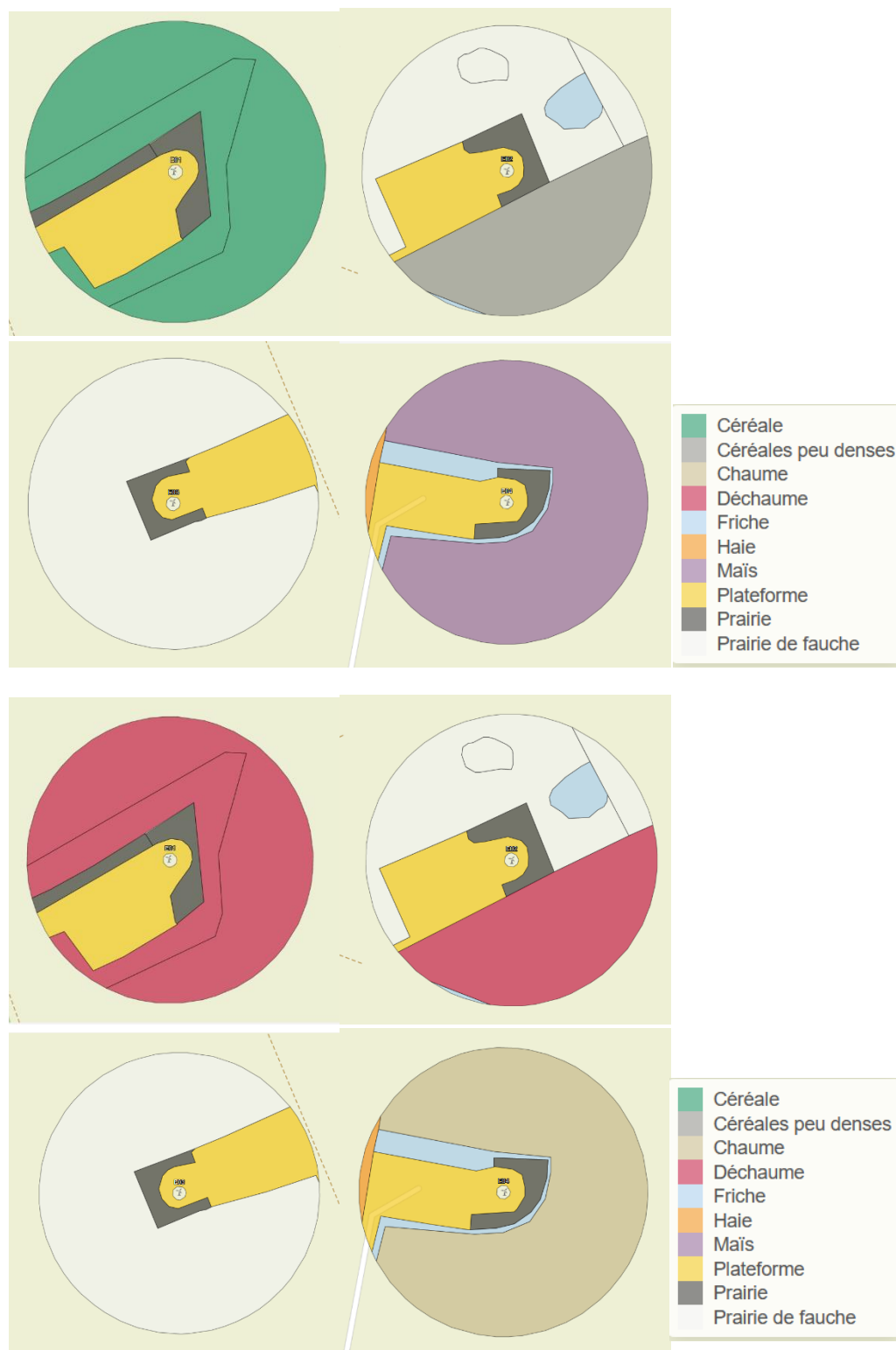


Figure 6 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.3.4 Évolution du taux de surface prospectée

Du fait principalement de l'évolution de la végétation, l'ensemble des surfaces n'ont pas pu être prospectées tout au long du suivi. Ce taux de surface prospectée est variable dans le temps et différent pour chaque éolienne suivie.

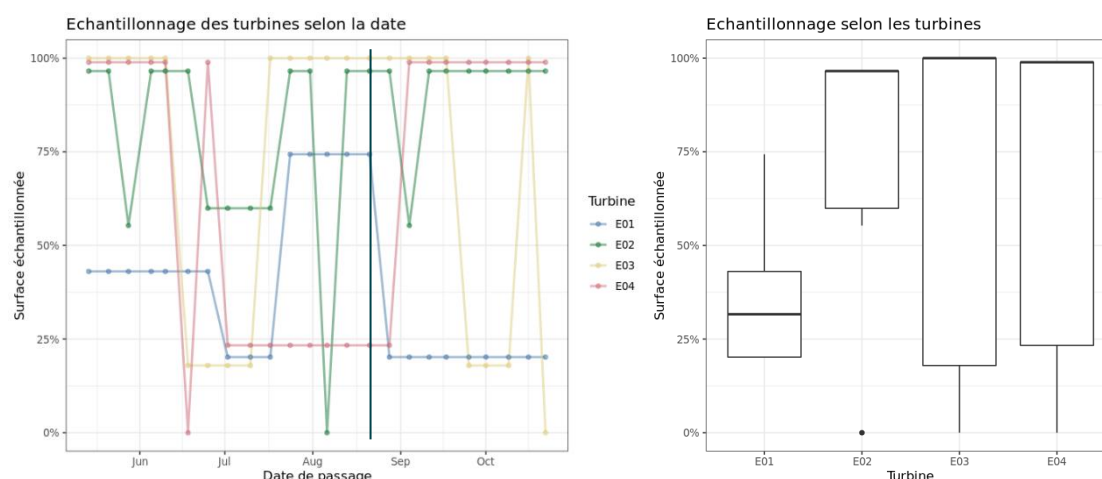


Figure 8 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. À gauche évolution du pourcentage de surface prospectée par passage (le passage 15 du 21/08/2020 est matérialisé par la ligne noire verticale pour distinguer la période sans et avec bridage), à droite synthèse (boîte à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum).

2.3.5 Réalisation des tests de prédation

Les deux tests de prédation ont été réalisés sur 14 jours sous l'ensemble des éoliennes du parc. Les tests de prédation ont été réalisés par l'opérateur en charge du suivi de mortalité. La pose (J0), a été réalisée en début de semaine en dehors du cadre habituel d'un passage hebdomadaire « suivi de mortalité ». 60 cadavres de jeunes rats (fraîchement décongelés, catégories « Petit rats 25 – 50g ») ont été disposés de manière aléatoire (localisations générées une seule fois par SIG puis réutilisées pour chaque test) sur l'ensemble des zones de prospections (tampon de 50 m autour des éoliennes). Les visites de contrôle ont été menées lors de différents jours (J+1, J+2, J+4, J+7, J+10, J+14), tôt le matin, pendant deux semaines. L'opérateur avait la charge de noter la présence de tous les cadavres avec identification et localisation des cadavres disparus à chaque passage dédié.

2.3.6 Réalisation des tests d'efficacité de l'observateur

Pour les secteurs prospectés, ce coefficient varie en fonction du couvert végétal (densité, hauteur) et, donc, de la période de l'année. Celui-ci a été évalué en plaçant des leurres à l'insu de l'observateur. Au minimum, 10 leurres par grand type d'habitat observé à chaque test ont été disposés aléatoirement (soit de 112 à 105 leurres disposés par test, Tableau 3). La pose est réalisée tôt le matin avant le lancement du suivi. Des leurres non organiques ont été déployés (pas de risques de disparition par les prédateurs). La position de chaque lure est enregistrée au GPS. Le test se déroule pendant la réalisation du suivi de mortalité par l'observateur selon le protocole habituel des transects circulaires. L'observateur a noté et localisé les leurres retrouvés et l'opérateur en charge du test, contrôle à la fin du suivi de mortalité, le nombre de leurres découverts par catégorie d'occupation du sol testée.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



Figure 9 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope

Tableau 3 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 2 tests).

| | E01 | E02 | E03 | E04 | Parc ensemble |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Occupations du sol | | | | | |
| Céréale | 15 | | | | 15 |
| Céréales peu denses | | 15 | | | 15 |
| Chaume | | | | 15 | 15 |
| Déchaume | | 15 | | | 15 |
| Friche | | | | 20 | 20 |
| Maïs | | | | 15 | 15 |
| Plateforme | 8 | 5 | 8 | 6 | 27 |
| Prairie | 8 | 17 | 6 | 14 | 45 |
| Prairie de fauche | | 30 | 20 | | 50 |
| Hauteurs de végétation | | | | | |
| 0 | 8 | 5 | 8 | 6 | 27 |
| 10 | 7 | | 4 | 19 | 30 |
| 15 | 15 | 55 | | 10 | 80 |
| 25 | | | 10 | 35 | 45 |
| 30 | | 15 | | | 15 |
| 35 | 1 | 7 | 12 | | 20 |
| Dates de tests | | | | | |
| 10/06/2020 | 22 | 39 | 16 | 35 | 112 |
| 17/09/2020 | 9 | 43 | 18 | 35 | 105 |
| Total | 31 | 82 | 34 | 70 | 217 |

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.3.7 Limites propres à la mise en œuvre du suivi

La capacité de détection des cadavres est variable entre observateurs. C'est pour cette raison que la majeure partie du suivi a été réalisée par la même personne (qui a été testée) et que son remplacement par une tierce personne n'a été que ponctuel durant le suivi (1/ 24 passages réalisés).

La capacité de détection est variable en fonction de la hauteur de végétation et du type d'occupation du sol. Dans le but d'obtenir des données exploitables, la mise en place des tests s'est faite de manière à pouvoir bénéficier d'un maximum de cas de figure rencontrés par l'opérateur en charge du suivi. Au total, avec les deux tests réalisés, ce sont 9 catégories d'occupation du sol qui ont été testées ainsi que 6 hauteurs différentes de végétation.

La présence ponctuellement (3 fois) de vaches sur une parcelle de prairie sur la E02 n'a pas permis de prospecter cette parcelle. De plus, la majeure partie de l'éolienne E01 n'a pas pu être prospectée

2.4 Modifications des modalités de fonctionnement en 2020 (bridage)

Suivi aux études menées en 2019, un plan de bridage favorable aux chiroptères (limitation de la mortalité des chiroptères) a été défini en se basant sur le croisement des conditions météorologiques (vitesse du vent et température) et les enregistrements simultanés de l'activité acoustique des chiroptères à hauteur de nacelle. Ce plan permet de définir des seuils de vent et de température qui oblige l'arrêt des machines sur une plage horaire correspondant aux conditions les plus favorables à l'activité des chiroptères au niveau de la zone de risque de mortalité (collision/barotraumatisme). Ce plan est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 Plan de bridage chiroptère défini sur les données 2019 et mis en œuvre en 2020.

| Paramètres Bridage Chiroptères - Proposition Biotope - Parc de TEILLAY | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|---------|-------|-----------|---------|
| mois | avril | mai | juin | juillet | août | septembre | octobre |
| vitesse de vent (m/s) < | 5,0 | 5,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 5,5 | 5,5 |
| Température (°) > | 13,0 | 13,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 |
| heure début bridage | 21:00 | 21:30 | 22:00 | 22:00 | 21:15 | 20:15 | 19:20 |
| heure fin bridage | 2:00 | 2:30 | 6:00 | 6:30 | 7:00 | 7:45 | 8:20 |
| WTG1 | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| WTG2 | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| WTG3 | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |
| WTG4 | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF |

La mise en œuvre de ce bridage a été effective à partir du 23 août 2020 (nuit du 23 au 24) et ce jusqu'à la fin du calendrier de bridage (octobre).

Dans l'objectif de pouvoir mesurer l'efficacité de ce plan de bridage, les analyses de la mortalité viendront logiquement comparer les deux périodes avant et après le 23 août 2020. Ainsi la première période (P1) correspondra à la période entre le premier passage (le 14 mai 2020) et le passage 15 (le 21 août 2020) soit 99 jours et où elle sera associée au premier test de persistance (le 6 juillet 2020). La deuxième période (P2) avec bridage correspondra à la période entre le passage 15 (le 21 août 2020) et le 24^{ème} et dernier passage (le 22 octobre 2020) soit 62 jours et où elle sera associée au deuxième test de persistance (le 12 octobre 2020).

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.5 Équipe de travail

Une équipe pluridisciplinaire a été constituée dans le cadre de cette étude (Tableau 5).

Tableau 5 : Équipe de travail

| Domaine d'intervention | Agents de Biotope |
|--|-------------------|
| Contrôle qualité | Florian LECORPS |
| Chef de projet Responsable du projet | Florian LECORPS |
| Chef de projet Rédaction de l'étude | Michaël GUILLON |
| Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (23 sessions) | Youenn FOULIARD |
| Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (1 session) | Ilyan LAMAISSON |

2

Synthèse et analyse des résultats

2 Synthèse et analyse des résultats

1 Résultats du suivi de mortalité 2020

1.1 Résultats bruts

1.1.1 Rappel des résultats brut de 2019

Pour rappel, le suivi de mortalité de 2019 avait permis la découverte de 34 cadavres, dont 11 oiseaux (6 espèces) et 23 chauves-souris (4 espèces et un groupe d'espèces), entre le 16 mai 2019 et le 24 octobre 2019.

Les espèces d'oiseaux trouvés sont l'Alouette lulu (3 individus), le Bruant jaune (1 individu), le Faucon crécerelle (1 individu), le Gobemouche noir (1 individu), le Martinet noir (3 individus) et le Roitelet à triple bandeau (2 individus), découvertes entre le 16 mai 2019 et le 19 septembre 2019. Les espèces d'oiseaux les plus fréquemment observées sont l'Alouette lulu et le Martinet noir (3 individus chacun) ainsi que le Roitelet à triple bandeau (2 individus).

Les espèces de chauve-souris trouvées sont la Noctule commune (1 individu), la Pipistrelle commune (13 individus), la Pipistrelle de Kuhl (6 individus), le groupe des pipistrelles (1 individu) et la Sérotine commune (2 individus), recensées entre le 6 juin 2019 et le 19 septembre 2019. Les espèces de chiroptères majoritairement observées sont la Pipistrelle commune (13 individus) et la Pipistrelle de Kuhl (6 individus), auxquelles s'ajoute une pipistrelle indéterminée. A noter l'observation de la Sérotine commune (2 individus).

1.1.2 Données générales concernant les cadavres découverts en 2020

Au total, 11 cadavres ont été trouvés au sein du parc éolien de Teillay, dont 1 oiseau (1 espèce) et 10 chauves-souris (3 espèces) entre le 14 mai 2020 et le 22 octobre 2022.

L'espèce d'oiseaux trouvé est le Pipit des arbres (1 individu) découvert le 28 mai 2020.

Les espèces de chauve-souris trouvées sont la Pipistrelle commune (5 individus), la Pipistrelle de Kuhl (4 individus) et la Sérotine commune (1 individu), recensées entre le 5 juin 2019 et le 13 août 2020. Les espèces de chiroptères majoritairement observées sont la Pipistrelle commune (5 individus) et la Pipistrelle de Kuhl (4 individus).

● Cf. *Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres.*

2 Synthèse et analyse des résultats

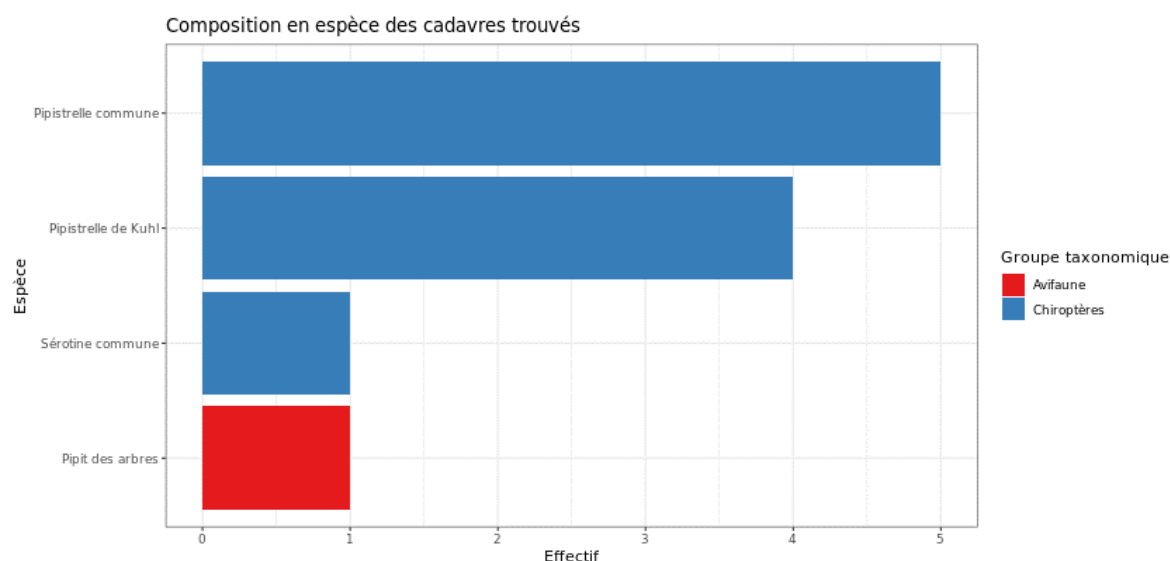


Figure 10 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Teillay

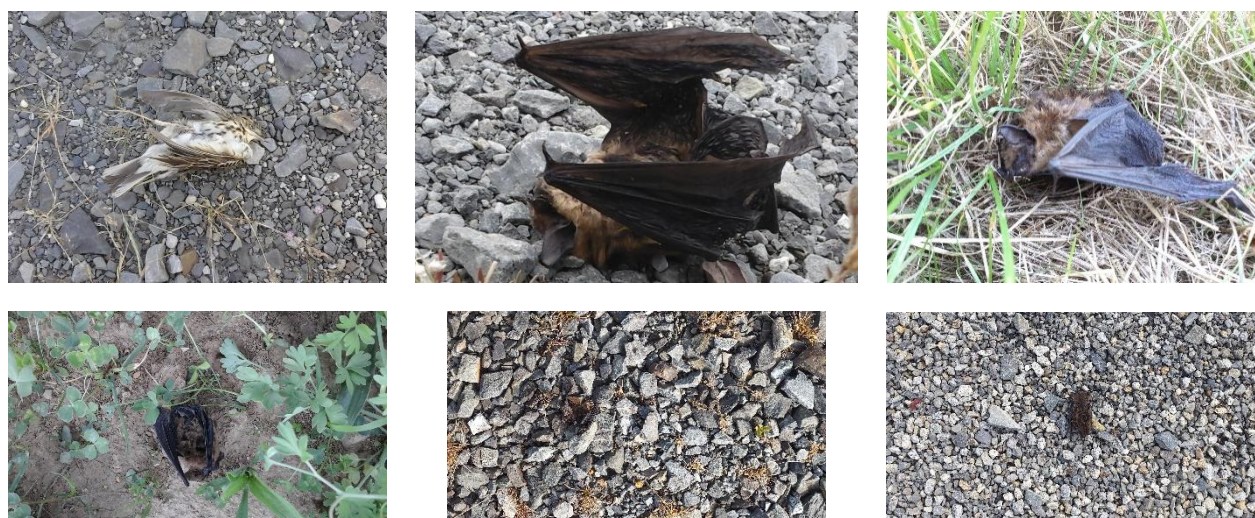


Figure 11 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts. De gauche à droite et de haut en bas : Pipit des arbres, Pipistrelle commune, Sérotine commune et 3 individus de Pipistrelle de Kuhl
© Biotope

Au niveau phénologique, on remarque que :

- Un cadavre d'oiseaux a été observé fin mai c'est-à-dire en période de nidification. Au regard de l'effectif, il ne semble pas y avoir de pic important de mortalité qui se dégage sur la période de suivi ;
- Les cadavres de chiroptères ont été retrouvés sur la période allant de juin à août, avec un pic de découvertes à la mi-août.

L'ensemble des individus découverts sont mort par barotraumatisme et/ou par collision avec les pâles soit 100% des individus dont la mort est imputable aux éoliennes.

Aucun cadavre n'a été découvert sur la deuxième période du suivi (à partir du 23/08/2020) durant laquelle le plan de bridage chiroptère a été mise en place.

2 Synthèse et analyse des résultats

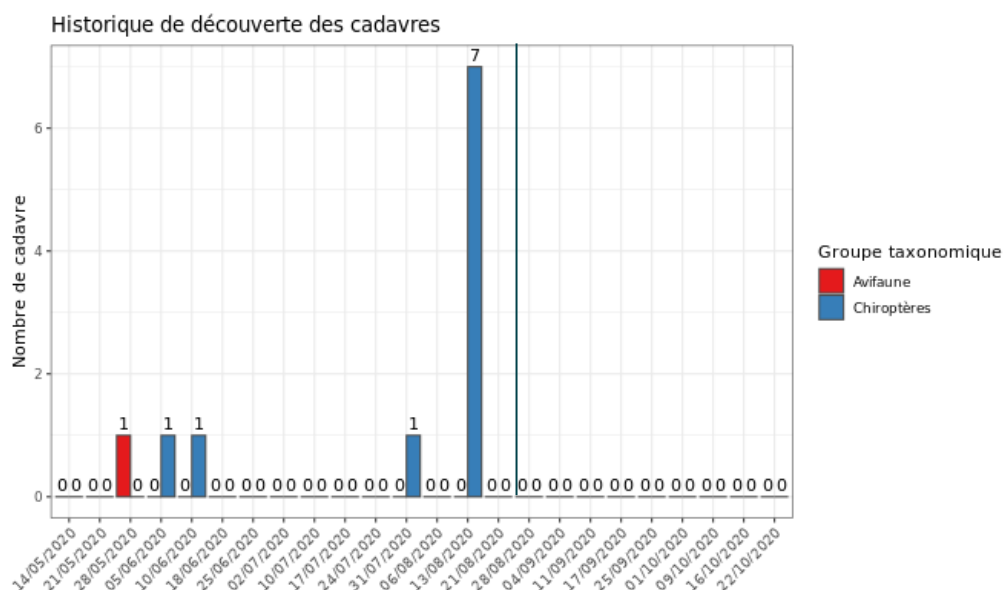


Figure 12 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Teillay. La ligne noire verticale représente l'intervalle durant lequel le plan de bridage a été mis en place (effectif à partir du 23/08/2020) entre le 21/08 et le 28/08 (passages 15 et 16 du suivi)

1.1.3 Suivi par éolienne

L'analyse par éolienne montre que les cadavres ont été retrouvés sous l'ensemble des éoliennes avec des valeurs assez différentes entre elles. L'éolienne E01 montre le nombre de découvertes de cadavres le plus important avec 4 chiroptères. Les éoliennes E02 et E03 montrent une mortalité de 3 chiroptères par éolienne. L'éolienne E04 présente le plus faible nombre de cadavre retrouvé avec un seul oiseau.

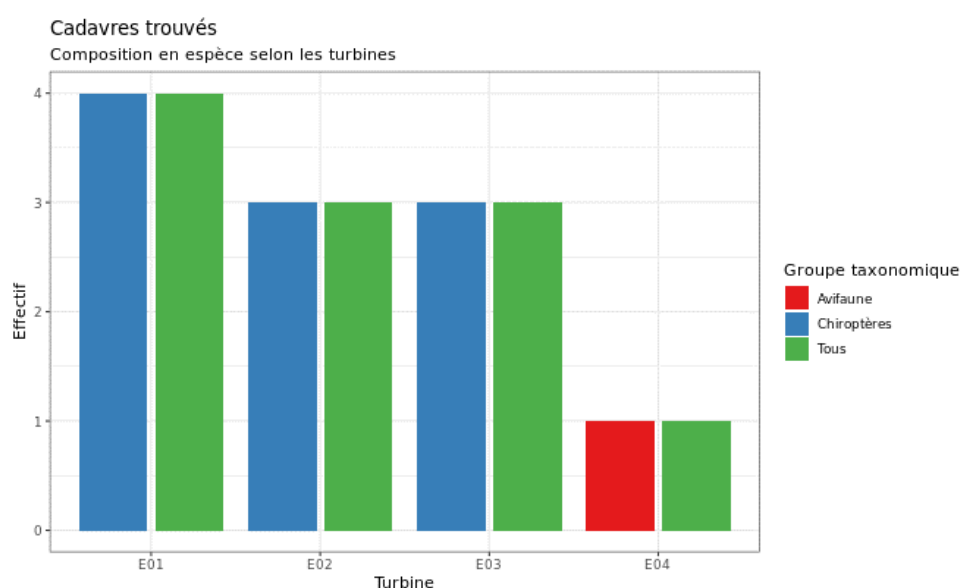


Figure 13 : Nombre de cadavres découverts par éolienne

2 Synthèse et analyse des résultats

L'ensemble des éoliennes présente des cas de mortalité pour l'avifaune ou pour les chiroptères. Les mortalités brutes recensées varient entre les éoliennes, comprises entre 1 et 4 cadavres par éolienne. La majorité des cadavres appartient au groupe des chiroptères (10 individus). Les éoliennes E01 et dans une moindre mesure E02 et E03 semblent avoir un impact plus marqué que la dernière machine sur la base des résultats bruts.

1.1.4 Répartition spatiale des observations

Les observations ont été réalisées sur l'ensemble des distances prospectées. L'individu retrouvé le plus loin d'une éolienne est une Pipistrelle commune observé à 45m.

Si l'on regarde la localisation des observations par rapport aux éoliennes suivies il est difficile vu les effectifs de comparer les deux groupes. Pour les chiroptères, il est difficile de montrer une tendance sur la distance à l'éolienne. Les découvertes ont été plus fréquemment réalisées au pieds des éoliennes et au sud-ouest des éoliennes.

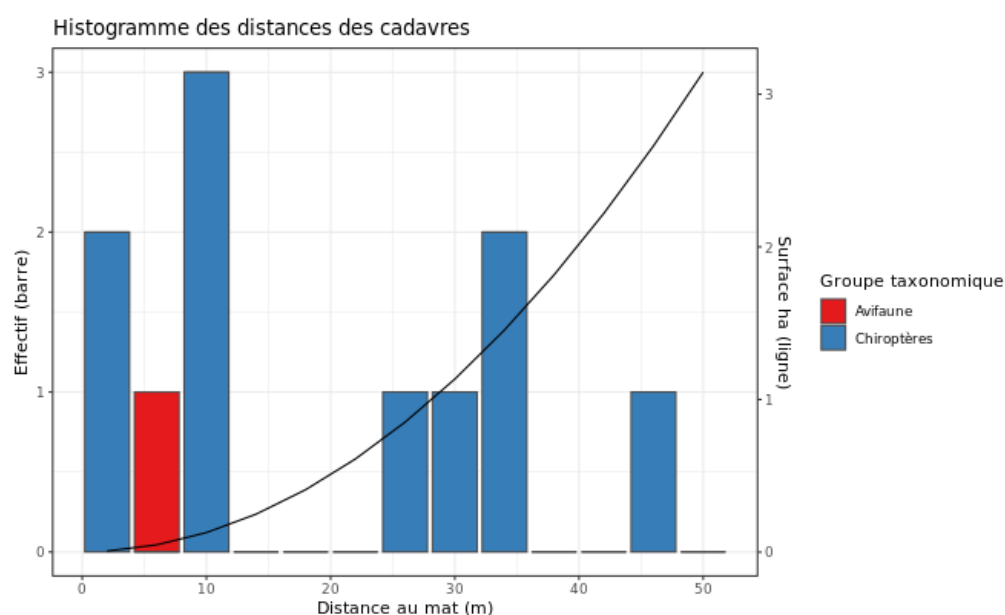


Figure 14 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Teillay. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.

2 Synthèse et analyse des résultats

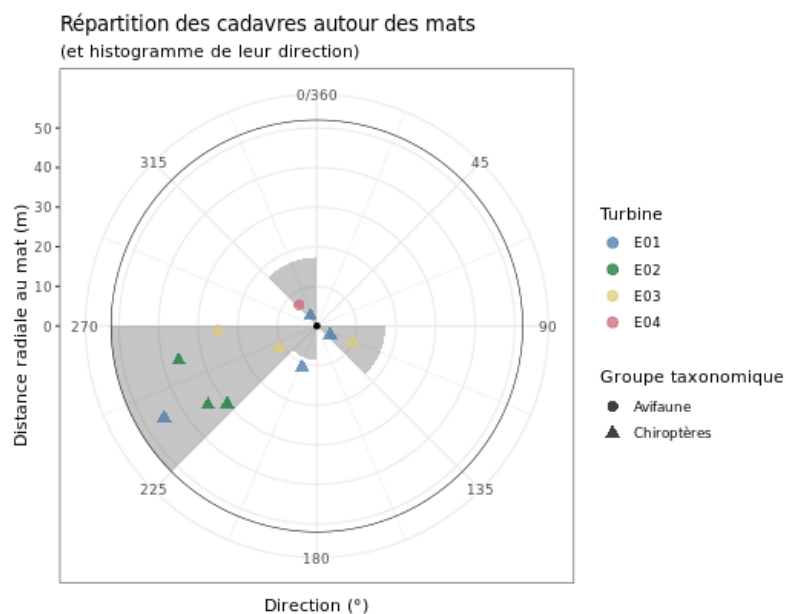


Figure 15 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation

1.1.5 Description des oiseaux retrouvés

1 individu a été retrouvé et identifié sous les éoliennes du parc de Teillay : Le **Pipit des arbres** (1 individus).

À titre de comparaison, la synthèse de données mise à disposition par Tobias Dürr (mise à jour le 23 novembre 2020) sur la mortalité de l'avifaune liée à l'éolien en Europe permet de faire un bilan des espèces a priori les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle européenne (base de données compilant des informations fournies de façon volontaire).

On constate que le Pipit des arbres est une espèce faiblement impactée en Europe et en France. En effet, sur les 288 espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité, elle se situe au 127^{ème} rang européen (espèce principalement observée en Allemagne, en Espagne et en France) et au 52^{ème} rang en France.

Ces différentes données se basent sur des observations transmises. Elles permettent de comparer la mortalité observée sur le parc de Teillay par rapport à celle recensée aux échelles nationale et européenne par Tobias Dürr. Cependant, si elles donnent une idée générale concernant les espèces touchées et leurs proportions, elles ne sont pas exhaustives. Les données françaises proviennent, en effet, d'une faible proportion de parcs à différentes dates. Il s'agit néanmoins la synthèse la plus détaillée qui existe à ce jour.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 6 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 23 novembre 2020) des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe

| Espèce/Pays | Rang Europe | Rang France | A | BE | D | E | FR | Teillay | GR | NL | P | Total (hors Teillay) |
|------------------|-------------|-------------|---|----|---|---|----|---------|----|----|---|----------------------|
| Pipit des arbres | 127 | 52 | 0 | 0 | 6 | 2 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 12 |

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, CH = Suisse, CR = Croatie, CZ = République tchèque, D = Allemagne, E = Espagne, EST = Estonie, F = Finlande, FR = France, GR = Grèce, IT = Italie, LV = Lettonie, NL = Hollande, N = Norvège, P = Portugal, PL = Pologne, RO = Roumanie, S = Suède, UK = Royaume-Uni

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2005, on constate que le Pipit des arbres avaient été observées lors des inventaires réalisés et traités dans cette étude et classé comme nicheur possible.

Évaluation des enjeux

Le Tableau 7 présente les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux retrouvées sur le parc de Teillay à l'échelle régionale, française et européenne.

L'Alouette lulu est une espèce inscrite à l'Annexe I de la Directive Oiseaux. Le Bruant jaune est une espèce nicheuse patrimoniale au niveau national et régional ainsi que le Gobemouche noir au niveau national seulement. Le Faucon crécerelle et le Martinet noir ont un statut « quasi menacé » sur la liste rouge des oiseaux nicheurs au niveau national.

Tableau 7 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Teillay

| Espèces | Protection nationale | Directive Oiseaux | Liste rouge Europe (2015) | Liste rouge France nicheur (2016) | NIOF migrateur (2008) | Liste rouge nicheur Bretagne (2015) | Liste rouge migrateur Bretagne (2015) | Espèces déterminantes Bretagne : Espèces nicheuses |
|------------------|----------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--|
| Pipit des arbres | Article 3 | | LC | LC | C | LC | DD | Non |

Légende :

Protection nationale

Arrêté interministériel du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection : Article 3 : protection stricte des individus et de leurs habitats de reproduction et de repos.

Directive Oiseaux

Il s'agit de la directive européenne n°79/409 du 6 avril 1979 concernant la conservation des oiseaux sauvages. Elle vise à assurer une protection de toutes les espèces d'oiseaux vivant naturellement à l'état sauvage sur le territoire européen.

Annexe I : espèces faisant l'objet de mesures spéciales de conservation en particulier en ce qui concerne leur habitat (Zone de Protection Spéciale).

Annexe II : espèces pouvant être chassées :

Partie 1 (A.II.1) : espèces pouvant être chassées dans la zone géographique maritime et terrestre d'application de la présente directive ;

Partie 2 (A.II.2) : espèces pouvant être chassées seulement dans les États membres pour lesquels elles sont mentionnées.

Annexe III : espèces pouvant être commercialisées :

Partie 1 (A.III.1) : espèces pour lesquelles la vente, le transport pour la vente, la détention pour la vente ainsi que la mise en vente ne sont pas interdits, pour autant que les oiseaux aient été licitement tués ou autrement licitement acquis ;

Partie 2 (A.III.2) : espèces pour lesquelles les États membres peuvent autoriser sur le territoire la vente, le transport pour la vente, la détention pour la vente ainsi que la mise en vente et à cet effet prévoir des limitations, pour autant que les oiseaux aient été licitement tués ou capturés ou autrement licitement acquis.

NIOF (Nouvel Inventaire des Oiseaux de France) Migrateur

Cela présente le statut de rareté de l'espèce en période de migration en France (NIOF)

Nouvel Inventaire des oiseaux de France (NIOF) (P. J. Dubois, P. Le Maréchal, G. Oliso et P. Yésou, 2008)

NA : Non applicable, DD : données insuffisantes, CC = taxon très commun ; C = taxon commun ; PC = taxon peu commun.

Listes rouges

Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Oiseaux de France métropolitaine (UICN France, MNHN, LPO, SEOF et ONCFS, 2016)

GIP Bretagne Environnement. Liste rouge régionale et Responsabilité biologique régionale. Oiseaux nicheurs et oiseaux migrateurs de Bretagne (2015)

DD : non évalué, LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacé, VU : Vulnérable.

Espèces déterminantes

Espèces déterminantes de la Région Bretagne : Espèces nicheuses

site internet DREAL Bretagne : http://www.bretagne.ecologie.gouv.fr/article.php?id_article=637

2 Synthèse et analyse des résultats

1.1.6 Description des chauves-souris retrouvées

10 individus répartis au sein de 3 espèces ont été retrouvés morts sur le parc de Teillay : **la Pipistrelle commune** (5 individus), **la Pipistrelle de Kuhl** (4 individus), **et la Sérotine commune** (1 individus).

L'ensemble des espèces touchées sont des espèces assez sédentaires. Elles s'éloignent ainsi peu de leurs domaines vitaux. Les individus touchés sont donc probablement issus de colonies locales, proches du parc éolien (quelques kilomètres).

À titre de comparaison, la synthèse de données disponibles de Tobias Dürri (mise à jour le 23 novembre 2020) sur les cadavres de chauves-souris relate :

- Que la Pipistrelle commune est l'espèce la plus touchée par les parcs éoliens à l'échelle européenne et à l'échelle française ;
- Que la Pipistrelle de Kuhl est la 7^{ème} espèce la plus impactée en Europe et la 5^{ème} en France après les chiroptères indéterminés et les pipistrelles indéterminées ;
- Que la Sérotine commune est la 12^{ème} espèce la plus impactée en Europe et la 11^{ème} en France, ce qui en fait l'espèce la moins fréquente parmi les espèces découvertes lors du suivi du parc éolien de Teillay.

Ces chiffres sont des approximations car on note une grande part d'individus indéterminés au sein de chaque genre (Pipistrelle indéterminée, Noctule indéterminée, etc.). De même, pour un grand nombre d'individus, même le genre n'a pas pu être déterminé du fait, entre autres, de leur état de décomposition avancée et/ou de la non-présence de spécialistes à proximité capables d'identifier notamment les pipistrelles grâce à leur dentition.

Tout comme pour les oiseaux, ces différentes données se basent sur des observations transmises. Elles permettent de comparer la mortalité observée sur le parc de Teillay par rapport à celles observées aux échelles nationale et européenne. Cependant, si elles donnent une idée générale concernant les espèces touchées et leurs proportions, elles ne sont pas exhaustives. Les données françaises proviennent, en effet, d'une faible proportion de parcs à différentes dates. C'est néanmoins la synthèse la plus complète qui existe à ce jour.

Tableau 8 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürri (mis à jour le 23 novembre 2020) des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe

| Espèce/Pays | Rang Europe | Rang France | A | BE | CH | CR | CZ | D | E | FR | Teillay | GR | NL | PT | PL | RO | S | UK | Total (hors Teillay) |
|----------------------------|-------------|-------------|---|----|----|-----|----|-----|-----|------|----------|----|----|-----|----|----|---|----|----------------------|
| Pipistrelle commune | 1 | 1 | 2 | 28 | 6 | 5 | 16 | 754 | 211 | 1012 | 5 | 0 | 15 | 323 | 5 | 6 | 1 | 46 | 2431 |
| Pipistrelle de Kuhl | 7 | 5 | | | | 144 | | | 44 | 219 | 4 | 1 | | 51 | | 10 | | | 469 |
| Sérotine commune | 12 | 11 | 1 | | | | 11 | 68 | 2 | 34 | 1 | 1 | 2 | | 3 | 1 | | | 123 |

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, CH = Suisse, CR = Croatie, CZ = République tchèque, D = Allemagne, E = Espagne, EST = Estonie, F = Finlande, FR = France, GR = Grèce, IT = Italie, LV = Lettonie, NL = Hollande, N = Norvège, P = Portugal, PL = Pologne, RO = Roumanie, S = Suède, UK = Royaume-Uni

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2005, on constate que toutes les espèces identifiées dans ce document, ont été observées lors du suivi réalisé en 2019. En revanche, aucun Grand murin, Oreillard gris et Barbastelle n'a été retrouvé au pied des éoliennes. La méthodologie mise en place à l'époque s'avère aujourd'hui obsolète et les données récoltées sont trop anecdotiques pour pouvoir être exploitées.

À noter que lors de l'étude d'impact, aucun inventaire en altitude n'a été réalisé à l'époque. Il est donc possible que des espèces volant à hauteur de pale n'aient pas été détectées lors des

2 Synthèse et analyse des résultats

inventaires de 2004 mais identifiés dans le suivi acoustique comme la Noctule de Leisler ou le Grand Murin.

La plupart des chauves-souris effectue des déplacements entre leurs gîtes estivaux et leurs gîtes d'hibernation, variant de quelques kilomètres à plusieurs dizaines de kilomètres. Quatre espèces effectuent cependant de véritables migrations, parcourant parfois plus de 1 000 km : la Noctule commune (1 cas de mortalité recensé sur le parc éolien de Teillay en 2019 et aucun en 2020), la Noctule de Leisler, la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine bicolore (Hutterer et al. 2005).

Les chiroptères sont des animaux ayant une longue espérance de vie mais une faible fécondité, entraînant un faible renouvellement des populations. Une forte mortalité des adultes est donc particulièrement dommageable pour les populations (ARTHUR & LEMAIRE, 2015).

Évaluation des enjeux

Le Tableau 9 ci-dessous présente les statuts de protection et de conservation des espèces de chauves-souris retrouvées sur le parc de Teillay à l'échelle de la France et de l'Europe. Les 3 espèces contactées sont strictement protégées en France et dans l'Union Européenne. La Pipistrelle commune et la Sérotine commune sont par ailleurs considérées comme patrimoniales en France car quasi menacées.

Tableau 9 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauve-souris touchées par le parc de Teillay

| Espèce | Directive Habitats | Protection nationale | Liste rouge Europe (2012) | Liste rouge France (2017) | Liste rouge Bretagne (2015) |
|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Pipistrelle commune | Annexe IV | Article 2 | LC | NT | LC |
| Pipistrelle de Kuhl | Annexe IV | Article 2 | LC | LC | LC |
| Sérotine commune | Annexe IV | Article 2 | LC | NT | LC |

Légende :

Protection nationale

Arrêté interministériel du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection (modif. Arrêté du 15 septembre 2012) : Article 2 : protection stricte des individus et de leurs habitats de reproduction et de repos.

Directive Habitats

L'annexe IV de la directive européenne 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », liste les espèces animales et végétales d'intérêt européen qui nécessitent une protection stricte sur le territoire des états membres de l'Union européenne.

Listes rouges Europe, France et Bretagne

Liste rouge européenne des espèces menacées (UICN, 2012)

Liste rouge des espèces menacées en France, Mammifères de France métropolitaine (UICN France & MNHN, 2017)

GIP Bretagne Environnement (2015). Liste rouge régionale et Responsabilité biologique régionale. Reptiles et batraciens de Bretagne LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacé, VU : Vulnérable

2 Synthèse et analyse des résultats

1.2 Analyse des résultats

Dans le cadre de cette étude, plusieurs formules ont été utilisées pour estimer la mortalité du parc éolien. Comme recommandé dans le protocole national, il s'agit des formules de Huso (2010), Erickson et al. (2000) et Korner-Nievergelt et al. (2011). Les tableaux suivants détaillent les différents résultats des différentes étapes de calcul nécessaires aux estimations de mortalités.

Dans l'objectif de ce suivi est aussi de pouvoir mesurer l'efficacité de ce plan de bridage, les analyses de la mortalité viendront logiquement comparer les deux périodes avant (Période 1 ou P1) et après le 23 août 2020 (Période 2 ou P2). Ainsi la première période (P1) correspondra à la période entre le premier passage (le 14 mai 2020) et le passage 15 (le 21 août 2020) soit 99 jours et où elle sera associée au premier test de persistance (le 6 juillet 2020). La deuxième période (P2) avec bridage correspondra à la période entre le passage 15 (le 21 août 2020) et le 24^{ème} et dernier passage (le 22 octobre 2020) soit 62 jours et où elle sera associée au deuxième test de persistance (le 12 octobre 2020). Nous ferons une analyse comparative entre ces deux périodes pour les différentes étapes de calculs nécessaires à l'estimation de la mortalité en 2020.

1.2.1 Résultats des tests et calcul des coefficients correcteurs

Coefficient correcteur de surface (a)

Afin d'intégrer les surfaces non prospectées/non prospectables, nous avons calculé un coefficient de surface correspondant au taux de prospection de chaque passage de l'éolienne considérée (Tableau 10). La moyenne pondérée (par le temps entre passages) est le résultat retenu pour le calcul d'estimation de la mortalité par éolienne. Les coefficients correcteurs de surface moyens vont de faible à assez bon (allant de 0,38 à 0,83). Ceci est lié à des périodes avec des parcelles non prospectables pour des durées et des surfaces différentes suivant l'éolienne.

Tableau 10 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 24 passages

| | E01 | E02 | E03 | E04 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Ensemble du suivi 2020 | | | | |
| Quantile 2.5% | 0,20 | 0,32 | 0,10 | 0,13 |
| Premier quartile | 0,20 | 0,60 | 0,18 | 0,23 |
| Moyenne | 0,38 | 0,83 | 0,72 | 0,66 |
| Moyenne pondérée | 0,38 | 0,83 | 0,70 | 0,64 |
| Médiane | 0,32 | 0,97 | 1,00 | 0,99 |
| Troisième quartile | 0,43 | 0,97 | 1,00 | 0,99 |
| Quantile 97.5% | 0,74 | 0,97 | 1,00 | 0,99 |
| Moyennes pondérées par période durant le suivi 2020 | | | | |
| P1 : Du 14/05 au 21/08 (99 jours) soit avant le bridage | 0,49 | 0,77 | 0,75 | 0,47 |
| P2 : Du 21/08 au 22/10 (62 jours) soit après bridage | 0,20 | 0,92 | 0,61 | 0,90 |

● Erickson, W.P.; Johnson, G.D.; Strickland, M.; Kronner, K. (2000). *Final Report: avian and bat mortality associated with the Vansycle wind project.* pp 1-26.

● Huso, M. M. (2010). *An estimator of wildlife fatality from observed carcasses.* *Environmetrics*, 22(3), 318-329. doi: 10.1002/env.1052

● 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*, 17(4), 350-363. doi: 10.2981/10-121

2 Synthèse et analyse des résultats

En comparant les moyennes pondérées du correcteur de surface (% de surface prospectées) entre les deux périodes, l'évolution du coefficient varie dans le temps. Les éoliennes E02 et E04 voient le coefficient augmenter significativement pour atteindre un taux de prospection très bon ($\geq 90\%$), E03 voit ce coefficient légèrement diminué et E01 où ce coefficient passe d'un niveau faible à très faible.

Coefficient de persistance (s)

Suite aux tests de persistance et aux analyses statistiques basées sur la sélection de modèles, mais aussi en cohérence avec la approche comparative, nous avons retenu comme modèle le plus pertinent « **Persistance ~ Date + Turbid + Date : Turbid** ». Cela veut dire que la durée de persistance est variable entre les deux dates de tests mais aussi entre éoliennes. Le modèle intègre également une interaction entre l'effet date et l'effet éolienne, ce qui signifie que l'évolution de la durée de persistance n'a pas de tendance homogène entre éoliennes entre les deux dates de tests (diminution, stabilité ou augmentation possible).

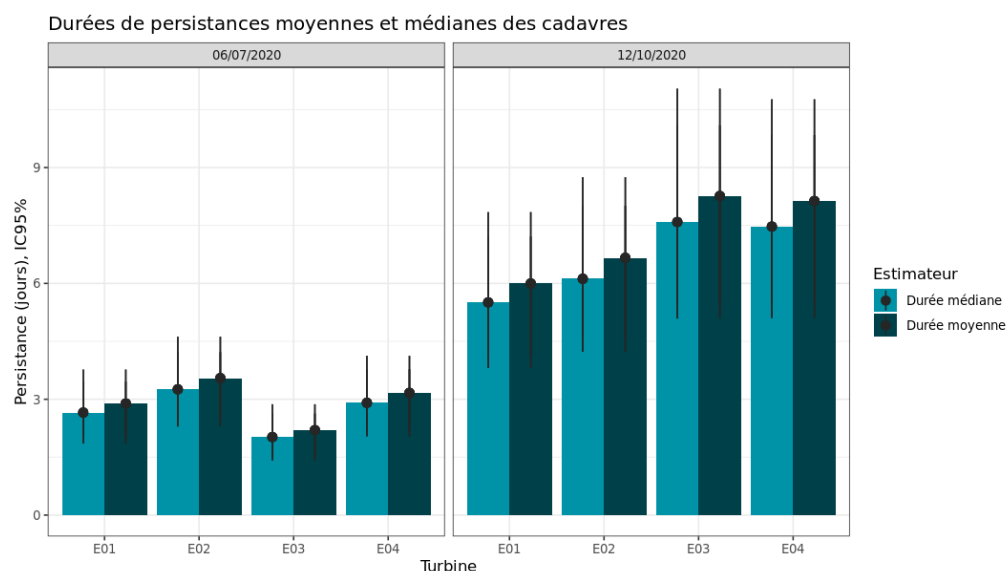


Figure 16 : Durées de persistance moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédation

L'ensemble des éoliennes présente donc un temps moyen de persistance en dessous de 7 jours lors du premier test réalisé début juillet (3,0 jours en moyenne pour les quatre éoliennes) puis proche ou supérieur à 7 jours lors du second test (7,3 jours en moyenne pour les quatre éoliennes). Les faibles intervalles de confiance montrent une bonne évaluation de la prédation sur les deux tests.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 11 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les deux tests de persistance pour chacune des quatre éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.

| | E01 | E02 | E03 | E04 |
|--|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Résultats du test du 06/07/2020 et utilisé pour P1 : Du 14/05 au 21/08 (99 jours) | | | | |
| Persistance moyenne (en jours) | 2,9 | 3,6 | 2,2 | 3,2 |
| Intervalle de confiance à 95% | [2,01 ; 3,77] | [2,47 ; 4,62] | [1,53 ; 2,87] | [2,21 ; 4,13] |
| Résultats du test du 12/10/2020 et utilisé P2 : Du 21/08 au 22/10 (62 jours) | | | | |
| Persistance moyenne (en jours) | 6,0 | 6,7 | 8,3 | 8,1 |
| Intervalle de confiance à 95% | [4,15 ; 7,85] | [4,58 ; 8,75] | [5,49 ; 11,04] | [5,5 ; 10,77] |

Coefficient d'efficacité de recherche (f)

À la suite des tests d'efficacité de recherche, les analyses statistiques basées sur la sélection de modèles ont permis de retenir un modèle le plus parcimonieux qui est le modèle complet « **Trouve ~ OCS + Hmoy** » pour réaliser les interpolations. Nous avons pu directement déterminer les probabilités de détection pour tous les cas de figure d'occupations du sol et de hauteurs de végétation rencontrés par l'observateur durant le suivi du fait d'avoir pu tester au moins une fois l'ensemble des catégories d'occupation du sol.

Tableau 12 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés via les tests) et prédits (estimations et interpolations) par type d'occupation du sol pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi.

| Occupation du sol | Détections prédites | Détections observées | Type de prédiction | Occupation du sol | Détections prédites | Détections observées | Type de prédiction |
|--------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|-------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| Céréale 0cm | 0,81 [0,53 ; 0,94] | | Interpolation | Friche 0cm | 0,6 [0,28 ; 0,85] | | Interpolation |
| Céréale 5cm | 0,77 [0,5 ; 0,92] | | Interpolation | Friche 10cm | 0,47 [0,24 ; 0,72] | | Interpolation |
| Céréale 10cm | 0,72 [0,46 ; 0,89] | | Interpolation | Friche 15cm | 0,41 [0,21 ; 0,65] | 0 [0 ; 0] | Estimation |
| Céréale 15cm | 0,67 [0,4 ; 0,86] | 0,67 [0,4 ; 0,87] | Estimation | Friche 20cm | 0,35 [0,17 ; 0,58] | | Interpolation |
| Céréale 25cm | 0,54 [0,26 ; 0,8] | | Interpolation | Friche 25cm | 0,29 [0,13 ; 0,52] | 0,7 [0,4 ; 1] | Estimation |
| Céréale 30cm | 0,48 [0,2 ; 0,78] | | Interpolation | Friche 30cm | 0,24 [0,1 ; 0,48] | | Interpolation |
| Céréale 35cm | 0,42 [0,14 ; 0,76] | | Interpolation | Friche 35cm | 0,2 [0,07 ; 0,45] | | Interpolation |
| Céréale 40cm | 0,35 [0,09 ; 0,74] | | Extrapolation | Maïs 0cm | 0,88 [0,58 ; 0,97] | | Interpolation |
| Céréales peu denses 0cm | 0,7 [0,27 ; 0,94] | | Interpolation | Maïs 5cm | 0,85 [0,56 ; 0,96] | | Interpolation |
| Céréales peu denses 10cm | 0,58 [0,24 ; 0,86] | | Interpolation | Maïs 10cm | 0,81 [0,53 ; 0,94] | | Interpolation |

2 Synthèse et analyse des résultats

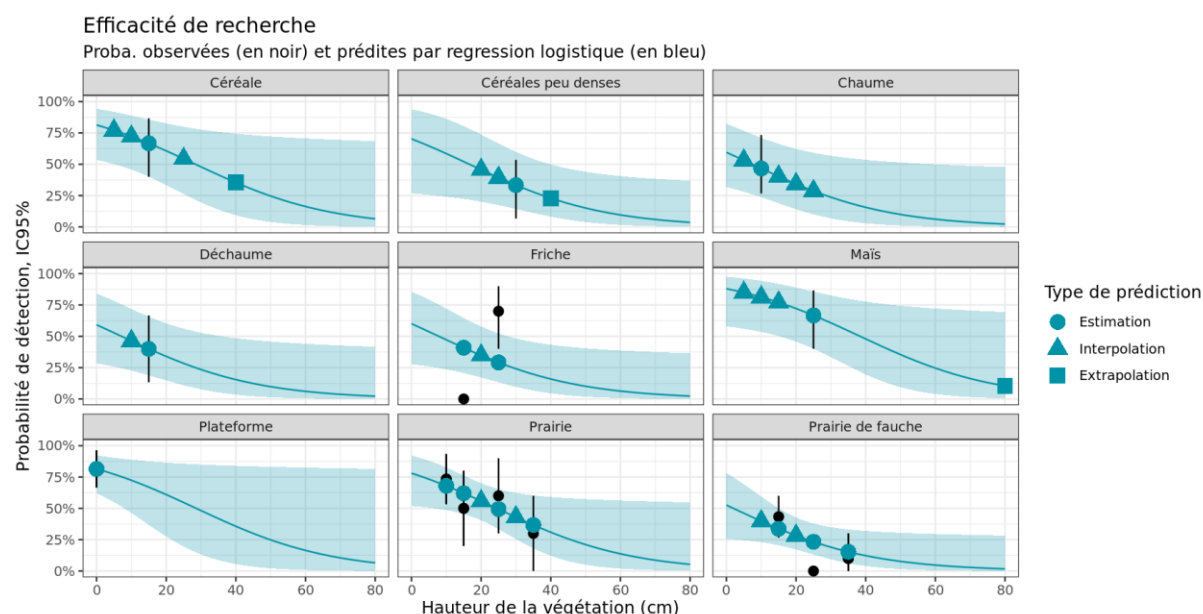
| Occupation du sol | Détections prédites | Détections observées | Type de prédiction | Occupation du sol | Détections prédites | Détections observées | Type de prédiction |
|--------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| Céréales peu denses 15cm | 0,52 [0,22 ; 0,8] | | Interpolation | Maïs 15cm | 0,77 [0,5 ; 0,92] | | Interpolation |
| Céréales peu denses 20cm | 0,46 [0,2 ; 0,74] | | Interpolation | Maïs 25cm | 0,67 [0,4 ; 0,86] | 0,67 [0,47 ; 0,87] | Estimation |
| Céréales peu denses 25cm | 0,39 [0,17 ; 0,67] | | Interpolation | Maïs 30cm | 0,61 [0,33 ; 0,83] | | Interpolation |
| Céréales peu denses 30cm | 0,33 [0,14 ; 0,6] | 0,33 [0,13 ; 0,6] | Estimation | Maïs 35cm | 0,54 [0,26 ; 0,8] | | Interpolation |
| Céréales peu denses 35cm | 0,28 [0,11 ; 0,54] | | Interpolation | Maïs 80cm | 0,1 [0,01 ; 0,69] | | Extrapolation |
| Céréales peu denses 40cm | 0,23 [0,08 ; 0,5] | | Extrapolation | Plateforme 0cm | 0,81 [0,62 ; 0,92] | 0,81 [0,67 ; 0,96] | Estimation |
| Chaume 0cm | 0,59 [0,32 ; 0,82] | | Interpolation | Plateforme 10cm | 0,72 [0,46 ; 0,89] | | Interpolation |
| Chaume 5cm | 0,53 [0,28 ; 0,77] | | Interpolation | Plateforme 15cm | 0,67 [0,37 ; 0,88] | | Interpolation |
| Chaume 10cm | 0,47 [0,24 ; 0,71] | 0,47 [0,2 ; 0,73] | Estimation | Plateforme 25cm | 0,55 [0,2 ; 0,86] | | Interpolation |
| Chaume 15cm | 0,4 [0,19 ; 0,66] | | Interpolation | Plateforme 30cm | 0,48 [0,13 ; 0,85] | | Interpolation |
| Chaume 20cm | 0,34 [0,14 ; 0,62] | | Interpolation | Plateforme 35cm | 0,42 [0,09 ; 0,84] | | Interpolation |
| Chaume 25cm | 0,29 [0,1 ; 0,59] | | Interpolation | Prairie 0cm | 0,78 [0,52 ; 0,92] | | Interpolation |
| Chaume 30cm | 0,24 [0,07 ; 0,57] | | Interpolation | Prairie 10cm | 0,68 [0,49 ; 0,83] | 0,73 [0,53 ; 0,93] | Estimation |
| Chaume 35cm | 0,19 [0,04 ; 0,55] | | Interpolation | Prairie 15cm | 0,62 [0,45 ; 0,76] | 0,5 [0,2 ; 0,8] | Estimation |
| Déchaume 0cm | 0,59 [0,28 ; 0,84] | | Interpolation | Prairie 20cm | 0,56 [0,4 ; 0,7] | | Interpolation |
| Déchaume 10cm | 0,46 [0,23 ; 0,72] | | Interpolation | Prairie 25cm | 0,49 [0,33 ; 0,65] | 0,6 [0,3 ; 0,9] | Estimation |
| Déchaume 15cm | 0,4 [0,19 ; 0,66] | 0,4 [0,2 ; 0,67] | Estimation | Prairie 30cm | 0,43 [0,25 ; 0,62] | | Interpolation |
| Déchaume 25cm | 0,28 [0,11 ; 0,56] | | Interpolation | Prairie 35cm | 0,37 [0,18 ; 0,6] | 0,3 [0 ; 0,6] | Estimation |
| Déchaume 30cm | 0,23 [0,08 ; 0,53] | | Interpolation | Prairie de fauche 0cm | 0,53 [0,26 ; 0,78] | | Interpolation |
| Déchaume 35cm | 0,19 [0,05 ; 0,5] | | Interpolation | Prairie de fauche 10cm | 0,4 [0,23 ; 0,59] | | Interpolation |
| | | | | Prairie de fauche 15cm | 0,34 [0,21 ; 0,5] | 0,43 [0,27 ; 0,6] | Estimation |
| | | | | Prairie de fauche 20cm | 0,28 [0,17 ; 0,43] | | Interpolation |
| | | | | Prairie de fauche 25cm | 0,23 [0,13 ; 0,38] | 0 [0 ; 0] | Estimation |

2 Synthèse et analyse des résultats

| Occupation du sol | Détections prédites | Détections observées | Type de prédiction | Occupation du sol | Détections prédites | Détections observées | Type de prédiction |
|-------------------|---------------------|----------------------|--------------------|------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| | | | | Prairie de fauche 30cm | 0,19 [0,09 ; 0,35] | | Interpolation |
| | | | | Prairie de fauche 35cm | 0,15 [0,06 ; 0,33] | 0,1 [0 ; 0,3] | Estimation |

Les taux d'efficacité prédits des zones prospectées sont très variables en fonction du recouvrement végétal. Ils sont globalement satisfaisants avec une gamme de valeurs prédites allant de 0,10 au minimum (Maïs à 80 cm de hauteur) à 0,87 au maximum (absence de végétation) suivant les milieux prospectés.

Tableau 13 Résultats des modélisations de l'efficacité de recherche en fonction de l'occupation du sol et de la hauteur de végétation.



Les points noirs correspondent à l'efficacité moyenne calculée à partir des tests. Les barres d'erreurs correspondent aux intervalles de confiance à 95% de ces moyennes. Ces derniers ont été calculés par bootstraps. Les éléments bleus sont les prédictions issues du modèle sélectionné. La ligne correspond à la probabilité moyenne prédite en fonction de la hauteur de végétation pour chaque occupation du sol et le ruban à l'intervalle de confiance à 95% de cette moyenne. Les points bleus soulignent les valeurs prédites par le modèle dans les situations du suivi et peuvent avoir différentes formes selon le type des prédictions (estimations, interpolation ou extrapolation).

1.2.2 Estimation de la mortalité

Les calculs d'estimation de mortalité ont été réalisés strictement à partir des cadavres trouvés et pour lesquels l'origine de la mort est imputable de façon certaine aux éoliennes. Par ailleurs, seules les observations réalisées à partir du 2^{ème} passage ont été prises en compte (aucun cadavre n'a été découvert au premier passage de chaque période considérée). En effet, les observations faites au 1^{er} passage concernent des cas de mortalité qui ne se sont pas produits pendant la période du suivi mais antérieurement à celui-ci. Ainsi, le 1^{er} passage permet d'établir un état zéro afin de garantir que toute nouvelle découverte de cadavre s'est bien produite dans l'intervalle précédent chaque passage.

2 Synthèse et analyse des résultats

Probabilités globales de détection sur l'ensemble du suivi

La probabilité de détection $P(s,f)$ est faible de manière générale (entre 0.22 et 0.37 suivant les méthodes) et le coefficient surfacique (a) est faible à bon (entre 38% et 83% de surfaces prospectées). Par la combinaison des deux, les probabilités globales de détection varient de 0.12 à 0.24, c'est à dire un facteur démultiplicateur moyen de la mortalité observée allant respectivement de 4.15 à 8.49. **En ordre de grandeur, la mortalité probable de chaque éolienne est entre 4 et 9 fois plus importante que celle observée suivant les éoliennes et la méthode d'estimation sélectionnée. De plus, les intervalles de confiance sont de fait assez importants (détection globale faible).**

L'éolienne E01 est l'éolienne qui a la plus faible probabilité de détection globale, E02 et E04 ont les probabilités de détection globale les plus fortes mais qui reste dans l'absolu assez faibles. E03 est intermédiaire.

Tableau 14 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation pour l'ensemble du suivi

| | E01 | E02 | E03 | E04 |
|--|------|------|------|------|
| Probabilité détection $P(s,f)$ | | | | |
| Huso (2010) | 0,34 | 0,26 | 0,23 | 0,33 |
| Erickson et al. (2000) | 0,36 | 0,29 | 0,26 | 0,37 |
| Korner-Nievergelt et al. (2011) | 0,31 | 0,25 | 0,22 | 0,32 |
| Coefficient correcteur de surface a | | | | |
| Taux surfaces prospectées pondérées par le temps | 0,38 | 0,83 | 0,7 | 0,64 |
| Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$ | | | | |
| Huso (2010) | 0,13 | 0,22 | 0,16 | 0,21 |
| Erickson et al. (2000) | 0,14 | 0,24 | 0,18 | 0,24 |
| Korner-Nievergelt et al. (2011) | 0,12 | 0,21 | 0,15 | 0,20 |

Comparaison des probabilités globales de détection avant et après bridage

Les probabilités de détection $P(s,f)$ sont faibles à moyennes sur les deux périodes (entre 0.14 et 0.41 pour la méthode de Huso (2010) et les éoliennes). La deuxième période voit la probabilité de détection plus forte qu'à la première pour toutes les éoliennes (et toutes méthodes confondues) simplement par des occupations du sol moins contraignantes (classique en fin de saison après les moissons) mais aussi une prédation moins importantes.

Le coefficient surfacique (a) est très faible à très bon (entre 20% et 92% de surfaces prospectées) suivant les périodes et les éoliennes. La deuxième période voit l'augmentation des surfaces prospectées pour E02 et E04, une légère diminution pour E03 et une forte diminution pour E01.

Par la combinaison des deux, les probabilités globales de détection (toutes méthodes confondues) varient de 0.07 à 0.45, c'est à dire un facteur démultiplicateur moyen de la mortalité observée allant respectivement de 2.22 à 14.81. **En ordre de grandeur, la mortalité probable de chaque éolienne est entre 2 et 15 fois plus importante que celle observée suivant la période d'analyse, les éoliennes et la méthode d'estimation sélectionnée.**

Indépendamment de la méthode de calcul, les éolienne E02, E03 et E04 voit leur probabilité globale de détection augmenter (proche d'un facteur 2) entre la première et la deuxième période d'analyse sauf l'éolienne E01 qui la voit diminuer. Pour la première période, les probabilités globales de détection sont assez similaires entre les 4 éoliennes

2 Synthèse et analyse des résultats

(toutes méthodes confondues) ou E03 présente les valeurs les plus basses. Sur la deuxième période (toutes méthodes confondues), E02, E03 et E04 sont assez similaires mais bien supérieures à E01 qui possède les valeurs les plus basses.

Tableau 15 Bilan des probabilités seulement pour la méthode de Huso (2010) pour les deux périodes de suivi avant (P1) et après bridage (P2) (bridage effectif le 23/08/2020)

| | E01 | E02 | E03 | E04 |
|--|-------------|------------|-------------|-------------|
| Probabilité détection $P(s,f)$ | | | | |
| Ensemble du suivi (161 jours) | 0,34 | 0,26 | 0,23 | 0,33 |
| P1 : Du 14/05 au 21/08 (99 jours) | 0,26 | 0,21 | 0,14 | 0,29 |
| P2 : Du 21/08 au 22/10 (62 jours) | 0,41 | 0,3 | 0,32 | 0,39 |
| Coefficient correcteur de surface a | | | | |
| Ensemble du suivi (161 jours) | 0,38 | 0,83 | 0,7 | 0,64 |
| P1 : Du 14/05 au 21/08 (99 jours) | 0,49 | 0,77 | 0,75 | 0,47 |
| P2 : Du 21/08 au 22/10 (62 jours) | 0,20 | 0,92 | 0,61 | 0,9 |
| Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$ | | | | |
| Ensemble du suivi (161 jours) | 0,13 | 0,22 | 0,16 | 0,21 |
| P1 : Du 14/05 au 21/08 (99 jours) | 0,13 | 0,16 | 0,11 | 0,14 |
| P2 : Du 21/08 au 22/10 (62 jours) | 0,08 | 0,28 | 0,20 | 0,35 |

Estimation de la mortalité pour l'avifaune

- Éolienne E04

C'est l'éolienne qui présente, la seule découverte de cadavres du parc sur l'ensemble du suivi. Les estimations de mortalité, selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E04, sont de 4 individus sur une période de 161 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 18 à 20 individus et minimum de 1 individu. L'observations a été réalisée le 28 mai 2020.

- Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est de 4 individus sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 1 individu minimum et de 62 à 73 individus au maximum pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude assez importante.

L'ensemble des éoliennes présentent des incertitudes assez importantes et fortement chevauchante entre éoliennes limitant la capacité à pouvoir les distinguer. E02 présente l'intervalle maximum le plus bas (entre 10 et 12 suivant les méthodes).

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 16 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Teillay sur la période du suivi

| Estimateurs | E01 | E02 | E03 | E04 | Total parc |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| Mortalité observée des oiseaux | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Huso (2010) [IC 95%] | 0 [0 ; 21] | 0 [0 ; 12] | 0 [0 ; 17] | 4 [1 ; 20] | 4 |
| Erickson et al. (2000) [IC 95%] | 0 [0 ; 20] | 0 [0 ; 10] | 0 [0 ; 14] | 4 [1 ; 18] | 4 |
| Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%] | 0 [0 ; 23] | 0 [0 ; 12] | 0 [0 ; 18] | 4 [1 ; 20] | 4 |



Figure 17 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Teillay au cours du suivi de 2020 sur 161 jours

2 Synthèse et analyse des résultats

Estimation de la mortalité des chiroptères sur l'ensemble du suivi 2020

- Éolienne E01

C'est l'éolienne qui présente, à la fois, le plus de découvertes de cadavres (n=4) et la mortalité probable la plus forte. Les estimations de mortalité selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E01 sont comprises entre 29 et 33 individus sur une période de 161 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 66 à 76 individus et minimum allant de 10 à 11 individus. Les 4 observations ont été réalisées sur le même passage le 13 août 2020 (passage 14).

- Éolienne E04

L'éolienne E04 est la seule qui ne présente pas de découverte de cadavre. Le nombre maximum (IC 95%) de l'effectif impacté est compris entre 11 et 12 chiroptères, ce qui est en dessous des estimations la plus probable des trois autres éoliennes.

- Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité totale estimée la plus probable des chiroptères est comprise entre 57 et 66 individus sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 19 à 22 individus au minimum et de 147 à 174 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude très importante.

Les 10 observations ont été réalisées sur 69 jours centrés sur deux périodes estivales (du 5 juin au 13 août).

L'éolienne E01 présente la plus forte estimation probable de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, E03, E02 et E04. Les incertitudes importantes limite les comparaisons entre éoliennes. Toutefois, E04 semblent avoir une mortalité la plus probable nettement inférieure aux autres éoliennes. E02 et E03 semblent assez similaires mais avec une mortalité la plus probable plus basse que E01 qui se dégagent clairement des autres éoliennes.

Tableau 17 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période du suivi

| Estimateurs | E01 | E02 | E03 | E04 | Total parc |
|--|----------------|---------------|---------------|--------------|------------|
| Mortalité observée des chiroptères | 4 | 3 | 3 | 0 | 10 |
| Huso (2010) [IC 95%] | 31 [11 ; 71] | 14 [5 ; 35] | 19 [6 ; 48] | 0 [0 ; 12] | 64 |
| Erickson et al. (2000) [IC 95%] | 29 [10 ; 66] | 12 [4 ; 30] | 16 [5 ; 40] | 0 [0 ; 11] | 57 |
| Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%] | 33 [11 ; 76] | 14 [5 ; 36] | 19 [6 ; 50] | 0 [0 ; 12] | 66 |

2 Synthèse et analyse des résultats

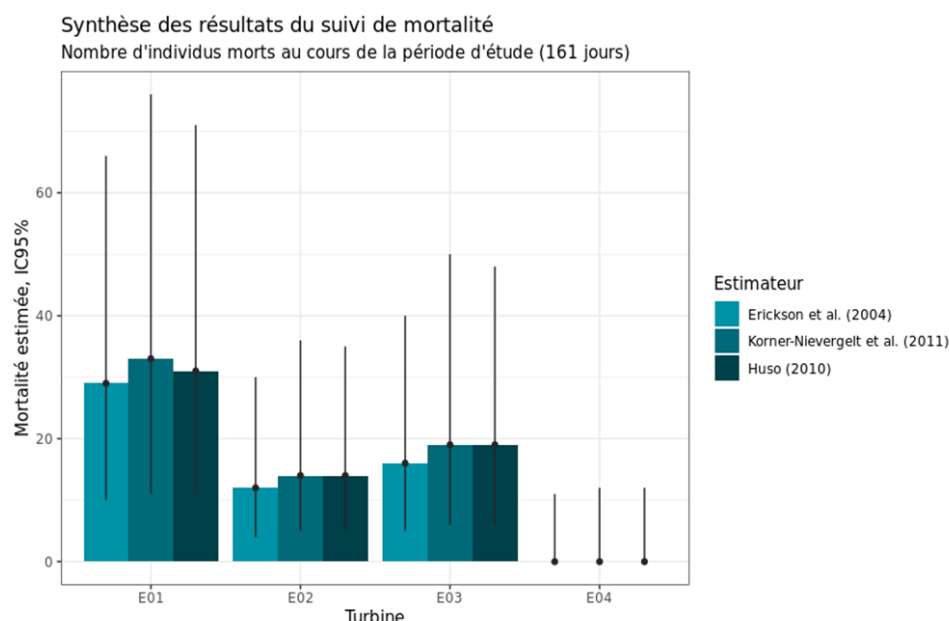


Figure 18 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Teillay au cours du suivi de 2020 sur 161 jours

Estimation de la mortalité des chiroptères sur la période 1 (avant bridage)

Cette estimation a été réalisée sur la période allant du 14/05 (passage 1) au 21/08 (passage 15) soit une période de 99 jours et correspondant à la période avant bridage qui a été effectif le 23 août 2020.

L'ensemble des cadavres découverts durant le suivi 2020 l'ont été durant cette période avant bridage.

• Éolienne E01

C'est l'éolienne qui présente, à la fois, le plus de découvertes de cadavres (n=4) et la mortalité probable la plus forte. Les estimations de mortalité selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E01 sont comprises entre 30 et 40 individus sur une période de 99 jours. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 68 à 93 individus et un minimum allant de 10 à 14 individus. Les 4 observations ont été réalisées sur le même passage le 13 août 2020 (passage 14 sur 15).

• Éolienne E04

L'éolienne E04 est la seule qui ne présente pas de découverte de cadavre. Le nombre maximum (IC 95%) de l'effectif impacté est compris entre 20 et 26 chiroptères, ce qui est en dessous des estimations la plus probable des trois autres éoliennes.

• Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 74 et 106 individus sur la durée de cette période avant bridage de 99 jours. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 23 à 32 individus au minimum et de 200 à 288 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude très importante.

2 Synthèse et analyse des résultats

Les 10 observations ont été réalisées sur 69 jours centrés sur deux périodes estivales (du 5 juin au 13 août).

L'éolienne E01 et E03 présente les plus fortes estimations probables de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, E02 et E04. Les incertitudes importantes limite les comparaisons entre éoliennes. Toutefois, E04 semblent avoir une mortalité la plus probable nettement inférieure aux autres éoliennes. E01 et E03 semblent assez similaires et avec une mortalité la plus probable plus haute que E02 qui se dégagent possiblement des autres éoliennes.

Tableau 18 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période du suivi

| Estimateurs | E01 | E02 | E03 | E04 | Total parc |
|--|----------------|---------------|-----------------|--------------|------------|
| Mortalité observée des chiroptères | 4 | 3 | 3 | 0 | 10 |
| Huso (2010) [IC 95%] | 31 [11 ; 71] | 18 [6 ; 45] | 28 [8 ; 72] | 0 [0 ; 20] | 77 |
| Erickson et al. (2000) [IC 95%] | 30 [10 ; 68] | 17 [5 ; 42] | 27 [8 ; 70] | 0 [0 ; 20] | 74 |
| Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%] | 40 [14 ; 93] | 21 [6 ; 53] | 45 [12 ; 116] | 0 [0 ; 26] | 106 |

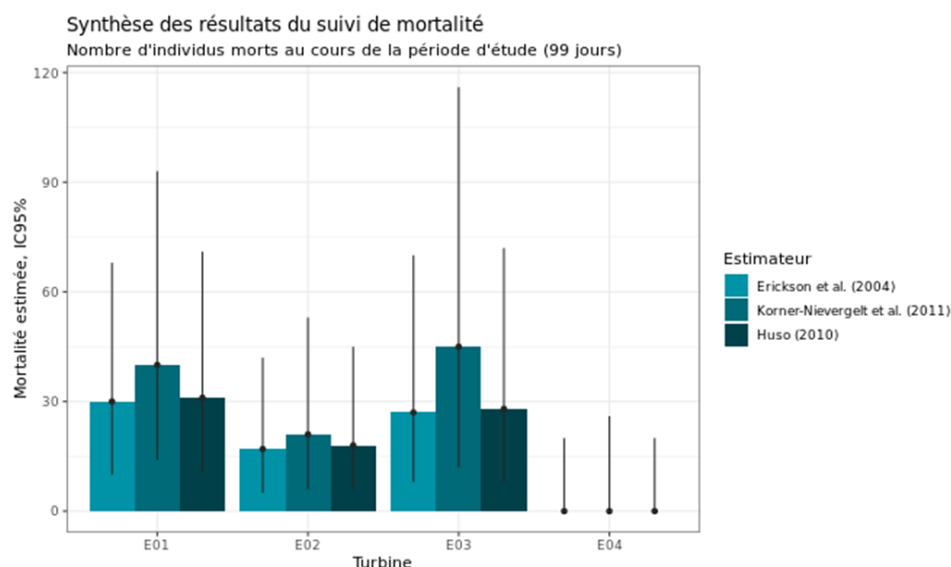


Figure 19 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Teillay au cours de la période 2020 avant bridage sur 99 jours

2 Synthèse et analyse des résultats

Estimation de la mortalité des chiroptères sur la période 2 (après bridage)

Cette estimation a été réalisée sur la période allant du 21/08 (passage 15) au 22/10 (passage 24) soit une période de 62 jours et correspondant à la période après bridage qui a été effectif le 23 août 2020.

Aucun cadavre n'a été découvert sur cette période.

- *Éolienne E01*

L'éolienne E01 présente les intervalles les plus importants. Le nombre maximum (IC 95%) de l'effectif impacté est compris entre 32 et 39 chiroptères suivant les méthodes.

- *Éoliennes E02, E03 et E04*

Ces éoliennes présentent les intervalles les plus faibles. Le nombre maximum (IC 95%) de l'effectif impacté est inférieur ou aux alentours de 10 chiroptères suivant les méthodes.

- *Ensemble du parc*

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est de 0 individu sur période après bridage de 62 jours. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 0 individu au minimum et de 54 à 67 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude modérée.

Aucune observation n'a été réalisée sur les 62 jours.

L'éolienne E02, E03 et E04 présentent des incertitudes comparables et assez faible. Les incertitudes importantes limite les comparaisons entre éoliennes. Toutefois, E01 présentent les plus fortes incertitudes.

Tableau 19 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période du suivi

| Estimateurs | E01 | E02 | E03 | E04 | Total parc |
|--|--------------|-------------|--------------|-------------|------------|
| Mortalité observée des chiroptères | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Huso (2010) [IC 95%] | 0 [0 ; 34] | 0 [0 ; 9] | 0 [0 ; 13] | 0 [0 ; 6] | 0 |
| Erickson et al. (2000) [IC 95%] | 0 [0 ; 32] | 0 [0 ; 7] | 0 [0 ; 10] | 0 [0 ; 5] | 0 |
| Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%] | 0 [0 ; 39] | 0 [0 ; 9] | 0 [0 ; 13] | 0 [0 ; 6] | 0 |

2 Synthèse et analyse des résultats

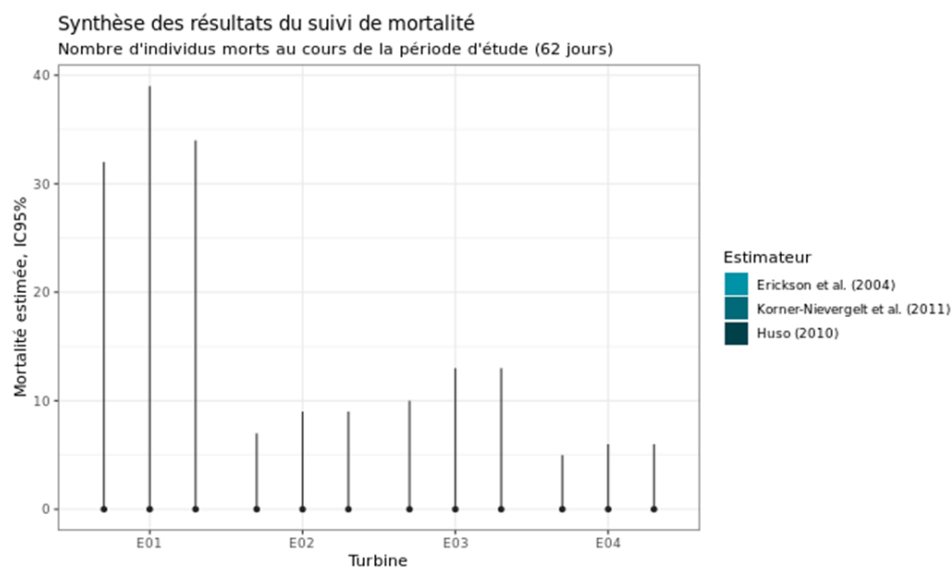


Figure 20 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Teillay au cours de la période 2020 après bridage sur 62 jours

2 Synthèse et analyse des résultats

1.3 Synthèse du suivi de mortalité 2020

Suivi aux études menées en 2019, un plan de bridage favorable aux chiroptères (limitation de la mortalité des chiroptères) a été défini en se basant sur le croisement des conditions météorologiques (vitesse du vent et température) et les enregistrements simultanés de l'activité acoustique des chiroptères à hauteur de nacelle. La mise en œuvre de ce bridage a été effective à partir du 23 août 2020 (nuit du 23 au 24) et ce jusqu'à la fin du calendrier de bridage (octobre).

Ce deuxième suivi de mortalité mené sur le parc éolien de Teillay entre le 14 mai 2020 et le 22 octobre 2020 (4 machines) a conduit à l'observation de 11 cadavres, dont 1 oiseau (1 espèce) et 10 chauves-souris (3 espèces).

L'espèce d'oiseau trouvé est le Pipit des arbres (1 individu) découvert le 28 mai 2020. Les espèces de chauve-souris trouvées sont la Pipistrelle commune (5 individus), la Pipistrelle de Kuhl (4 individus) et la Sérotine commune (1 individu), recensées entre le 5 juin 2019 et le 13 août 2020. Les espèces de chiroptères majoritairement observées sont la Pipistrelle commune (5 individus) et la Pipistrelle de Kuhl (4 individus).

La cause de la mort des individus semble imputable aux éoliennes, que cela soit par collision ou par barotraumatisme.

Les cadavres ont été localisés à des distances comprises entre 4 m et 45 m du mât pour les chiroptères (Pipistrelle commune) et à 5 m pour les oiseaux (Pipit des arbres).

Deux tests de persistance des cadavres ont été réalisés, avec l'utilisation d'un total de 120 rats. Lors de ces tests, les vitesses de disparition des cadavres déposés ont été assez variables à l'échelle du parc mais aussi en fonction de la saison, avec des temps moyens de persistance des cadavres variant de 2.2 jours (E03) à 8.3 jours (E03).

Des estimations de la mortalité ont été réalisées pour l'ensemble des éoliennes du parc, sur la durée du suivi (161 jours).

L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 4 cas de mortalité d'oiseaux sur la période de suivi pour l'ensemble du parc (soit une moyenne de 1 oiseau/éolienne pour le parc), où les observations se concentrent sur une seule journée (un seul cadavre découvert) et réparti sur une seule éolienne.

Concernant les chiroptères, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 57 à 66 individus sur la période de suivi et pour l'ensemble du parc (soit une moyenne de 14.3 à 16.5 chiroptères/éolienne) et où les 10 observations (réparti sur 3 des 4 éoliennes du parc) s'étalent sur une période de 69 jours.

Pour les chiroptères, l'ensemble des cadavres découvert durant le suivi 2020 l'ont été durant cette période avant bridage (effectif le 23 août 2020).

Les estimations réalisées sur la période allant du 14/05 (passage 1) au 21/08 (passage 15) montrent que la mortalité estimée la plus probable des chiroptères est comprise entre 74 et 106 individus pour l'ensemble du parc (soit une moyenne de 18.5 à 26.5 chiroptères/éolienne) sur cette période de 99 jours avant bridage.

Les estimations réalisées sur la période allant du 21/08 (passage 15) au 22/10 (passage 24) montrent que la mortalité estimée la plus probable des chiroptères est de 0 individu pour l'ensemble du parc sur cette période de 62 jours après bridage. Les intervalles de confiance (à 95%) des estimations sont au maximum compris entre 7.4 à 9.3 chiroptères par éolienne sauf pour une éolienne (E01) qui présente une borne haute plus importante (de 32 à 39 chiroptères) mais dû à un défaut de prospection (que 20% de surfaces cumulées prospectées sur 62 jours).

2 Synthèse et analyse des résultats

Ces chiffres peuvent être comparés à ceux mentionnés par la bibliographie. Selon RYDELL et al. (2017), le nombre de chiroptères tués par éolienne et par an est très variable d'un site à l'autre en Europe et semble se situer autour d'une dizaine d'individus, avec parfois des cas particulièrement mortifères pouvant atteindre une mortalité de 100 individus ou plus. Gaultier, Marx & Roux (2019) font le bilan de 8 parcs français dont l'estimation de la mortalité la plus probable varie de 0,3 à 18,3 oiseaux par éolienne et par an. En Allemagne, la mortalité des chauves-souris est estimée entre 10 et 12 individus par éolienne et par an (KORNER-NIEVERGELT et al., 2013). En Champagne-Ardenne, une étude menée sur 18 parcs éoliens donne des résultats de 1 à 3 cadavres par éolienne et par an, sans correction statistique (HARTER, 2015). De plus, de la mortalité a été constatée sur tous les parcs étudiés.

Faute de référentiel, il est complexe de conclure et d'évaluer l'impact du parc de Teillay en fonctionnement sur la conservation des espèces d'oiseaux et de chiroptères.

On notera toutefois que le taux de mortalité estimé sur le parc ou des éoliennes présent indépendamment semble bien inférieur aux résultats fournis par la bibliographie pour les oiseaux en 2020.

Pour les chiroptères le taux de mortalité estimé sur le parc est supérieur aux valeurs répertoriées dans la bibliographie. Les estimations réalisées sur deux périodes consécutives durant l'ensemble du suivi montrent une mortalité importante sur la première période avant bridage. Après le bridage, le taux de mortalité estimé est nul et les incertitudes associées confirment selon toute vraisemblance à l'absence de mortalité notable sur cette période.

2 Synthèse et analyse des résultats

2 Facteurs d'impact et mesures correctives

2.1 Rappel du bilan du suivi de mortalité 2019

Le premier suivi de mortalité mené sur le parc éolien de Teillay entre le 16 mai 2019 et le 24 octobre 2019 (4 machines) a conduit à l'observation de 34 cadavres, dont 11 oiseaux (6 espèces) et 23 chauves-souris (4 espèces et un groupe d'espèces).

En effet, 6 espèces d'oiseaux (l'Alouette lulu, le Bruant jaune, le Faucon crécerelle, le Gobemouche noir, le Martinet noir et le Roitelet à triple bandeau) et 4 espèces et un groupe d'espèces de chiroptères (la Noctule commune, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, le groupe des pipistrelles et la Sérotine commune) ont été retrouvés sous les éoliennes du parc suivi.

La majorité des spécimens d'oiseaux observés concernent l'Alouette lulu et le Martinet noir (4 individus) ainsi que le Roitelet à triple bandeau (2 individus). La majorité des spécimens de chiroptères observés concernent la Pipistrelle commune (13 individus plus 1 individu non déterminé) et la Pipistrelle de Kuhl (6 individus). A noter l'observation de la Sérotine commune (2 individus).

La cause de la mort des individus semble imputable aux éoliennes, que cela soit par collision ou par barotraumatisme.

Les cadavres ont été localisés à des distances comprises entre 7 m (Alouette lulu) et 50 m du mât (Martinet noir) pour les oiseaux et entre 8 m (Pipistrelle commune) et 44 m (Pipistrelle de Kuhl) pour les chiroptères.

Deux tests de persistance des cadavres ont été réalisés, avec l'utilisation d'un total de 120 rats. Lors de ces tests, les vitesses de disparition des cadavres déposés ont été assez variables à l'échelle du parc, avec des temps moyens de persistance des cadavres variant de 3.2 jours (E03) à 12.3 jours (E02).

Des estimations de la mortalité ont été réalisées pour l'ensemble des éoliennes du parc, sur la durée du suivi (161 jours).

L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 76 à 87 cas de mortalité de chiroptères sur la période de suivi, où les observations se concentrent sur 105 jours.

Concernant l'avifaune, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 35 à 41 cas de mortalité d'oiseaux sur la période de suivi, où les observations s'étalent sur l'ensemble du suivi soit 161 jours.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.2 Analyse croisée avec l'étude d'impact

Le tableau ci-dessous fait le bilan des espèces identifiées dans l'étude d'impact comme étant susceptibles d'être impactées par le projet ainsi que des espèces découvertes durant la réalisation du suivi mortalité de 2019 et 2020.

Tableau 20 Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et des suivis mortalité de 2019 et 2020

| Espèces | Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial | Nombre de cas de mortalité | Analyse comparative |
|---------------------------|---|---|---|
| Oiseaux | | | |
| Alouette lulu | Risque de collision nul / 4 couples nicheurs | 3 individus (2019) | L'étude d'impact avait identifié l'espèce mais elle avait conclu à l'absence de risque de collision pour l'espèce |
| Martinet noir | Risque de mortalité par collision faible pour l'avifaune | 3 individus (2019) | |
| Roitelet à triple bandeau | | 2 individus (2019) | |
| Gobemouche noir | | 1 individu (2019) | |
| Bruant jaune | | 1 individu (2019) | |
| Pipit des arbres | | 1 individu (2020) | |
| Chiroptères | | | |
| Pipistrelle commune | 4 individus capturés | 13 individus en 2019 5 individus en 2020 | L'étude d'impact avait identifié un impact très limité. |
| Pipistrelle de Kuhl | 11 individus capturés | 6 individus en 2019 4 individus en 2020 | |
| Sérotine commune | Contacts acoustiques | 2 individus en 2019 1 individu en 2020 | |
| Noctule commune | Espèce non identifié | 1 individu en 2019 | |

De manière générale, l'étude d'impact de 2005 n'avait pas relevé de sensibilité particulière au risque de collision aussi bien pour les oiseaux (majorité des observations en dessous du niveau des pâles) que pour les chiroptères (composition / abondance des espèces et structure paysagère du site d'étude), ce que les suivis de mortalité réalisés en 2019 et 2020 a au contraire pu mettre en avant.

Pour les oiseaux : l'évaluation du niveau de collision avait été sous-évaluée comparativement aux observations et estimations réalisées en 2019. Parmi les espèces, il y a notamment l'Alouette lulu dont les effectifs de couple nicheurs sur l'aire d'étude sont proches du nombre d'individus trouvés mort mais correspondent aux observations et estimations réalisées en 2020.

Pour les chiroptères : l'évaluation du niveau de collision avait été sous-évaluée comparativement aux observations et estimations réalisées en 2019 et en 2020. Les espèces les plus fréquemment découvertes dans les suivis de mortalité (Pipistrelle commune et de Pipistrelle de Kuhl) sont aussi les espèces les plus observées à l'état initial.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.3 Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères en 2019 et 2020

Rappels :

En 2019 : Les enregistrements acoustiques en nacelle ont été réalisés au niveau de l'éolienne E03 entre le 27 mai et le 14 novembre 2019. Le nombre de nuits d'enregistrement exploitables des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de 184 nuits. Des problèmes techniques n'ont pas permis de réaliser des écoutes du 30/09 au 03/10. Le suivi de mortalité a permis de découvrir 23 chiroptères dont un seul au niveau de l'éolienne E03.

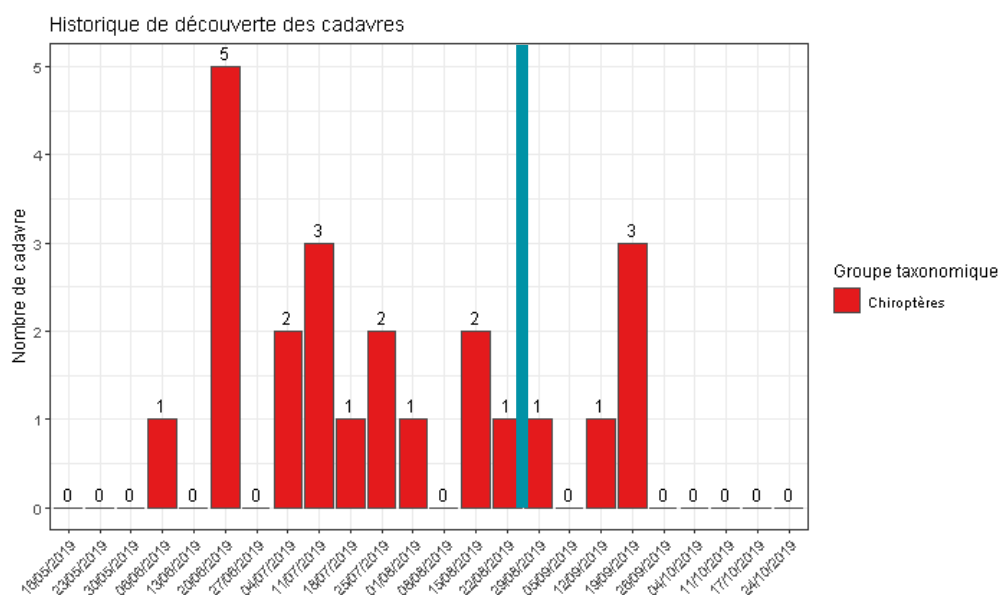
En 2020 : Les enregistrements acoustiques en nacelle ont été réalisés au niveau de l'éolienne E03 entre le 18 mai et le 23 octobre 2020. Le nombre de nuits d'enregistrement exploitables des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de 159 nuits. Aucun dysfonctionnement n'a eu lieu au cours de la période de collecte des données. Le suivi de mortalité a permis de découvrir 10 chiroptères dont trois au niveau de l'éolienne E03.

2.3.1 Comparaison de la phénologie entre suivis mortalité et acoustique sur 2019 et 2020

Le nombre global de cadavres de chiroptères découverts durant le suivi de mortalité 2019 a été assez important (n=23). Les découvertes se sont déroulées de début juin à mi-septembre avec un pic principal mi-juin, et des pics secondaires : mi-juillet, fin juillet, mi-août et mi-septembre.

Le nombre global de cadavres de chiroptères découverts durant le suivi de mortalité 2020 a été plus réduit (n=10). Les découvertes se sont déroulées de début juin puis fin juillet à mi-août avec un pic principal mi-août.

2 Synthèse et analyse des résultats



2 Synthèse et analyse des résultats

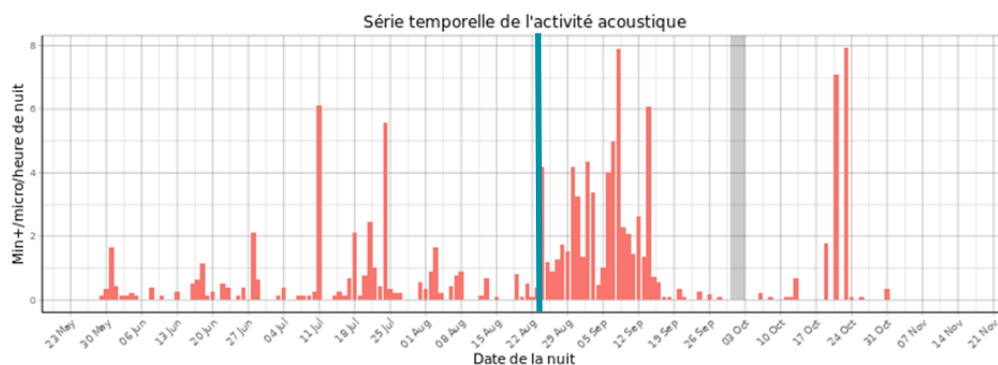


Figure 23 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée en 2019 au niveau d'éolienne E03 sur la période de réalisation du suivi mortalité. La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08

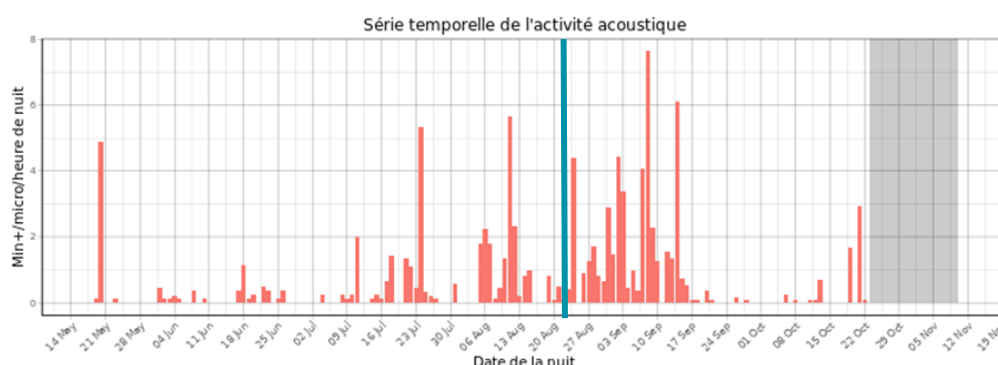


Figure 24 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée en 2020 au niveau d'éolienne E03 sur la période de réalisation du suivi mortalité. La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08

Pour les suivis de l'activité acoustique, on remarque une activité globale similaire entre 2019 et 2020, croissance au court de la saison, principalement centrée sur la fin de l'été et automnale (période post mise-bas). Ponctuellement, des pics d'activités acoustiques printanier et estivaux ont été enregistrés liés à des conditions météorologiques ponctuelles très favorables et à de probables bloom d'insectes. Un pic récurrent sur les deux années est observé en octobre qui est principalement lié à une activité importante de Pipistrelle de Kuhl accompagnée de Pipistrelle commune. A noter la particularité d'un pic important d'activité durant la première quinzaine d'août 2020.

La phénologie des découvertes de cadavres et celle de l'activité acoustique ne semblent pas vraiment concorder. Par contre, les patterns d'activité acoustique sont similaires entre les deux années.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.3.2 Comparaison des cortèges d'espèces détectées lors des suivis mortalité et acoustique en 2019 et 2020

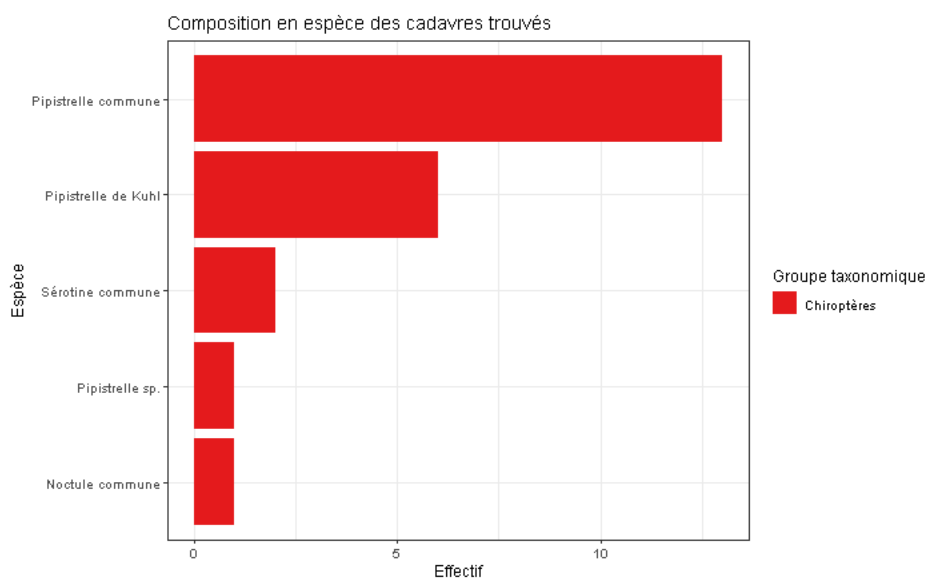


Figure 25 : Cortège d'espèces de chiroptères découvert lors du suivi de mortalité 2019 du parc éolien de Teillay

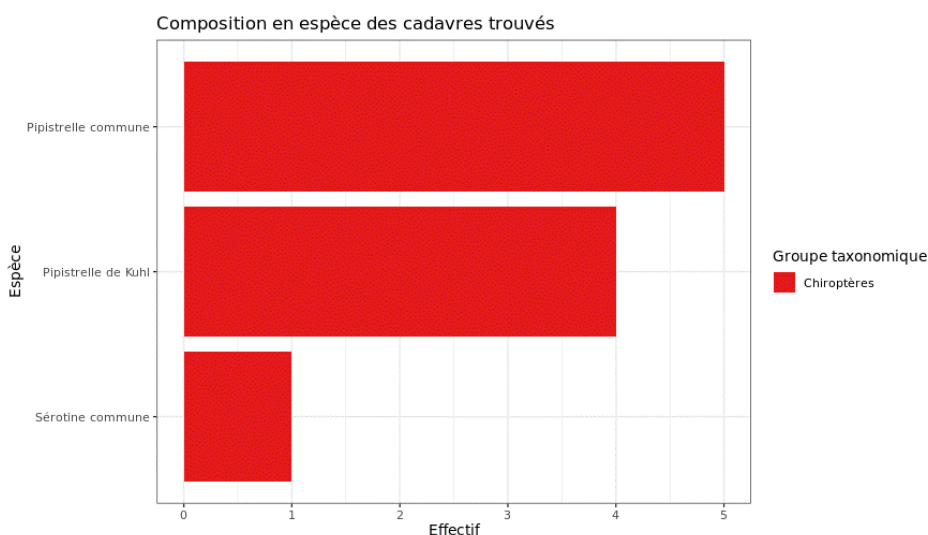


Figure 26 : Cortège d'espèces de chiroptères découvert lors du suivi de mortalité 2020 du parc éolien de Teillay

Pour les suivis de mortalités, les observations ont principalement concernés la Pipistrelle commune (n=13 en 2019 et n=5 en 2020), la Pipistrelle de Kuhl (n=6 en 2019 et n=4 en 2020), la Sérotine commune (n=2 en 2019 et n=1 en 2020) et la Noctule commune (n=1).

2 Synthèse et analyse des résultats

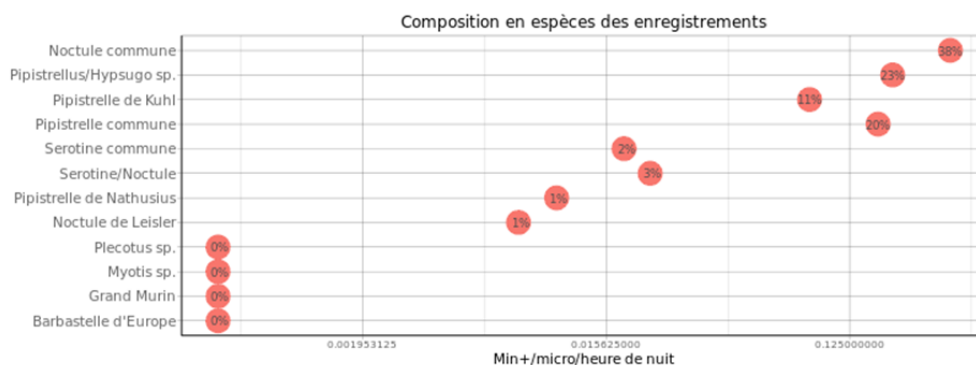


Figure 27 : Cortège d'espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle sur la période de réalisation du suivi mortalité

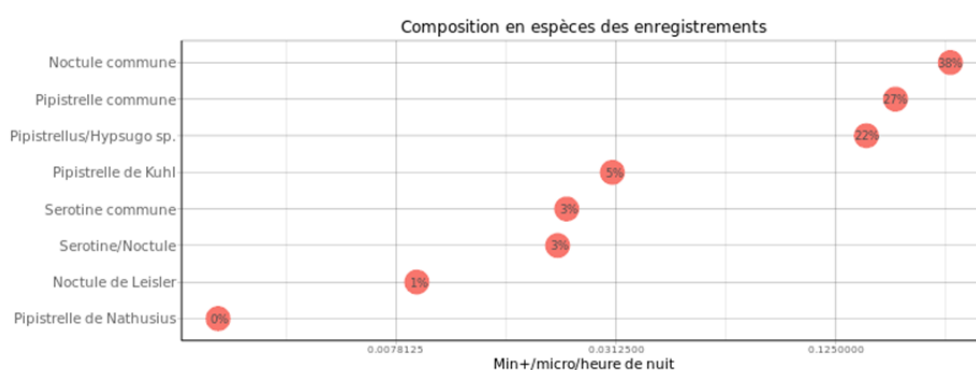


Figure 28 : Cortège d'espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle sur la période de réalisation du suivi mortalité

Pour le suivi acoustique, les espèces les plus fréquemment contactées sont la Noctule commune (38% en 2019 et 2020). Ce sont ensuite la Pipistrelles de Kuhl (11% en 2019 et 5% en 2020) aussi incluse dans le couple d'espèces Pipistrelles de Kuhl / de Nathusius (23% en 2019 et 22% en 2020) et la Pipistrelle commune (20% en 2019 et 27% en 2020) qui ont principalement contactés. Les effectifs semblent s'être inversés entre les deux années. Seulement 2% (en 2019) et 3% (en 2020) de contacts ont été rattachés à la Sérotine commune que l'on peut aussi associer aux 3% (en 2019 et 2020) de contacts rattachés au groupe d'espèces dites « Sérotine/Noctule ».

Les principales espèces découvertes dans le cadre des deux suivis de mortalité ont également étaient détectés lors des suivis acoustiques (Pipistrelle commune et Pipistrelle de Kuhl). A l'inverse l'espèce la plus contactée lors des deux suivis acoustiques n'a fait l'objet que d'une seule découverte durant le suivi mortalité 2019 (Noctule commune). La Sérotine commune découverte durant les deux suivis mortalité fait partie des espèces assez peu contacté dans le cadre du suivi acoustique (moins de 5% des contacts) ce qui est concordant avec les faibles effectifs de cadavres associés (pas de surmortalité a priori).

2 Synthèse et analyse des résultats

2.3.3 Phénologie des contacts pour les espèces retrouvées lors des suivis mortalité

Pour les quatre espèces de chiroptères découvertes au cours des suivis de mortalité, l'activité acoustique a été très différente entre espèce.

La Noctule commune

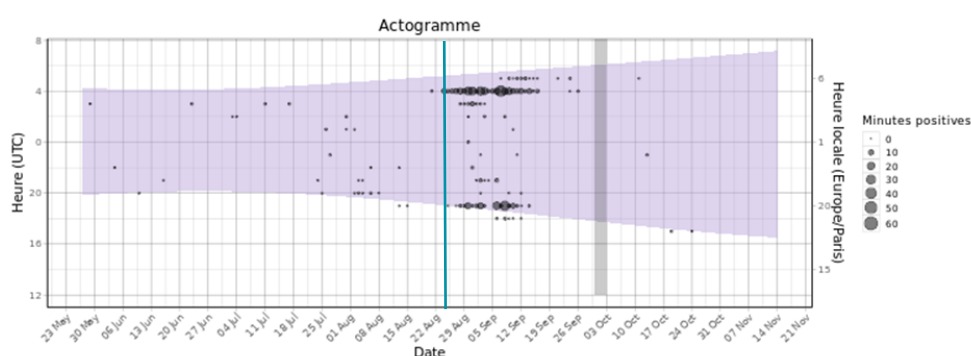


Figure 29 : Actogramme de la Noctule commune sur la période du suivi de mortalité 2019. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08.

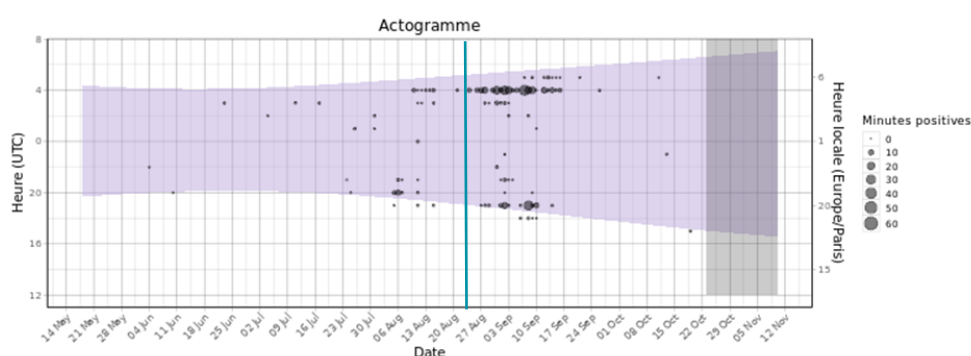


Figure 30 : Actogramme de la Noctule commune sur la période du suivi de mortalité 2020. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08.

Pour la Noctule commune, l'activité s'est principalement concentrée entre fin août et mi-septembre pour les deux années, avec un profil d'activité (crépuscule, aube) lié à des activités sociales importantes à proximité de l'éolienne E03.

2 Synthèse et analyse des résultats

Les Séroline/Noctule et la Séroline commune

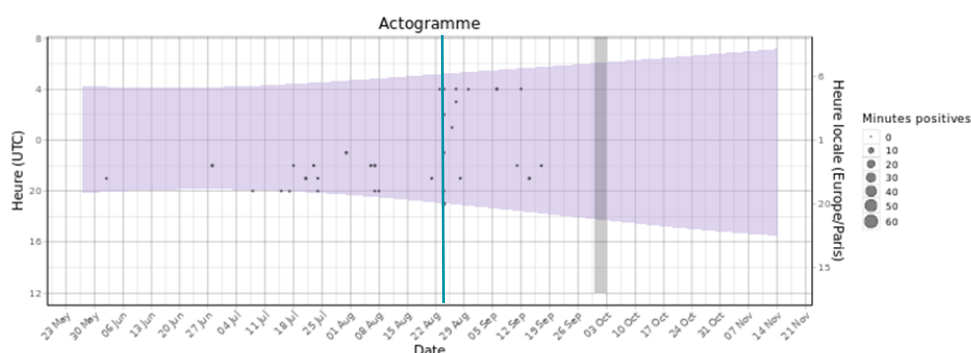


Figure 31 : Actogramme du groupe des Sérotones sur la période du suivi de mortalité 2019. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08.

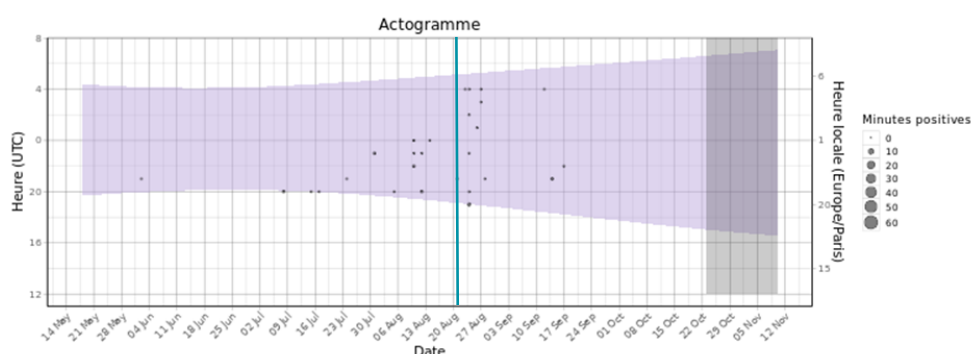


Figure 32 : Actogramme du groupe des Sérotones sur la période du suivi de mortalité 2020. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08.

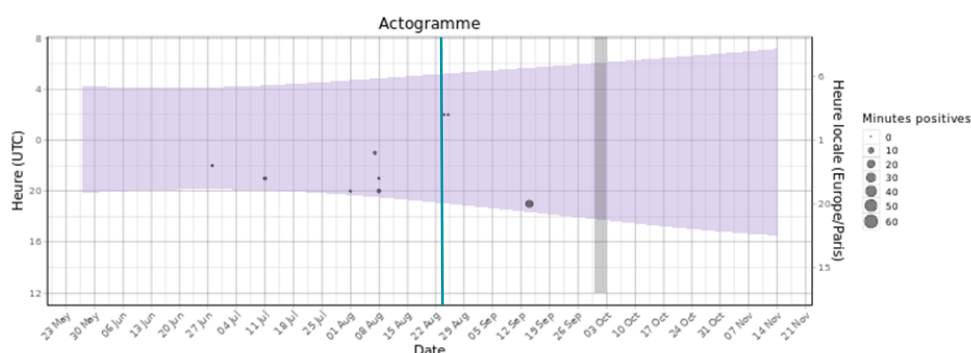


Figure 33 : Actogramme de la Séroline commune sur la période du suivi de mortalité 2019. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08.

2 Synthèse et analyse des résultats

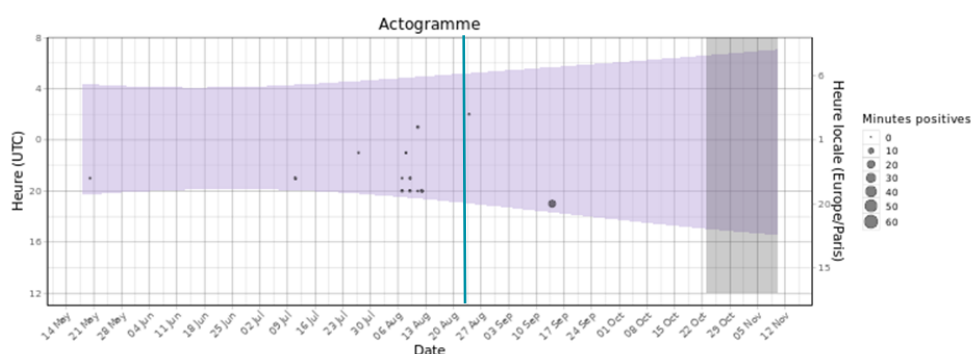


Figure 34 : Actogramme de la Séroline commune sur la période du suivi de mortalité 2020. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08.

Pour les Sérotales et la Séroline commune, la faible activité se concentre entre juillet et mi-septembre en 2019 et 2020.

La Pipistrelle commune

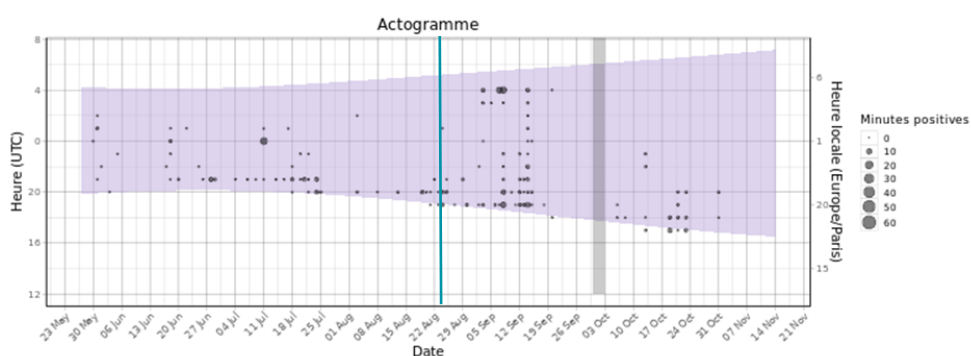


Figure 35 : Actogramme de la Pipistrelle commune sur la période du suivi de mortalité 2019. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08.

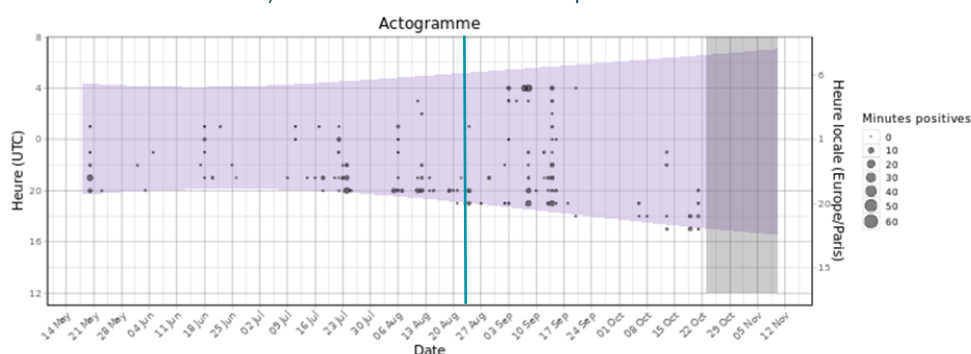


Figure 36 : Actogramme de la Pipistrelle commune sur la période du suivi de mortalité 2020. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08.

Pour la Pipistrelle commune, l'activité est assez lissée au cours des deux années sur la période des suivis de mortalité, avec une activité plus importante durant la première quinzaine de septembre.

2 Synthèse et analyse des résultats

La Pipistrelle de Kuhl et les pipistrelles de Kuhl/Nathusius

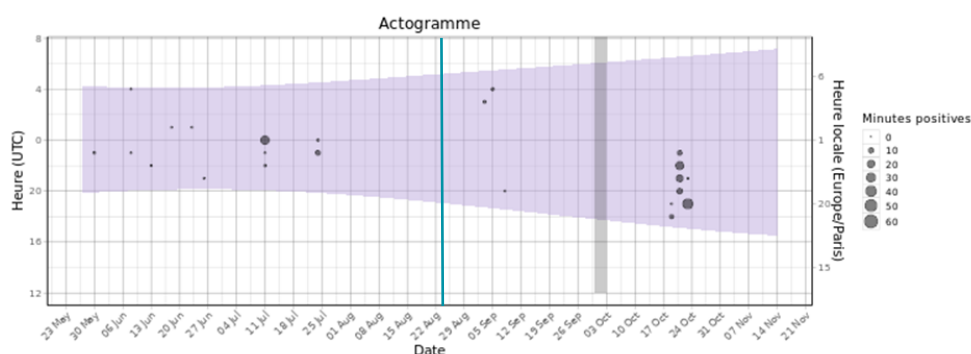


Figure 37 : Actogramme de la Pipistrelle de Kuhl sur la période du suivi de mortalité 2019. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08.

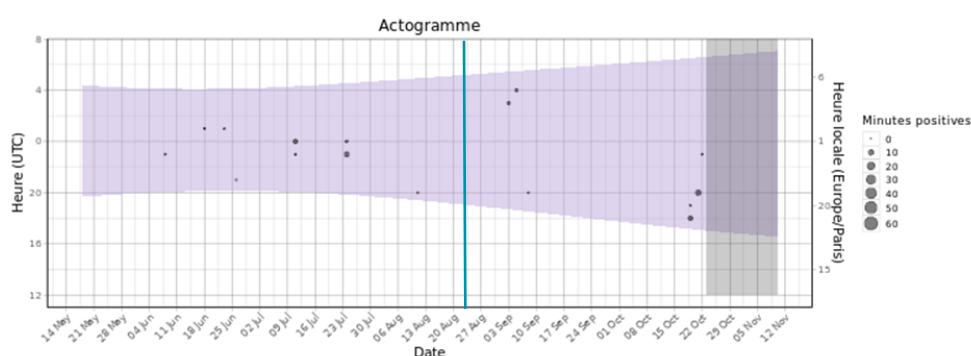


Figure 38 : Actogramme de la Pipistrelle de Kuhl sur la période du suivi de mortalité 2020. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08.

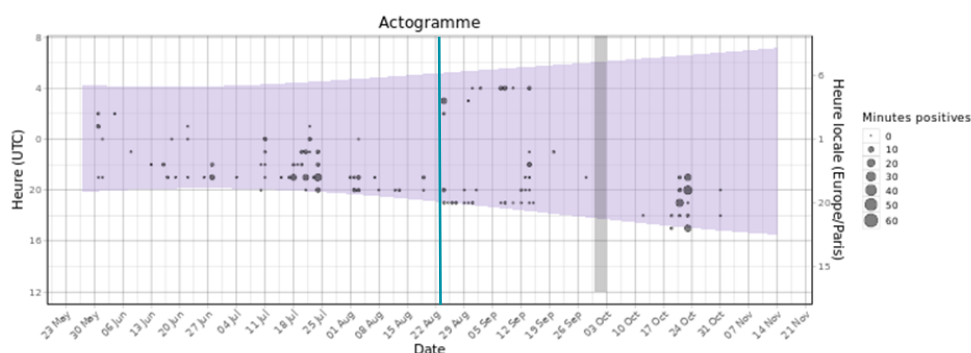


Figure 39 : Actogramme des pipistrelles de Kuhl/Nathusius sur la période du suivi de mortalité 2019. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08.

2 Synthèse et analyse des résultats

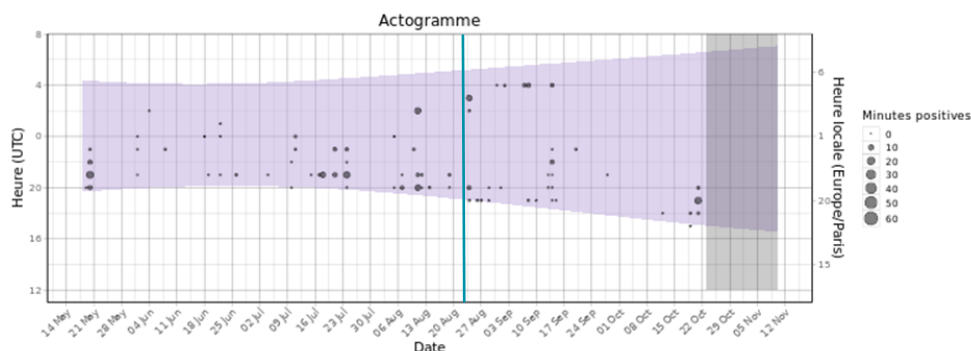


Figure 40 : Actogramme des pipistrelles de Kuhl/Nathusius sur la période du suivi de mortalité 2020. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données). La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08.

Pour la pipistrelle de Kuhl (et Kuhl/Nathusius), l'activité est assez lissée au cours des périodes des suivis de mortalité sur les deux années, avec un pic d'activité répété à la mi-octobre.

Phénologie de découvertes des espèces de cadavres

Les bilans de la phénologie des découvertes de cadavres pour les deux années de suivis mortalité sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 21 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces sur les deux années de suivis de mortalité 2019 et 2020. La barre verticale bleue correspond à la date du 23/08.

| Dates | Année | 05/06 - 06/06 | 10/06 - 10/06 | 18/06 - 20/06 | 02/07 - 04/07 | 10/07 - 11/07 | 17/07 - 18/07 | 24/07 - 25/07 | 31/07 - 01/08 | 13/08 - 15/08 | 21/08 - 22/08 | 28/08 - 29/08 | 11/09 - 12/09 | 17/09 - 19/09 | Total général |
|---------------------|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Noctule commune | 2019 | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| Pipistrelle commune | 2019 | 1 | | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | | 1 | | | | 2 | 13 |
| | 2020 | 1 | 1 | | | | | | | 3 | | | | | 5 |
| Pipistrelle de Kuhl | 2019 | | | 2 | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| | 2020 | | | | | | | | | 4 | | | | | 4 |
| Pipistrelle sp. | 2019 | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| Sérotine commune | 2019 | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | 2 |
| | 2020 | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| Total | 2019 | 1 | | 5 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 23 |
| | 2020 | 1 | 1 | | | | | | 1 | 7 | | | | | 10 |
| Total général | | 2 | 1 | 5 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 9 | 1 | 1 | 1 | 3 | 33 |

2 Synthèse et analyse des résultats

2.3.4 Bilan du croisement des informations des deux suivis mortalité/acoustique

Les espèces découvertes durant les suivis de mortalité correspondent aux principales espèces identifiées durant les suivi acoustiques. L'espèce la plus contactée en altitude a été la Noctule commune pour les deux années alors qu'un unique cadavre de cette espèce a été découvert lors des deux suivis de mortalité. Au contraire, la Sérotine commune n'est pas une espèce fréquemment contactée en altitude mais trois cadavres ont été découverts. Les pipistrelles sont à la fois le groupe d'espèces le plus contacté en altitude et le plus décompté parmi les cadavres découverts durant les deux suivis de mortalité.

Toutefois, au niveau de la phénologie, la découverte du cadavre de Noctule commune ne correspond pas aux principaux pics d'activité acoustique de l'espèce. Pour la Sérotine commune, le faible nombre de contacts acoustiques rend la comparaison difficile.

Au contraire pour la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl, les découvertes échelonnées tout au long du suivi de mortalité correspondent à une activité acoustique enregistrée en continue tout au long de la période de suivi.

Sur les 33 chiroptères retrouvés durant les deux années de suivi de mortalité, 4 cadavres ont été retrouvé au niveau de l'éolienne E03 équipée de l'enregistreur automatisé, ce qui limite le croisement des informations. Par contre, les activités acoustiques (aussi bien en terme d'intensité que de pattern phénologique) au niveau globale et spécifique sur les deux années suggèrent un caractère assez comparable entre 2019 et 2020 c-à-d une faible variabilité inter-annuelle au contraire des effectifs de cadavres observés.

Limites du croisement des informations des suivis mortalité et acoustique : La comparaison des données acoustiques issues d'une seule éolienne (comparativement au suivi de mortalité qui est réalisé sur l'ensemble des éoliennes du parc) peut limiter l'interprétation du fait du manque de représentativité de l'activité locale de l'éolienne suivie en acoustique. Cette analyse comparative reste une analyse visuelle qui permet simplement de mettre en avant des éléments convergents ou non entre les deux types de suivis sur le même pas de temps.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.4 Comparaison entre 2019 et 2020 des mortalités estimées

Dans l'objectif de faire des comparaisons entre les deux suivis ont été réalisé avec les même protocole et méthode de calcul des estimations de la mortalité. La durée des suivis, la fréquence des passages et la date des passages sont comparables (voire identiques).

Lors des comparaisons interannuelles et pour faciliter la lecture, seules les estimations de la mortalité la plus probable issus de la méthode de Huso (2010) seront présentées graphiquement.

2.4.1 Pour les oiseaux

• 2019

Sur l'ensemble du parc, la mortalité totale estimée la plus probable des oiseaux est de 35 à 41 individus sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 13 à 15 individus au minimum et de 95 à 109 individus au maximum pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude importante.

Tableau 22 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Teillay sur la période du suivi

| Estimateurs | E01 | E02 | E03 | E04 | Total parc |
|--|--------------|---------------|---------------|--------------|------------|
| Mortalité observée des oiseaux | 2 | 5 | 2 | 1 | 10 |
| Huso (2010) [IC 95%] | 7 [2 ; 20] | 20 [9 ; 40] | 11 [3 ; 35] | 3 [1 ; 14] | 41 |
| Erickson et al. (2000) [IC 95%] | 6 [2 ; 18] | 16 [8 ; 33] | 10 [2 ; 31] | 3 [1 ; 13] | 35 |
| Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%] | 6 [2 ; 18] | 18 [8 ; 36] | 12 [3 ; 36] | 3 [1 ; 14] | 39 |

• 2020

Sur l'ensemble du parc, la mortalité totale estimée la plus probable des oiseaux est de 4 individus sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 1 individu minimum et de 62 à 73 individus au maximum pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude assez importante.

Tableau 23 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Teillay sur la période du suivi

| Estimateurs | E01 | E02 | E03 | E04 | Total parc |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| Mortalité observée des oiseaux | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Huso (2010) [IC 95%] | 0 [0 ; 21] | 0 [0 ; 12] | 0 [0 ; 17] | 4 [1 ; 20] | 4 |
| Erickson et al. (2000) [IC 95%] | 0 [0 ; 20] | 0 [0 ; 10] | 0 [0 ; 14] | 4 [1 ; 18] | 4 |
| Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%] | 0 [0 ; 23] | 0 [0 ; 12] | 0 [0 ; 18] | 4 [1 ; 20] | 4 |

2 Synthèse et analyse des résultats

• Comparaison 2019-2020

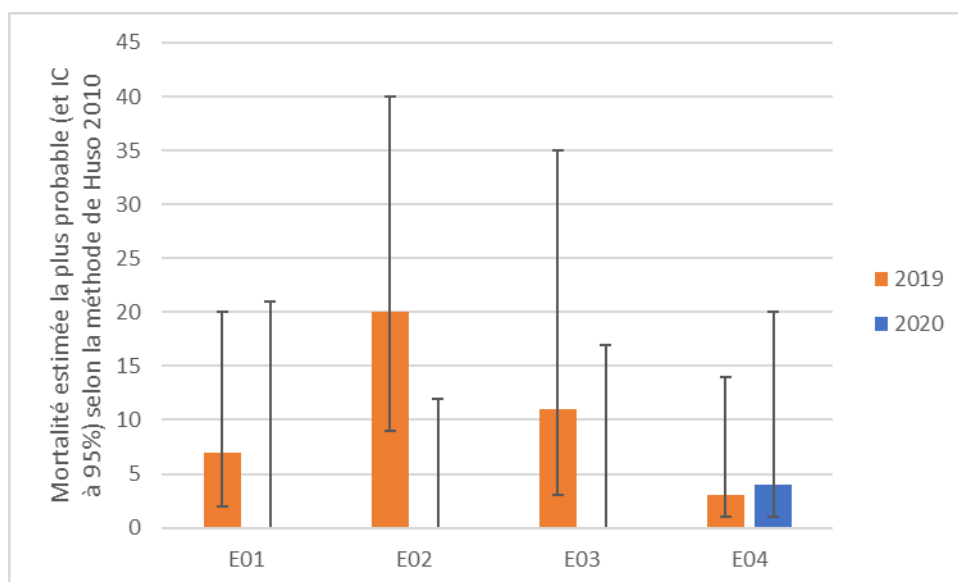


Figure 41 Evolution de la mortalité la plus probable (suivant la méthode de Huso) sur le parc de Teillay entre 2019 et 2020 pour les oiseaux

Le bilan des deux années de suivi montre une variabilité interannuelle pour les oiseaux où 2020 semble une année avec une mortalité estimée plus faible que 2019 pour l'ensemble des éoliennes sauf E04 qui reste très similaire. On observe également une mortalité estimée variable entre les éoliennes. Globalement les chiffres sur les deux années ne semblent pas montrer un effet notable et/ou constant du parc de Teillay pour les oiseaux comparativement aux données disponibles dans la bibliographie.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.4.2 Pour les chiroptères

Comparaison 2019-2020 sur l'ensemble du suivi

• 2019

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 76 et 87 individus sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 40 à 45 individus au minimum et de 149 à 171 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude assez importante.

Tableau 24 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période du suivi

| Estimateurs | E01 | E02 | E03 | E04 | Total parc |
|--|----------------|----------------|--------------|---------------|------------|
| Mortalité observée des chiroptères | 7 | 10 | 1 | 5 | 23 |
| Huso (2010) [IC 95%] | 25 [13 ; 45] | 40 [23 ; 67] | 5 [1 ; 25] | 17 [8 ; 34] | 87 |
| Erickson et al. (2000) [IC 95%] | 22 [12 ; 40] | 33 [20 ; 55] | 5 [1 ; 23] | 16 [7 ; 31] | 76 |
| Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%] | 22 [12 ; 40] | 37 [21 ; 61] | 6 [1 ; 26] | 17 [8 ; 34] | 82 |

• 2020

Sur l'ensemble du parc, la mortalité totale estimée la plus probable des chiroptères est comprise entre 57 et 66 individus sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 19 à 22 individus au minimum et de 147 à 174 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude très importante.

Tableau 25 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période du suivi

| Estimateurs | E01 | E02 | E03 | E04 | Total parc |
|--|----------------|---------------|---------------|--------------|------------|
| Mortalité observée des chiroptères | 4 | 3 | 3 | 0 | 10 |
| Huso (2010) [IC 95%] | 31 [11 ; 71] | 14 [5 ; 35] | 19 [6 ; 48] | 0 [0 ; 12] | 64 |
| Erickson et al. (2000) [IC 95%] | 29 [10 ; 66] | 12 [4 ; 30] | 16 [5 ; 40] | 0 [0 ; 11] | 57 |
| Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%] | 33 [11 ; 76] | 14 [5 ; 36] | 19 [6 ; 50] | 0 [0 ; 12] | 66 |

• Comparaison 2019-2020

2 Synthèse et analyse des résultats

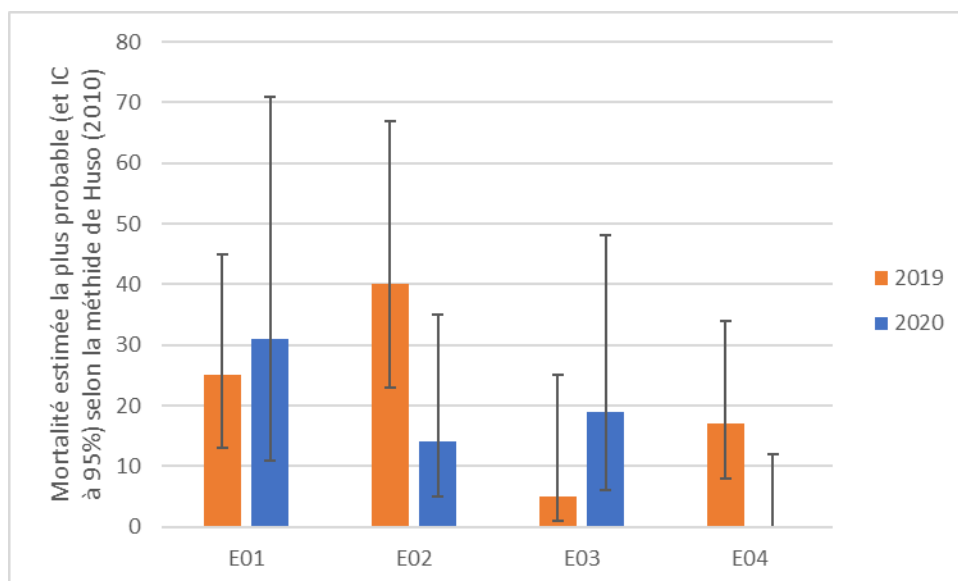


Figure 42 Evolution de la mortalité la plus probable (suivant la méthode de Huso) sur le parc de Teillay entre 2019 et 2020 pour les chiroptères

Le bilan des deux années de suivi montre une variabilité interannuelle pour la mortalité la plus probable des chiroptères intra-éolienne mais où 2020 semble en cumulé comparable à 2019 à l'échelle du parc. Globalement les chiffres sur les deux années convergent pour montrer un effet notable et constant du parc de Teillay pour les chiroptères comparativement aux données disponibles dans la bibliographie.

2 Synthèse et analyse des résultats

Comparaison 2019-2020 par période (avant/après le 23/08)

Dans l'objectif de pouvoir mesurer l'efficacité de ce plan de bridage, les analyses de la mortalité viendront logiquement comparer les deux périodes avant et après le 23 août sur les deux années. Ainsi la première période (P1) (sans bridage en 2020) correspondra à la période entre le premier passage (le 16 mai 2019 et le 14 mai 2020) et le passage 15 (le 22 août 2019 et le 21 août 2020) soit respectivement 98 et 99 jours et où elle sera associée au premier test de persistance de chaque année (le 8 juillet 2019 et le 6 juillet 2020). La deuxième période (P2) (avec bridage en 2020) correspondra à la période entre le passage 15 (le 22 août 2019 et le 21 août 2020) et le 24ème et dernier passage (le 24 octobre 2019 et le 22 octobre 2020) soit respectivement 63 et 62 jours et où elle sera associée au deuxième test de persistance de chaque année (le 7 octobre 2019 et le 12 octobre 2020).

- 2019

1) Période 1 : Avant le 23/08/2019

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 60 et 72 individus sur la durée de cette période 1 de 98 jours. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 29 à 32 individus au minimum et de 126 à 150 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude importante.

Tableau 26 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période 1 du suivi 2019

| Estimateurs | E01 | E02 | E03 | E04 | Total parc |
|--|---------------|----------------|--------------|---------------|------------|
| Mortalité observée des chiroptères | 5 | 8 | 1 | 4 | 18 |
| Huso (2010) [IC 95%] | 18 [8 ; 36] | 33 [17 ; 58] | 4 [1 ; 18] | 17 [7 ; 38] | 72 |
| Erickson et al. (2000) [IC 95%] | 16 [8 ; 32] | 26 [14 ; 45] | 3 [1 ; 15] | 15 [6 ; 34] | 60 |
| Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%] | 16 [8 ; 33] | 30 [16 ; 52] | 3 [1 ; 16] | 16 [7 ; 37] | 65 |

2) Période 2 : Après le 23/08/2019

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 14 et 15 individus sur la durée de cette période 2 de 63 jours. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 5 individus au minimum et de 72 à 82 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude très importante.

Tableau 27 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période 2 du suivi 2019

| Estimateurs | E01 | E02 | E03 | E04 | Total parc |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| Mortalité observée des chiroptères | 2 | 2 | 0 | 1 | 5 |
| Huso (2010) [IC 95%] | 6 [2 ; 18] | 7 [2 ; 21] | 0 [0 ; 27] | 2 [1 ; 10] | 15 |
| Erickson et al. (2000) [IC 95%] | 6 [2 ; 17] | 6 [2 ; 19] | 0 [0 ; 26] | 2 [1 ; 10] | 14 |
| Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%] | 6 [2 ; 16] | 7 [2 ; 20] | 0 [0 ; 35] | 2 [1 ; 11] | 15 |

2 Synthèse et analyse des résultats

- 2020

3) Période 1 : Avant bridage

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 74 et 106 individus sur la durée de cette période avant bridage de 99 jours. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 23 à 32 individus au minimum et de 200 à 288 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude très importante.

Tableau 28 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période 1 du suivi 2020

| Estimateurs | E01 | E02 | E03 | E04 | Total parc |
|--|----------------|---------------|-----------------|--------------|------------|
| Mortalité observée des chiroptères | 4 | 3 | 3 | 0 | 10 |
| Huso (2010) [IC 95%] | 31 [11 ; 71] | 18 [6 ; 45] | 28 [8 ; 72] | 0 [0 ; 20] | 77 |
| Erickson et al. (2000) [IC 95%] | 30 [10 ; 68] | 17 [5 ; 42] | 27 [8 ; 70] | 0 [0 ; 20] | 74 |
| Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%] | 40 [14 ; 93] | 21 [6 ; 53] | 45 [12 ; 116] | 0 [0 ; 26] | 106 |

4) Période 2 : Après bridage

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est de 0 individu sur période après bridage de 62 jours. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 0 individu au minimum et de 54 à 67 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude modérée.

Aucune observation n'a été réalisée sur les 62 jours.

Tableau 29 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période 2 du suivi 2020

| Estimateurs | E01 | E02 | E03 | E04 | Total parc |
|--|--------------|-------------|--------------|-------------|------------|
| Mortalité observée des chiroptères | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Huso (2010) [IC 95%] | 0 [0 ; 34] | 0 [0 ; 9] | 0 [0 ; 13] | 0 [0 ; 6] | 0 |
| Erickson et al. (2000) [IC 95%] | 0 [0 ; 32] | 0 [0 ; 7] | 0 [0 ; 10] | 0 [0 ; 5] | 0 |
| Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%] | 0 [0 ; 39] | 0 [0 ; 9] | 0 [0 ; 13] | 0 [0 ; 6] | 0 |

2 Synthèse et analyse des résultats

• Comparaison 2019-2020

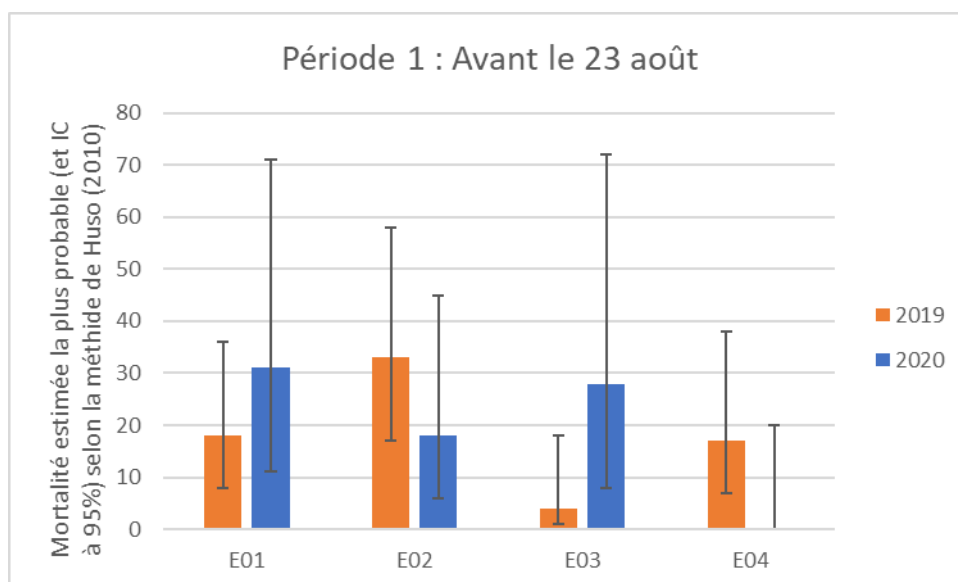


Figure 43 Evolution de la mortalité la plus probable (suivant la méthode de Huso) sur le parc de Teillay entre 2019 (98 jours) et 2020 (99 jours) pour les chiroptères pour la période 1, avant le 23 août (avant bridage pour 2020)

La période 1 des deux années montre une variabilité interannuelle de la mortalité estimée la plus probable pour les chiroptères notamment intra-éolienne mais où à l'échelle du parc, 2020 semble en cumulé comparable à 2019. De plus, les chiffres sur les deux années convergent pour montrer un effet notable et constant du parc de Teillay pour les chiroptères face aux données disponibles dans la bibliographie, malgré une durée de la période très courte (respectivement 98 et 99 jours).

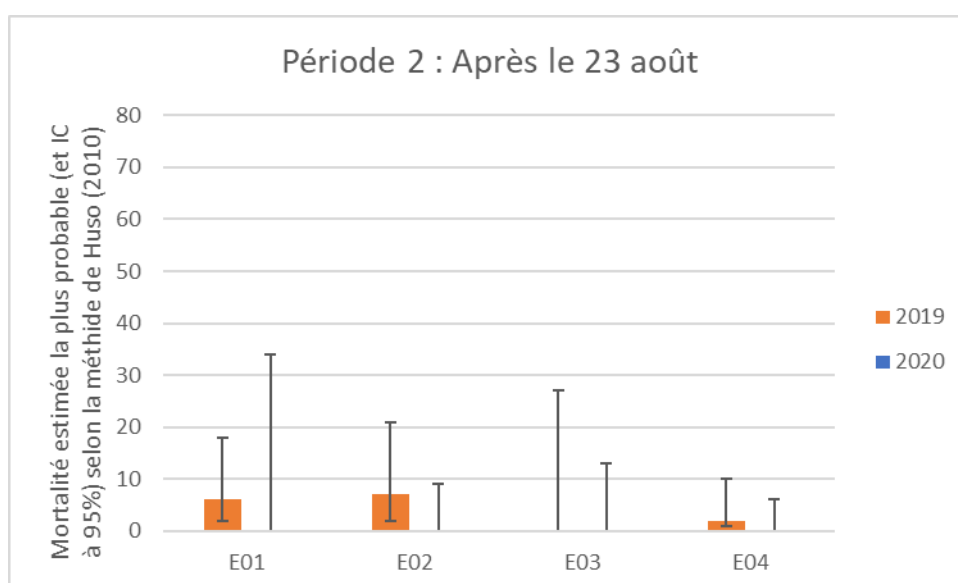


Figure 44 Evolution de la mortalité la plus probable (suivant la méthode de Huso) sur le parc de Teillay entre 2019 (63 jours) et 2020 (62 jours) pour les chiroptères pour la période 2, après le 23 août (après bridage pour 2020)

2 Synthèse et analyse des résultats

Pour 2019, la mortalité estimée la plus probable entre la période 1 (98 jours) et la période 2 (63 jours) semble plus importante dans l'absolu mais aussi en considérant la différence de durée. En effet, en se basant sur les estimations issues de la méthode de Huso (2010), la mortalité la plus probable moyenne du parc durant la période 1 est de 0.18 chiroptère/jour/éolienne alors qu'elle est de 0.06 chiroptère/jour/éolienne sur la période 2 soit environ 3 fois moins. Ceci est assez contradictoire avec les activités acoustiques enregistrées croissantes en 2019 mais concordantes avec les espèces découvertes en 2019 et notamment la faible représentation de Noctule commune (principalement présente après le 23/08).

Les activités acoustiques étant très similaires entre 2019 et 2020 sur ces deux périodes (avant/après le 23/08) permet de rester confiant sur la capacité à pouvoir comparer les deux années 2019 et 2020 sur les deux périodes.

La période 2 des deux années montre une faible mortalité estimée la plus probable pour les chiroptères à l'échelle du parc et des éoliennes. Il semble également probable que 2020 présente une mortalité estimée la plus probable significativement inférieure voire nulle comparativement à 2019, aussi bien au niveau du parc dans sa globalité qu'au niveau des éoliennes prises indépendamment.

2.5 Conclusion sur l'effet de la mesure de bridage en 2020

Au vu des différentes comparaisons interannuelles sur deux périodes comparables, il semble que :

La période 2 (après le 23 août) présente toute année confondue une mortalité estimée la plus probable beaucoup plus faible que la période 1 qui est-elle responsable de l'effet le plus notable du parc de Teillay sur les chiroptères.

Malgré cela, les estimations et les contextes de suivis similaires semblent confirmer que la mesure de bridage mise en place le 23 août 2020 a permis de réduire significativement voire supprimer la mortalité comparativement à celle mesurée lors du suivi de 2019.

3 Mesures correctives

Mesures de réduction

Le suivi de mortalité mené en 2020 conclut à l'efficacité du plan de bridage sur la période de mise en œuvre (du 23 août au 31 octobre 2020) pour réduire à un niveau d'impact non notable à nul du parc de Teillay sur les chiroptères.

Ainsi, il semble nécessaire de maintenir jusqu'à la prochaine évaluation de la mortalité le plan bridage basé sur les suivis acoustiques et les conditions météorologiques de 2019 pour limiter les risques de collision durant les phases de fortes activités des chiroptères.

Un suivi de mortalité complémentaire en 2021 ne semble pas nécessaire pour vérifier l'efficacité de ce plan de bridage.

3

Bibliographie

3 Bibliographie

ANDRE, Y. 2004. - Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. LPO, Rochefort. 20 p.

ARNETT E. B., ERICKSON W., KERNS J. & HORN J., 2005. – Relationship between bats and wind turbine in Pennsylvania and West Virginia: An assessment of fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. – Bats and Wind Energy Cooperative, 168 p.

ARNETT E. B., 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, 44 p.

ARTHUR, L. & LEMAIRE, M. (2015). Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Editions Biotope, Coll. Parthénope, Muséum National d'Histoire Naturelle, 544 p.

BAERWALD E. & BARCLAY R., 2009. – Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities. – Journal of Mammalogy 90(6), p. 1341-1349.

BROWN R. ET AL. (2014). Traces et indices d'oiseaux ; pistes, nids, plumes, crânes... Delachaux et Niestlé. 333 p.

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>.

DIETZ, C. ET VON HELVERSEN, O. (2004). Illustrated identification key to the bats of Europe. Electronique publication, version 1.0 released 15.12.2004, Tuebingen & Erlangen (Germany). 72 p.

ERICKSON, W.P.; JOHSON, G.D.; STRICKLAND, M.; KRONNER, K. (2000). Final Report: avian and bat mortality associated with the Vansycle wind project. pp 1-26.

FRAIGNEAU C. (2007). Reconnaître facilement les plumes – collecter, identifier, interpréter, conserver. Delachaux et Niestlé. 192 p.

FRAIGNEAU C. (2017). Identifier les plumes des oiseaux d'Europe occidentale. Delachaux et Niestlé. 400 p.

GAULTIER, S.P., MARX, G., & ROUX, D., 2019. Éoliennes et biodiversité : synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer. Office national de la chasse et de la faune sauvage/LPO. 120 p. https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/lpo_oncfs_2019.pdf

HARTER N. 2015. Eoliennes et mortalité des chiroptères : synthèse des résultats du suivi d'une quinzaine de parcs éoliens en Champagne-Ardenne. Rencontre chiroptères Grand-Est, Saint-Brisson, 16-18 octobre 2015. 15p.

HUSO, M. M. (2010). An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. Environmetrics, 22(3), 318-329. doi: 10.1002/env.1052 19 p.

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 No. 28: 1-172.

KORNER-NIEVERGELT, F., KORNER-NIEVERGELT, P., BEHR, O., et al. 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. Wildlife Biology, vol. 17, no 4, p. 350-363.

3 Bibliographie

KORNER-NIEVERGELT, F., BRINKMANN, R., NIERMANN, I. & 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. doi:10.1371/journal.pone.0067997.

KORNER-NIEVERGELT F, BEHR O, BRINKMANN R, ETTERSON MA, HUSO MM, DALTHORP D, KORNER-NIEVERGELT P, ROTH T and NIERMANN I (2015). "Mortality estimation from carcass searches using the R-package carcass - a tutorial." Wildlife Biology, pp. 30-43.

MARCHESI, P., BLANT, M. ET CAPT, S. (2008). Mammifères de Suisse - Clés de détermination. Neuchâtel, Fauna Helvetica, CSCF & SSBF. 289 p.

MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE (MEDDE), 2015, Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestre, Novembre 2015, 40p.

RYDELL, J, OTTVALL, R, PETTERSSON, S, & GREEN M. (2017) The effects of wind power on birds and bats, an updated synthesis report 2017, Swedish Environmental Protection Agency. ISBN 978-91-620-6791-5, ISSN 0282-7298, 129p.

SVENSSON L. (2014). Le guide ornitho, le guide le plus complet des oiseaux d'Europe, d'Afrique du nord et du Moyen-Orient. Delachaux et Niestlé. 448 p.

Site internet :

DURR, 2019 : <http://www.lfu.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.312579.de>

A

Annexes

A Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

Tableau 30 : Résultats du suivi mortalité

| Date prospection | Éolienne | Nom latin | Nom vernaculaire | État | Age | Sexe | Raison estimée de la mort | Distance à l'éolienne |
|------------------|----------|----------------------------------|---------------------|------------------|-------------|-------------|---------------------------|-----------------------|
| 28/05/2020 | E04 | <i>Anthus trivialis</i> | Pipit des arbres | En décomposition | Adulte | Mâle | Barotraumatisme | 5 |
| 05/06/2020 | E02 | <i>Pipistrellus pipistrellus</i> | Pipistrelle commune | Frais | Indéterminé | Indéterminé | Barotraumatisme | 36 |
| 10/06/2020 | E03 | <i>Pipistrellus pipistrellus</i> | Pipistrelle commune | Frais | Indéterminé | Indéterminé | Barotraumatisme | 16 |
| 31/07/2020 | E03 | <i>Eptesicus serotinus</i> | Sérotine commune | Frais | Indéterminé | Indéterminé | Barotraumatisme | 7 |
| 13/08/2020 | E01 | <i>Pipistrellus pipistrellus</i> | Pipistrelle commune | Frais | Adulte | Mâle | Barotraumatisme | 45 |
| 13/08/2020 | E01 | <i>Pipistrellus pipistrellus</i> | Pipistrelle commune | Frais | Adulte | Mâle | Barotraumatisme | 2 |
| 13/08/2020 | E01 | <i>Pipistrellus kuhlii</i> | Pipistrelle de Kuhl | En décomposition | Indéterminé | Indéterminé | Collision avec pale | 10 |
| 13/08/2020 | E01 | <i>Pipistrellus pipistrellus</i> | Pipistrelle commune | Frais | Indéterminé | Indéterminé | Collision avec pale | 4 |
| 13/08/2020 | E02 | <i>Pipistrellus kuhlii</i> | Pipistrelle de Kuhl | Frais | Adulte | Mâle | Barotraumatisme | 25 |
| 13/08/2020 | E02 | <i>Pipistrellus kuhlii</i> | Pipistrelle de Kuhl | En décomposition | Adulte | Mâle | Barotraumatisme | 25 |
| 13/08/2020 | E03 | <i>Pipistrellus kuhlii</i> | Pipistrelle de Kuhl | Sec | Indéterminé | Indéterminé | Barotraumatisme | 10 |



Siège social :

22 boulevard Maréchal Foch - BP58 - F-34140 Mèze

Tél. : +33(0)4 67 18 46 20 - Fax : +33(0)4 67 18 65 38 - www.biotope.fr