

The ENGIE logo, featuring the word "ENGIE" in a blue, sans-serif font with a stylized blue arc above the letters.

Parc éolien de Saint-Servais (22)

ENGIE
février 2021

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

The biotope logo, featuring a stylized white leaf or drop shape above the word "biotope" in a white, lowercase, sans-serif font.

Citation recommandée	Biotope, 2019, Parc éolien de Saint-Servais (22), Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères. ENGIE. 64 p.	
Version/Indice	V2	
Date	février 2021	
Nom de fichier	202101_ENGIE_STSERVAIS_Biotope_Morta_V2	
Référence dossier		
Maître d'ouvrage	ENGIE	
Interlocuteurs	<p>Julien RIGNOL Ingénieur Environnement</p> <p>AHMET HODZIC Technicien maintenance responsable de site</p>	<p>Contact : Mail : julien.rignol@engie.com Téléphone : 06 04 67 49 91</p> <p>Mail : ahmet.hodzic@engie.com Téléphone : 06 60 08 22 82</p>
Biotope, Rédaction de l'étude	Michaël GUILLON	<p>Contact : mguillon@biotope.fr Tél : 02 40 05 32 35 Tél : 06 03 68 23 27</p>
	Yvan BOUROLLEC	<p>Contact : ybouroullec@biotope.fr Tél : 06 03 68 18 12</p>
Biotope, Contrôleur qualité	Michaël GUILLON	<p>Contact : mguillon@biotope.fr Tél : 02 40 05 32 35 Tél : 06 29 83 22 43</p>

Avant-propos

Le parc éolien « Les éoliennes des 4vents » de Saint-Servais (Côtes-d'Armor) a été mis en service au cours de l'année 2007. L'étude d'impact du projet a été réalisée en 2005 par le Cabinet NaSS&Wind.

En 2013 et 2014, des études ont été menées pour cartographier les habitats et étudier l'avifaune et les chiroptères sur un cycle biologique complet.

En 2015, un suivi premier suivi de mortalité a été menée entre le 3 août et le 23 octobre. Seulement 2 cadavres de chiroptères (Pipistrelle commune) ont été retrouvés et l'étude avait conclu à une mortalité non notable pour une espèce aux enjeux faible.

La société ENGIE a missionné Biotope pour la réalisation d'un deuxième suivi de mortalité du parc éolien en 2020, ainsi que pour la réalisation d'une première étude des chiroptères en altitude (nacelle) conformément au protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (révision 2018).

Le présent document présente les résultats des suivis réalisés en 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 Saint-Servais.

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	8
1 Présentation du parc éolien	9
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	24
2.4 Équipe de travail	33
2 Synthèse et analyse des résultats	34
1 Résultats du suivi de mortalité	35
1.1 Résultats bruts	35
1.2 Analyse des résultats	43
1.3 Synthèse du suivi de mortalité	51
2 Facteurs d'impact et mesures correctives	53
2.1 Analyse croisée avec la bibliographie	53
2.2 Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères	55
3 Conclusion et mesures correctives	58
3 Bibliographie	59
Annexes	62

Liste des tableaux

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques	24
Tableau 2 : Bilan de l'occupation du sol pour les sept 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. 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 la période 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).	32
Tableau 4 : Équipe de travail	33
Tableau 5 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 2 septembre 2019) des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe	40

Tableau 6 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Saint-Servais	40
Tableau 7 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 2 septembre 2019) des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe	41
Tableau 8 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauve-souris touchées par le parc de Saint-Servais	42
Tableau 9 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 24 passages	43
Tableau 10 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les deux tests de persistance pour chacune des sept éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.	44
Tableau 11 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations, interpolations et extrapolation) par type d'occupation du sol pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi. En gras les cas de figure réajusté à dire-d'expert.	45
Tableau 12 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation	48
Tableau 13 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Saint-Servais sur la période du suivi	49
Tableau 14 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Saint-Servais sur la période du suivi	50
Tableau 15 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces	57
Tableau 16 : Résultats du suivi mortalité	63

Liste des illustrations

Figure 1 Eolienne 1 – au 15 mai 2020	10
Figure 2 Eolienne 2 – au 15 mai 2020	10
Figure 3 Eolienne 3 – au 15 mai 2020	10
Figure 4 Eolienne 4 – au 15 mai 2020	10
Figure 5 Eolienne 5 – au 15 mai 2020	10
Figure 6 Eolienne 6 – au 15 mai 2020	10
Figure 7 Eolienne 7 – au 15 mai 2020	11
Figure 8 Situation des éoliennes du parc éolien de Saint-Servais	11
Figure 9 Aires d'étude retenues dans l'étude d'impact	12
Figure 10 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018	15

Figure 11 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018)	16
Figure 12 : Occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi	27
Figure 13 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi par passage par turbine	28
Figure 14 : Occupation du sol pour les éoliennes lors du premier passage le 15 mai 2020 (passage 1)	29
Figure 15 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. A gauche évolution du pourcentage de surface prospectée par passage.	30
Figure 16 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. 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).	31
Figure 17 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope	32
Figure 18 Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Saint-Servais	35
Figure 19 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts de Pipistrelle commune (E1, E7) et Martinet noir (E6) © Biotope	36
Figure 20 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Saint-Servais	37
Figure 21 : Nombre de cadavres découverts par éolienne	37
Figure 22 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Saint-Servais. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.	38
Figure 23 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation	39
Figure 24 : Durées de persistance moyennes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédation (8 juin et 7 septembre 2020)	44
Figure 26 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Saint-Servais au cours du suivi de 2020 sur 161 jours.	49
Figure 25 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Saint-Servais au cours du suivi de 2020 sur 161 jours	51
Figure 27 : Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Saint-Servais	55
Figure 28 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E05 sur la période de réalisation du suivi mortalité	56
Figure 30 : Cortège d'espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle pour E05 sur la période de réalisation du suivi mortalité.	56

Figure 31 : Actogramme de la Pipistrelle commune pour E05 sur la période du suivi de mortalité

57

Annexes

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

63

1

Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Présentation du parc éolien

Le parc éolien de Saint-Servais se situe au sud-ouest du département des Côtes-d'Armor (22), en région Bretagne. Il est localisé à environ 45 km au sud-ouest du centre-ville de Saint-Brieuc.

Le parc comprend 7 éoliennes (Enercon E48) de 800 kW de puissance unitaire mises en service en décembre 2007. Ces éoliennes disposent d'un rotor de 48 m de diamètre pour une hauteur de tour de 65 m et 89 m en bout de pales.

Le parc de Saint-Servais se situe au sein d'une zone de polyculture-élevage avec un bocage vallonné dégradé. Le parc se situe à une altitude comprise entre 260 et 275 m.

La totalité des éoliennes ont été suivies tel que prévu par le protocole national, entre le 15 mai 2020 et le 23 octobre 2020.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



Figure 1 Eolienne 1 – au 15 mai 2020



Figure 2 Eolienne 2 – au 15 mai 2020

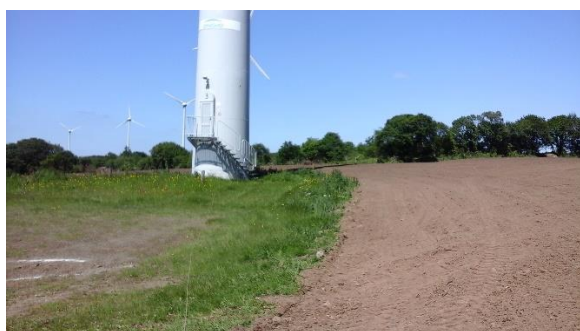


Figure 3 Eolienne 3 – au 15 mai 2020

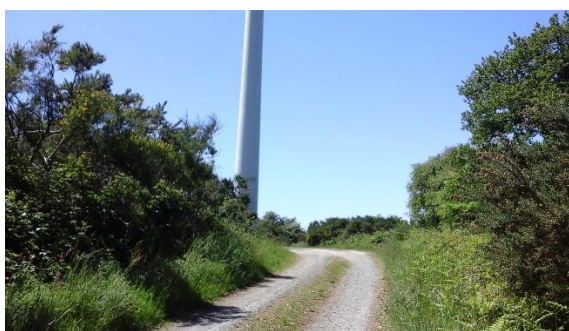


Figure 4 Eolienne 4 – au 15 mai 2020



Figure 5 Eolienne 5 – au 15 mai 2020



Figure 6 Eolienne 6 – au 15 mai 2020

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



Figure 7 Eolienne 7 – au 15 mai 2020



Figure 8 Situation des éoliennes du parc éolien de Saint-Servais

1.1.1 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 rédigée en 2005 afin de les comparer avec les résultats des suivis post-implantations réalisés en 2020.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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

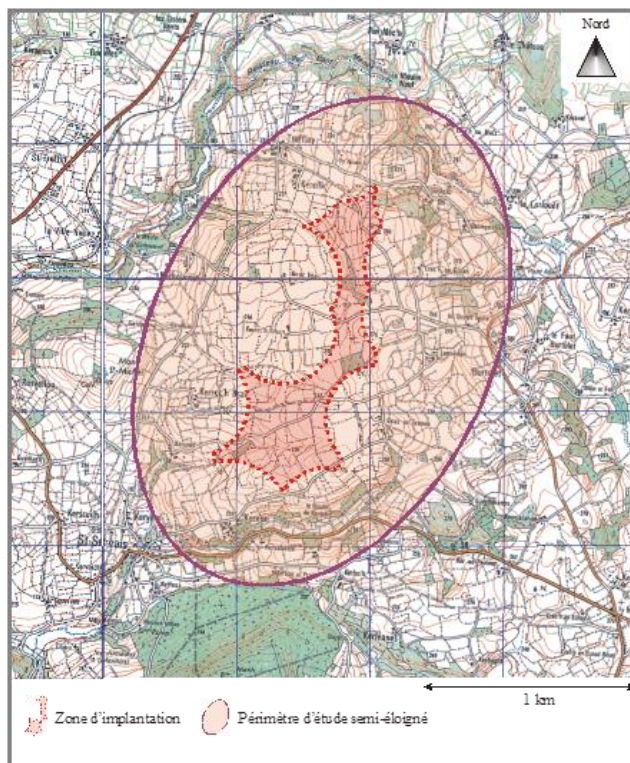


Figure 9 Aires d'étude retenues dans l'étude d'impact

L'aire d'étude initiale correspond à la zone d'implantation potentielle ainsi qu'à un périmètre d'étude élargi

Très peu d'éléments de méthode sont décrits dans les volets de l'étude d'impact ce qui rend difficile l'évaluation des méthodes et de l'effort des inventaires réalisés. Les inventaires ont été réalisés en 2005.

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

Aucun enjeux particulier n'a été mise en évident dans l'étude d'impact. Le paragraphe dédié aux oiseaux dans l'état initial stipule :

« Aucun couloir de migration majeur n'existe en Centre-Bretagne. Il n'existe pas sur la zone d'étude de surface suffisamment ouverte et humide susceptible d'accueillir des anatidés ou des limicoles en migration. La sensibilité se porte plus sur les nicheurs inféodés aux habitats présents.

Présents sur les flancs de collines et les fonds de vallée de la zone d'étude, les milieux boisés sont des lieux privilégiés pour la nidification de rapaces diurnes et nocturnes tels que le Hibou moyen-duc, la Chouette effraie, l'Epervier et la Bondrée apivore. Les parcelles de prairies et de cultures de la zone d'étude constituent certainement une part de leur territoire de chasse.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Les nombreuses haies ligneuses en connexion avec les zones boisées accueillent un certain nombre d'espèces de passereaux dont le Pouillot véloce, le Rouge-gorge, la Fauvette grisette, le Troglodyte mignon, le Bruant jaune ...

Les zones d'incultures (déprise agricole) favorisent la présence de ces passereaux sur la zone. Le fourré pré-forestier qui supplante par exemple la plantation de conifères au milieu de la zone d'implantation laisse peut-être entendre la présence de la Fauvette pitchou (annexe 1 de la Directive Oiseaux) bien qu'elle n'ait pas été observée »

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

Aucun enjeu particulier n'a été mise en évident dans l'étude d'impact. Le paragraphe dédié aux chiroptères dans l'état initial stipule :

« On compte 18 espèces de chauves-souris présentes en Bretagne. Les espèces qui font l'objet d'une attention et d'un suivi particulier sont le Petit et le Grand rhinolophe. (Respectivement *Rhinolophus hipposideros* et *Rhinolophus ferrumequinum*). Ces espèces sont très menacées sur toute leur aire de répartition. Elles font l'objet en Bretagne de campagnes de comptage par le GMB et Bretagne Vivante SEPNE (on estime entre 3000 à 3500, soit 20 % de la population nationale, le nombre de grand Rhinolophe dans la région).

Les menaces majeures qui pèsent sur le maintien des populations sont l'usage de pesticides, la modification des paysages (destruction de haies, urbanisation, destruction des gîtes), la circulation routière.

Plusieurs espèces remarquables de chauves-souris (Grand Rhinolophe, Murin de Bechstein, Barbastelle) sont signalées au sein du site Natura 2000 « Têtes de bassin du Blavet et de l'Hyères ». Aucune colonie d'une espèce remarquable n'est signalée actuellement sur la zone d'implantation.

Etant donné la qualité du bocage et la diversité des habitats présents sur la zone, il est probable cependant que cet espace soit inclus dans le territoire de chasse d'un certain nombre d'espèces. »

Un diagnostic chiroptérologique est réalisé en 2005 au niveau de la ZIP de Saint-Servais par Bretagne Vivante SEPNE. La méthodologie employée est la réalisation de points d'écoutes (4 soirées) et la réalisation de capture (1 soirée). Au cours de ces inventaires, deux espèces sont identifiées de manière certaine, la Pipistrelle commune et la Sérotine commune. D'autres signaux non identifiables à l'espèce ont été notés : signaux du groupe Pipistrelle de Kuhl/Nathusius, et signaux du groupe des Murins.

En conclusion de ce rapport il est écrit que :

« la zone d'implantation pressentie révèle un intérêt mineur pour les chauves-souris au vu du nombre réduit d'espèces contactées (2 à 4), des densités d'animaux moyennement élevées dans un milieu aux habitats pourtant relativement diversifiés, au cours de cette période. L'impact de ces installations sera donc vraisemblablement d'autant plus minime que les chauves-souris sont apparemment peu nombreuses sur la zone d'implantation même des éoliennes, pourvu que les corridors boisés diversifiés sur de vastes surfaces soient maintenus sur le pourtour de la zone. Cela étant dit, l'inventaire n'a probablement pas été réalisé dans les meilleures conditions possibles et une étude étalée sur les différentes périodes d'activités des animaux (printemps, été et automne) permettrait sans doute de contacter d'autres espèces. »

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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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. »

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 10 : 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 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).

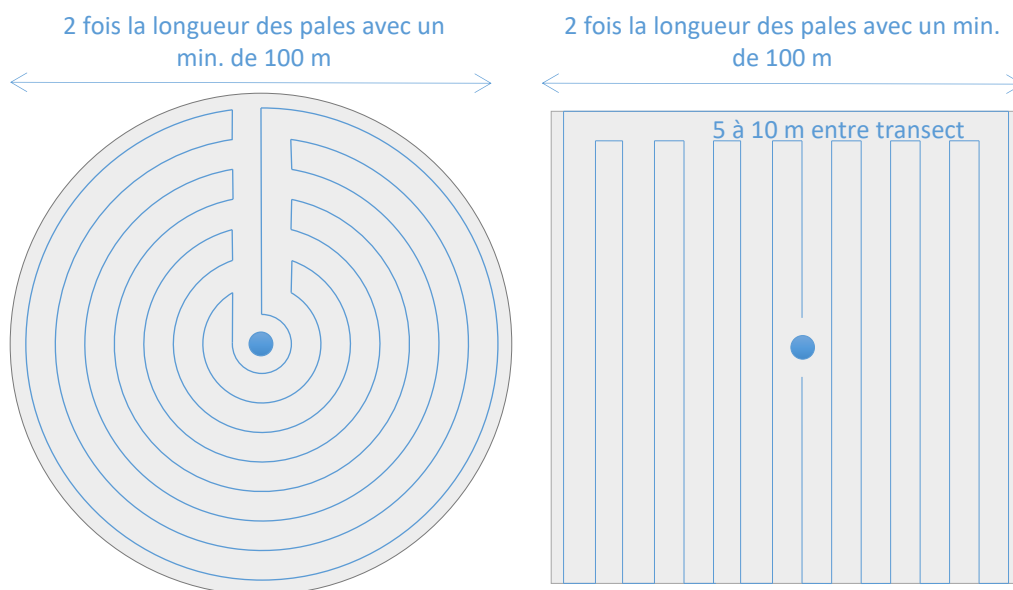


Figure 11 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018)

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 de l'étude réalisée sur le parc éolien de Saint-Servais. 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.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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.

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 non prospectée (**a**), il est possible d'estimer la mortalité réelle. Ainsi **a x 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.

¹ Estimateur de référence obligatoire dans chaque étude.

● 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 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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 prospector tout au long du suivi. Le moment de réalisation des tests doit permettre sur l'ensemble de pouvoir tester l'observateur dans un maximum de situations d'occupation du sol. 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 court 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).

● * **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

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.

• 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 multipliée par le nombre de cadavres découverts lors des suivis.

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.

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 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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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 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.

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 aller au point d'être dans l'incapacité à 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, 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.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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 mât 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.

En cas d'impossibilité ou de difficultés (haies, talus, clôtures) à appliquer le protocole de recherche par transect circulaires avec cordes, des transects linéaires, également espacés d'environ 5 mètres sont réalisés

Pour chaque éolienne, nous prévoyons alors de parcourir 1 987 m de transect, à une vitesse de 2 km/h environ.

Dans le cadre de ce suivi, la configuration de l'occupation du sol (haies, talus, clôtures, fourrés...) autour des éoliennes n'a pas permis de réaliser les transects circulaires à l'aide d'une corde. Les recherches ont été réalisées sous forme de transects linéaire espacés de 5 mètres dans la limite du diamètre de 50 m autour de chacune des éoliennes.

Données collectées

Le technicien utilise un outil SIG 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 SIG embarqué sur tablette. Les photos des cadavres produites par tablette sont associées à chaque enregistrement ainsi généré de la couche shapefile sous SIG. 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 seront 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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

déterminés en laboratoire (loupes binoculaires), après avoir été conservés congelés. Une autorisation de transport préalable au suivi a été réalisée auprès des services compétents.

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 Parthénopé. Biotopé 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 seront replacés simplement en dehors de l'aire de prospection.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.3 Conditions de réalisation du suivi de mortalité

2.3.1 Prospections de terrain

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

Ainsi, 24 passages de recherche de cadavres ont été réalisés, à raison d'un par semaine (vendredi), du 15 mai 2020 (semaine 20) au 23 octobre 2020 (semaine 43).

Deux passages « tests de prédation », ainsi que deux passages « tests efficacité de recherche » ont aussi été réalisés.

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
Suivi de mortalité (24 passages)		
1	15/05/2020	Température : 11.6 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 15.3 km/h. Direction du vent : NE
2	22/05/2020	Nébulosité : 95%. Température : 15.5 °C. Pluie : 0.01 mm/h. Vitesse du vent : 22.1 km/h. Direction du vent: O
3	29/05/2020	Température : 20.3 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent: 15.7 km/h. Direction du vent: E
4	05/06/2020	Nébulosité : 98%. Température : 13.9 °C. Pluie: 0.04 mm/h. Vitesse du vent: 27.5 km/h. Direction du vent: O
5	12/06/2020	Nébulosité: 98%. Température: 14 °C. Pluie: 1.24 mm/h. Vitesse du vent: 3.3 km/h. Direction du vent: N
6	19/06/2020	Nébulosité: 98%. Température: 15.3 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 13.6 km/h. Direction du vent: SO
7	26/06/2020	Nébulosité: 99%. Température: 16.7 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 14.1 km/h. Direction du vent: O
8	03/07/2020	Nébulosité: 89%. Température: 16.6 °C. Pluie: 0.01 mm/h. Vitesse du vent: 20.7 km/h. Direction du vent: SO
9	10/07/2020	Nébulosité: 91%. Température: 15.9 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 12.6 km/h. Direction du vent: NO
10	17/07/2020	Nébulosité: 98%. Température: 15.9 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 11.3 km/h. Direction du vent: O
11	24/07/2020	Nébulosité: 99%. Température: 17.6 °C. Pluie: 0.11 mm/h. Vitesse du vent: 11 km/h. Direction du vent: SO
12	31/07/2020	Nébulosité: 92%. Température: 20.4 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 8.5 km/h. Direction du vent: O
13	07/08/2020	Nébulosité: 89%. Température: 21.5 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 4.7 km/h. Direction du vent: NE
14	14/08/2020	Nébulosité: 97%. Température: 18.5 °C. Pluie: 0.09 mm/h. Vitesse du vent: 21 km/h. Direction du vent: O
15	21/08/2020	Nébulosité: 89%. Température: 20.1 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 25.5 km/h. Direction du vent: SO
16	28/08/2020	Nébulosité: 96%. Température: 15.7 °C. Pluie: 0.23 mm/h. Vitesse du vent: 22.5 km/h. Direction du vent: O

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
17	04/09/2020	Nébulosité: 100%. Température: 16.6 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 1.5 km/h. Direction du vent: SO
18	11/09/2020	Nébulosité: 94%. Température: 15.1 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 5.1 km/h. Direction du vent: O
19	18/09/2020	Nébulosité: 94%. Température: 18.9 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 18 km/h. Direction du vent: NE
20	25/09/2020	Nébulosité: 92%. Température: 12.6 °C. Pluie: 0.52 mm/h. Vitesse du vent: 31.2 km/h. Direction du vent: NO
21	02/10/2020	Nébulosité: 99%. Température: 11.2 °C. Pluie: 3.6 mm/h. Vitesse du vent: 28.9 km/h. Direction du vent: O
22	09/10/2020	Nébulosité: 91%. Température: 13 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 21.6 km/h. Direction du vent: O
23	16/10/2020	Nébulosité: 99%. Température: 11.5 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 5.7 km/h. Direction du vent: SE
24	23/10/2020	Nébulosité: 95%. Température: 13 °C. Pluie: 0.22 mm/h. Vitesse du vent: 18.8 km/h. Direction du vent: S
Tests de prédation (2 tests)		
Test 1	08/06/2020	Dépôt de 105 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Test 2	07/09/2020	Dépôt de 105 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	26/06/2020	Dépôt de 70 leurres
Test 2	18/09/2020	Dépôt de 110 leurres

2.3.2 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 13 et Figure 15 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). 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 était considérée comme nulle et les parcelles non prospectées.

Dans le cadre de cette étude plusieurs contraintes n'ont pas permis de prospecter systématiquement la totalité des surfaces autour des éoliennes : la hauteur de végétation ainsi que la présence de bétail (notamment autour de E2).

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 sept 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. 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 la période de suivi (non prospectable que ponctuellement).

Milieux	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	Total Parc
Blé	4,6%			3,5%		8,1%		2,3%
Bosquet			18,0%		16,6%			4,9%
Chaume blé	0,9%			2,0%		2,7%		0,8%
Chaume maïs	4,5%	1,0%	5,8%				0,2%	1,6%
Culture divers	1,8%			0,6%		5,4%		1,1%
Déchaume	3,7%			0,9%				0,7%
Fourré		2,1%		65,4%			7,5%	10,7%
Haie / talus	8,9%	7,8%		10,6%		2,8%	1,6%	4,5%
Maïs	49,7%	10,9%	63,3%				5,0%	18,4%
Plateforme / voirie	8,6%	9,2%	7,1%	11,7%	5,5%	7,5%	6,8%	8,1%
Prairie	17,2%	68,9%	5,9%	5,3%	77,9%	73,4%	78,9%	46,8%
Total général	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Occupation du sol des turbines

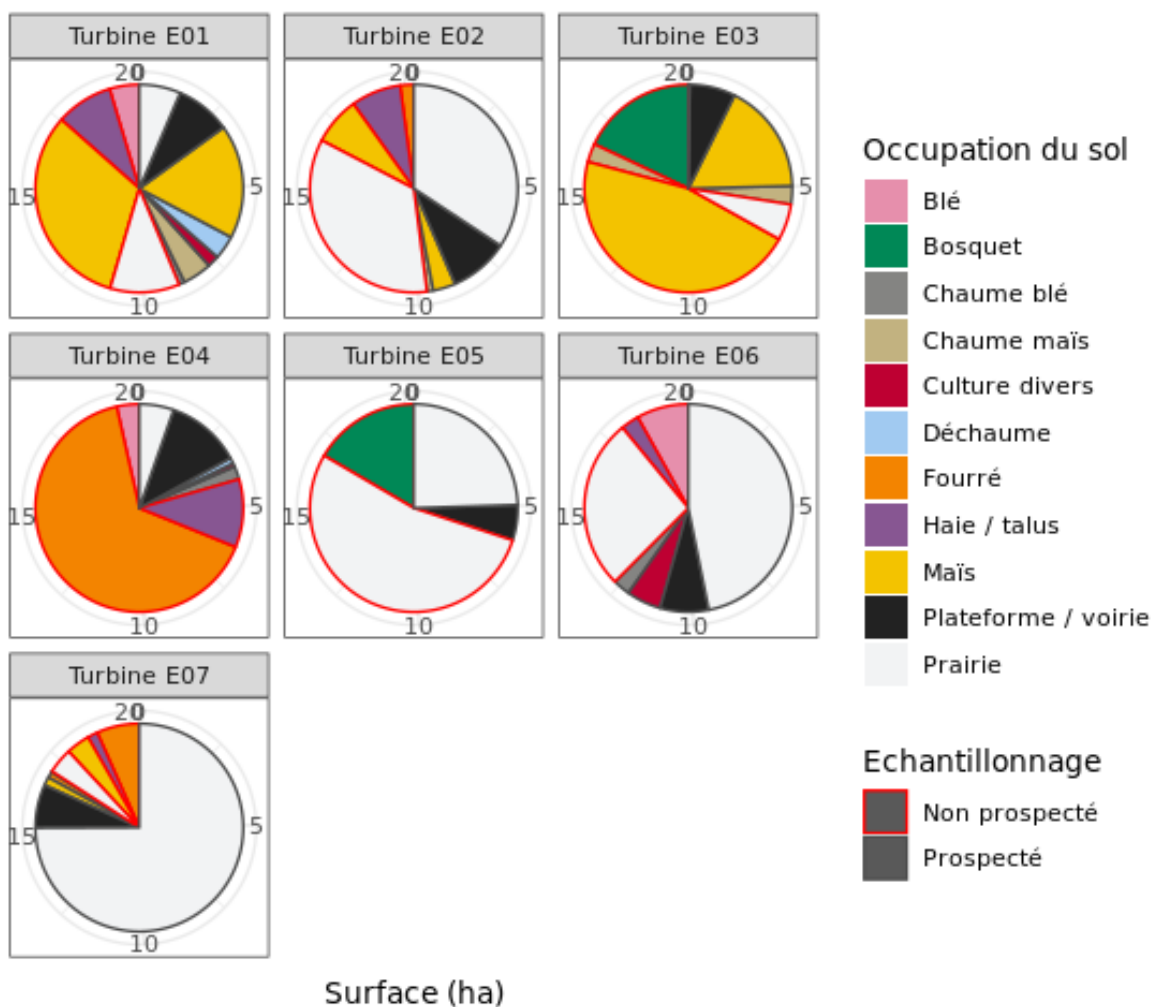


Figure 12 : Occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

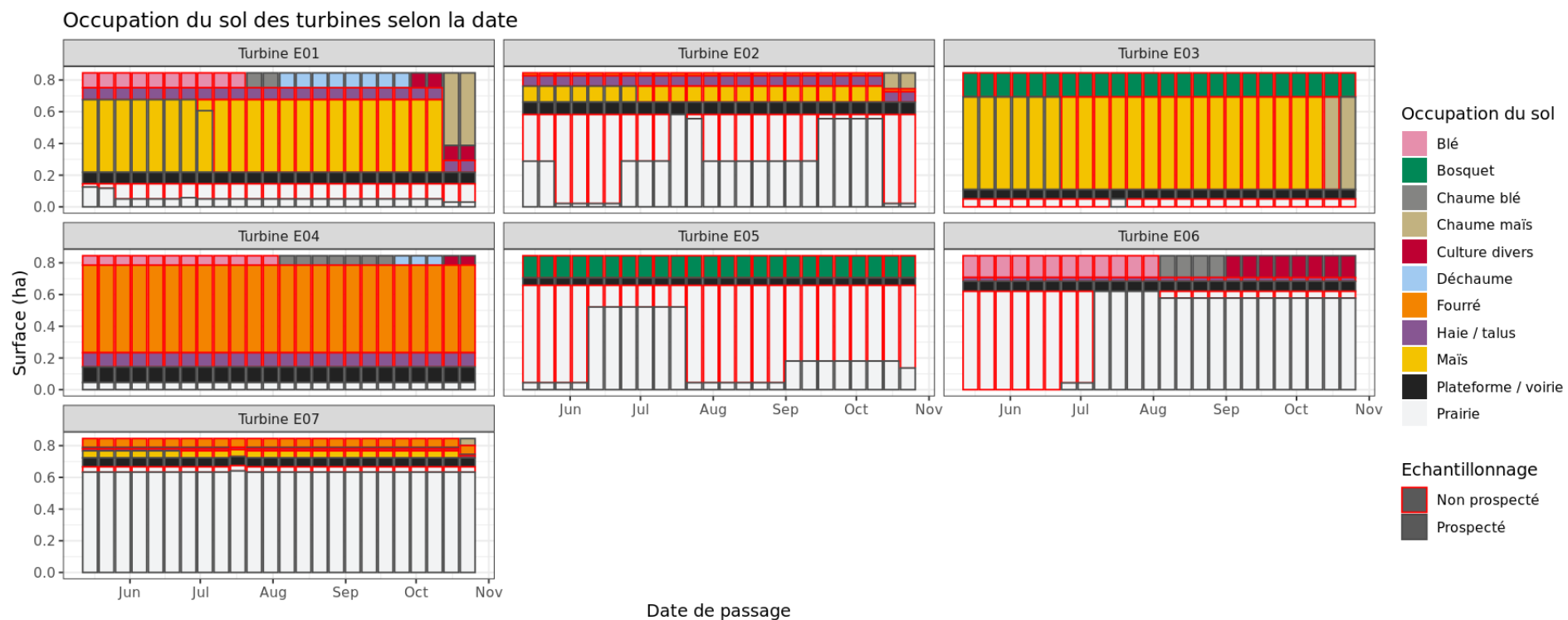


Figure 13 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi par passage par turbine

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

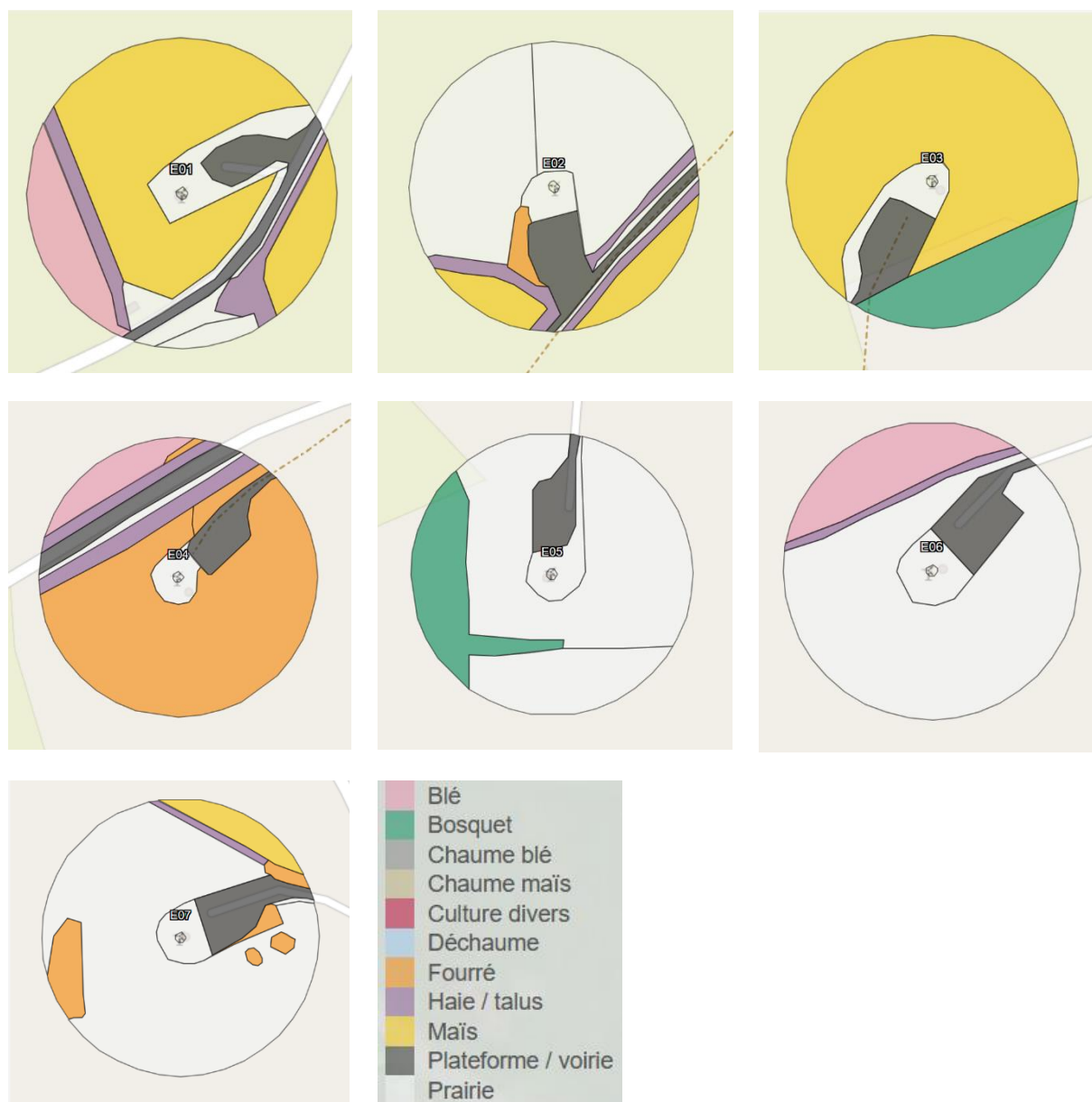


Figure 14 : Occupation du sol pour les éoliennes lors du premier passage le 15 mai 2020 (passage 1)

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.3.3 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.

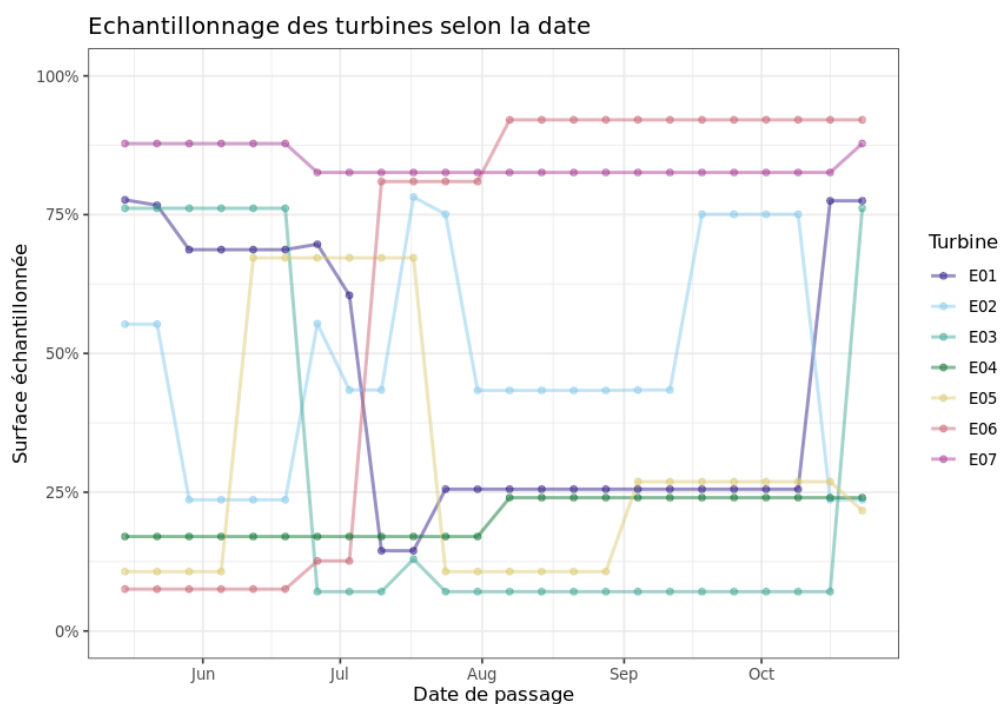


Figure 15 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. A gauche évolution du pourcentage de surface prospectée par passage.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

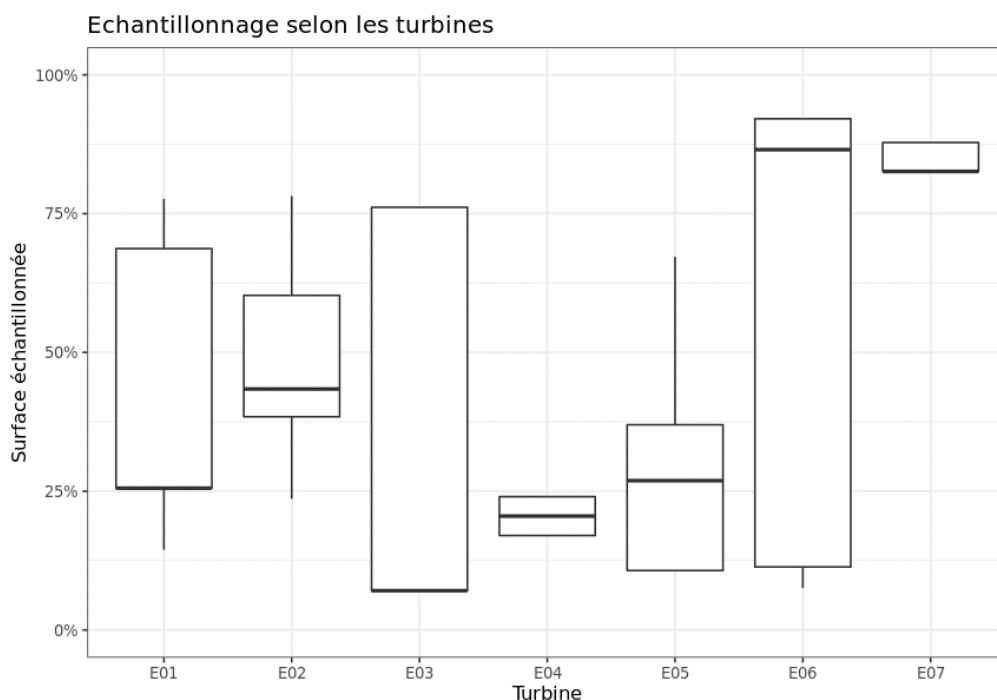


Figure 16 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. Synthèse (boite à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum).

2.3.4 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 ». 105 cadavres de jeunes rats soit 15 par éolienne (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 faites à 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.

2.3.5 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, 15 leurres par grand type d'habitat observé à chaque test ont été disposés aléatoirement (soit de 70 à 110 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 17 : 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	E05	E06	E07	Total
Occupations du sol								
Chaume blé				15				15
Culture divers						15		15
Déchaume	15							15
Maïs	15	2						17
Plateforme / voirie	10	12	7	6	8	5	4	52
Prairie	9	11		5	12	9	20	66
Hauteurs de végétation								
0	10			6			19	35
5		13	7		8	15		43
10	1	7				5		13
15	17	2		2	3			24
20				15	7	7		29
30	5						5	10
50	12	2		3	2	2		21
70	4	1						5
Dates de réalisation des tests								
26/06/2020	26	10	3	8	13	3	7	70
18/09/2020	23	15	4	18	7	26	17	110
Total	49	25	7	26	20	29	24	180

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.3.6 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 (3/24 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 6 catégories d'occupation du sol qui ont été testées ainsi que 8 hauteurs différentes de végétation.

Les transects circulaires à la corde n'ont pas été réalisés systématiquement sur certaines éoliennes au regard de la difficulté à mettre en œuvre ce protocole pour certaines d'entre elles : présence de haies, bétail, clôtures... Dans ce cas-là des transects linéaires non circulaires, espacés d'environ 5 mètres ont été réalisées.

2.4 Équipe de travail

La constitution d'une équipe pluridisciplinaire a été nécessaire dans le cadre de cette étude (Tableau 4).

Tableau 4 : Équipe de travail

Domaine d'intervention	Agents de Biotope
Contrôle qualité	Michaël GUILLON
Chef de projet Responsable du projet	Yvan BOUROLLEC
Chef de projet Rédaction de l'étude	Yvan BOUROLLEC / Michaël GUILLON
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères pour 21 passages sur 24	Yvan BOUROLLEC
Technicien suivi de mortalité suppléant Mise en place des tests Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères ponctuels (2 passages / 24)	Hugo TOUZE
Technicien suivi de mortalité suppléant Mise en place des tests Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères ponctuels (1 passages / 24)	Gaetan MINEAU

2

Synthèse et analyse des résultat

2 Synthèse et analyse des résultats

1 Résultats du suivi de mortalité

1.1 Résultats bruts

1.1.1 Données générales concernant les cadavres découverts

Au total, 3 cadavres ont été trouvés au sein du parc éolien de Saint-Servais, dont 1 oiseau (1 espèce) et 2 chauves-souris (1 espèce) entre le 15 mai 2020 et le 23 octobre 2020.

L'espèce d'oiseau retrouvée est le Martinet noir (1 individu), découvert le 31 juillet 2020.

Une seule espèce de chauve-souris a été retrouvée, il s'agit de la Pipistrelle commune avec 2 individus, retrouvés le 18 septembre 2020.

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

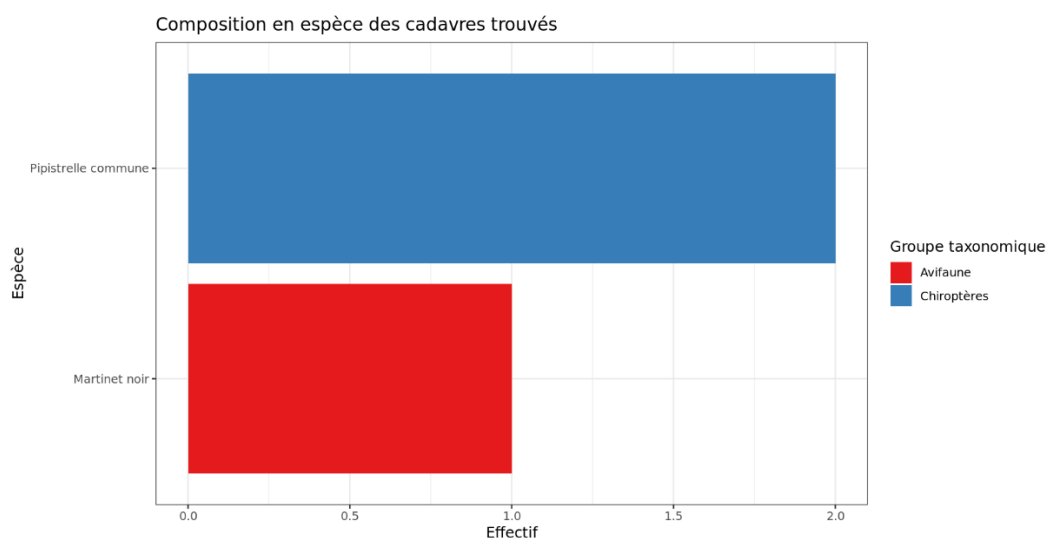


Figure 18 Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Saint-Servais

2 Synthèse et analyse des résultats



Figure 19 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts de Pipistrelle commune (E1, E7) et Martinet noir (E6) © Biotope

Au niveau phénologique, on remarque que :

- Le cadavre de Martinet noir a été observé sur le début de période postnuptiale : fin juillet à l'issue de la période de reproduction, en début de période de migration ;
- Les deux cadavres de chiroptères ont également été retrouvés sur la période de migration automnale en septembre. La période automnale correspond à la période de migration vers les sites d'hivernage pour les chauves-souris.

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

Plusieurs plumées de Pigeon ramier ont été également retrouvées, mais cela ne peut être imputé de manière certaine à l'activité des éoliennes donc ne sont pas prises en compte dans les résultats.

2 Synthèse et analyse des résultats

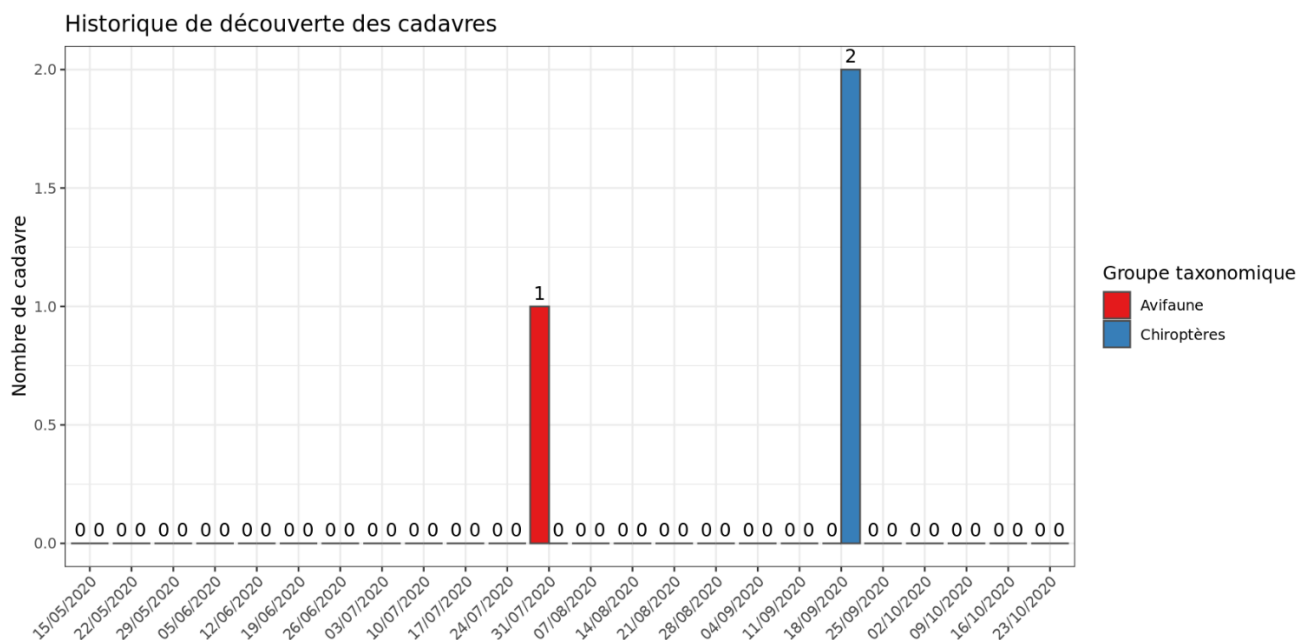


Figure 20 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Saint-Servais

1.1.2 Suivi par éolienne

L'analyse par éolienne montre que les cadavres ont été retrouvés sous trois (E01, E06, E07) des sept éoliennes avec une découverte pour chacune d'entre elles.

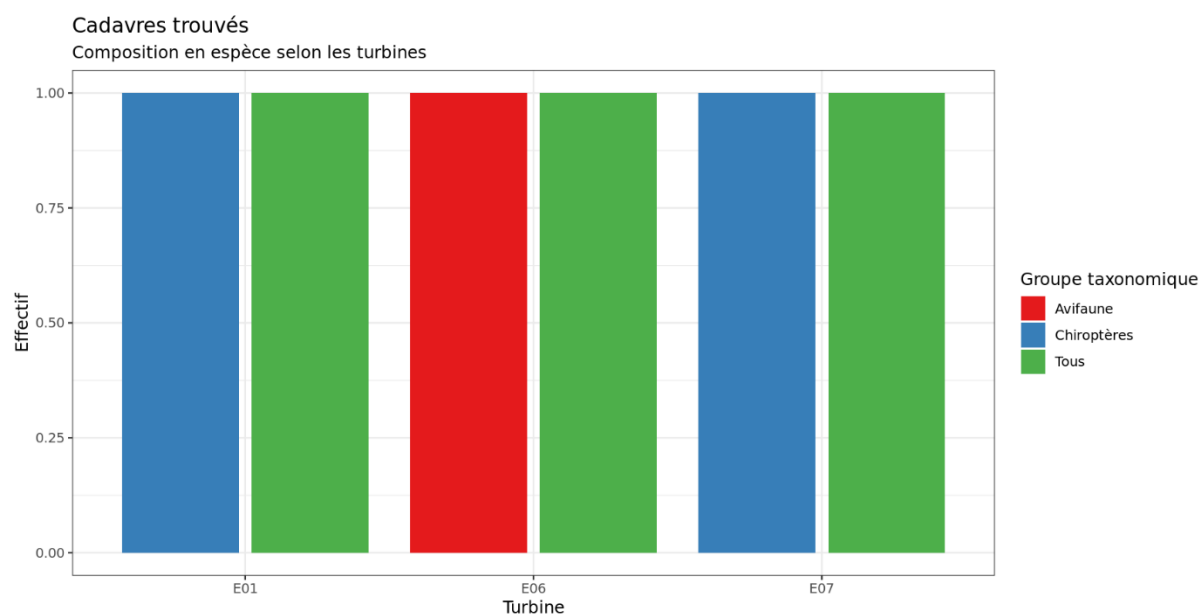


Figure 21 : Nombre de cadavres découverts par éolienne

2 Synthèse et analyse des résultats

Trois des sept éoliennes présentent des cas de mortalité observés aussi bien pour l'avifaune que pour les chiroptères. E06 présente une mortalité d'oiseau alors que E01, E07 présentent des mortalités de chauves-souris.

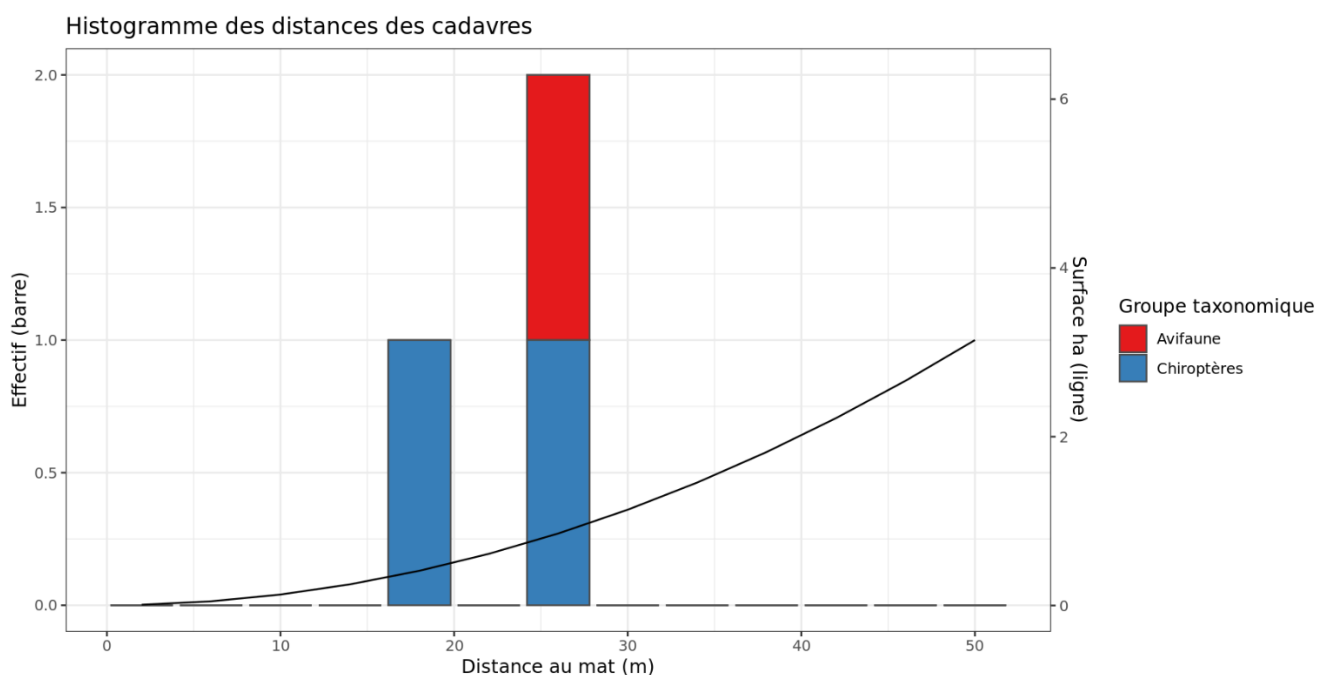
Les mortalités brutes recensées ne varient pas entre les éoliennes, avec 1 cadavre par éolienne et par groupe faunistique. La majorité des cadavres appartient au groupe des chiroptères (2 individus). 1 individu concerne les oiseaux. Sur la base des résultats bruts, les éoliennes E01, E06 et E07 ont les effectifs de mortalité les plus importants face aux autres machines.

1.1.3 Répartition spatiale des observations

Un individu de Pipistrelle commune et le Martinet noir ont été retrouvés à environ 27 mètres.

L'autre individu de Pipistrelle commune a été retrouvé à environ 17 mètres.

Les mortalités ont été constatées dans un rayon inférieur à 30 mètres.



Les découvertes ont été plus fréquemment réalisées dans un axe nord-ouest / Nord-Est.

2 Synthèse et analyse des résultats

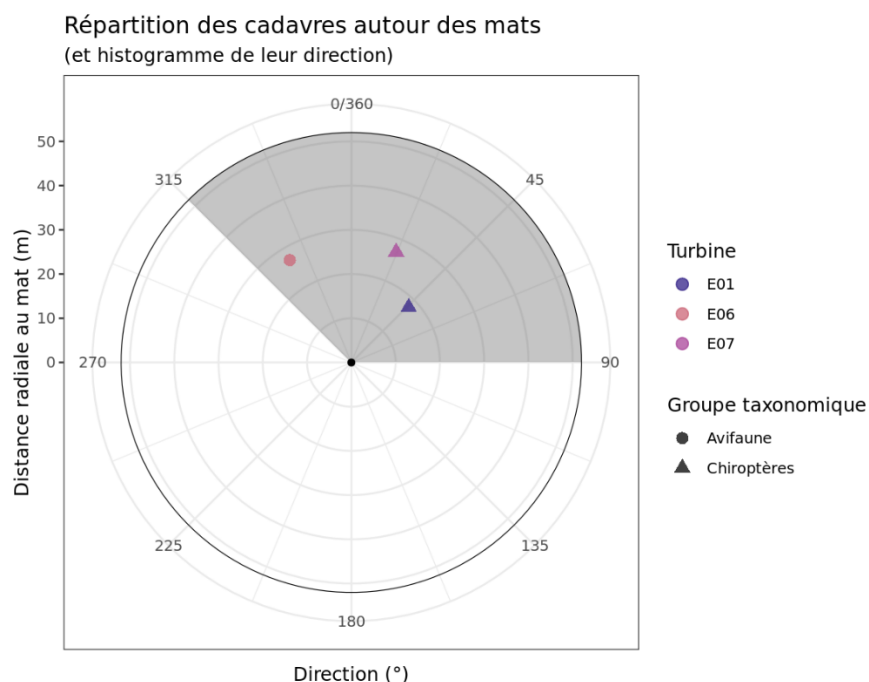


Figure 23 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation

1.1.4 Description des oiseaux retrouvés

1 individu de Martinet noir a été retrouvé et identifié sous les éoliennes du parc de Saint-Servais.

À titre de comparaison, la synthèse de données mise à disposition par Tobias Dürr (mise à jour le 02 septembre 2019) sur la mortalité de l'avifaune liée à l'éolien en Europe permet de faire un bilan des espèces les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle européenne.

On constate que le Martinet noir est une espèce fortement impactée par l'éolien en Europe et en France. En effet, sur les 288 espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité, le Martinet noir est la deuxième espèce la plus touchée en France, et la sixième en Europe.

Ces différentes données se basent sur des observations transmises. Elles permettent de comparer la mortalité observée sur le parc de Saint-Servais par rapport à celle observée 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 précise qui existe à ce jour.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 5 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 2 septembre 2019) des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe

Espèce/Pays	Rang Europe	Rang France	A	BE	CH	CZ	D	DK	E	FR	Saint-Servais	GR	NL	P	S	Total (hors Saint-Servais)
Martinet noir	7	2	14	4	1	2	153	1	75	122	1	2	5	18	3	400

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

Évaluation des enjeux

Le Tableau 6 présente les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux retrouvées sur le parc de Saint-Servais à l'échelle régionale, française et européenne.

Le Martinet noir n'est pas inscrit à l'Annexe I de la Directive Oiseaux.

Le Martinet noir a un statut « quasi menacé » sur la liste rouge des oiseaux nicheurs au niveau national. Au niveau régional, elles sont dans la catégorie « préoccupation mineure ». Cette espèce présente un enjeu patrimonial modéré.

Tableau 6 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Saint-Servais

Espèces	Protection nationale	Directive Oiseaux	Liste rouge Europe (2015)	Liste rouge France nicheur (2016)	Liste Rouge non nicheur -de passage (2011)	Liste rouge nicheur Bretagne (2015)	Liste rouge migrateur Bretagne (2015)	Espèces déterminantes Bretagne : Espèces nicheuses
Martinet noir	Article 3	/	LC	NT	DD	LC	DD	/

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

1.1.5 Description des chauves-souris retrouvées

2 individus de **Pipistrelle commune** ont été retrouvés morts sur le parc de Saint-Servais.

C'est une espèce assez sédentaire. Elles s'éloignent ainsi rarement de leurs domaines vitaux. Les individus touchés sont donc probablement issus de colonies locales, proches du parc éolien.

À titre de comparaison, la synthèse de données disponibles de Tobias Dürr (mise à jour le 2 septembre 2019) 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 ;

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 Saint-Servais 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 précise qui existe à ce jour.

Tableau 7 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 2 septembre 2019) 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	Saint-Servais	NL	PT	PL	RO	UK	Total (hors Saint-Servais)
Pipistrelle commune	1	1	2	28	6	5	16	720	211	979	2	15	323	3	6	46	2362
Pipistrelle indéterminée	5	3	8	2		102	9	91	25	303	0		128	2	48	12	733

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 au diagnostic réalisé en 2005, on constate que seule la Pipistrelle commune avait été identifiée ainsi que la Sérotine commune. D'autres espèces sont identifiées lors du suivi chauves-souris de 2013/2014, comme la Pipistrelle de Kuhl, la Barbastelle d'Europe, le Groupe des Murins, le Groupe des Oreillards. La méthodologie mise en place à l'époque du diagnostic (écoutes actives et captures à l'automne seulement) s'avère aujourd'hui obsolète et les données récoltées sont trop anecdotiques pour pouvoir être exploitées. Le suivi réalisé en 2013/2014 intègre des données récoltées (écoutes actives) sur les 3 périodes clefs de l'activité des chauves-souris (printemps, été, automne). En revanche aucun suivi en altitude n'a été réalisé. Il est donc possible que des espèces volant à hauteur de pale n'aient pas été détectées lors des inventaires. En effet, le suivi acoustique en altitude menée en parallèle de ce suivi (2020) a montré la présence en altitude de la Sérotine commune, la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Nathusius ainsi que le groupe d'espèces Pipistrelle de Kuhl/Nathusius.

La plupart des chauves-souris effectue des déplacements entre leurs gîtes estivaux et leurs gîtes d'hivernation, 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, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine bicolore (Hutterer et al. 2005). Ces espèces se reproduisent en Europe du nord et de l'est. Les jeunes naissent entre

2 Synthèse et analyse des résultats

juin et fin juillet et s'émancipent au bout de quelques semaines. On assiste donc à une migration automnale, dès le mois d'août, d'individus qui reviennent des sites de mise-bas du nord et de l'est de l'Europe pour venir s'accoupler et hiberner en Europe de l'ouest. Ces mouvements concernent essentiellement les femelles et les jeunes, à l'exception de la Sérotine bicolore où la majorité des données en période de migration concernent des mâles. Au printemps, les femelles retournent sur leur site de mise-bas. Des colonies de mise-bas sont également présentes en France, bien que rares. Cependant, cette rareté peut être liée à un manque de connaissances, de nouvelles colonies étant découvertes chaque année (ARTHUR & LEMAIRE, 2015).

La Noctule commune et la Pipistrelle commune font partie des espèces les plus impactées par les projets éoliens. 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 8 ci-dessous présente les statuts de protection et de conservation des espèces de chauves-souris retrouvées sur le parc de Saint-Servais à l'échelle de la France et de l'Europe. Toutes les espèces de chauves-souris sont strictement protégées en France et dans l'Union Européenne. La Pipistrelle commune est par ailleurs considérée comme patrimoniale en France car quasi menacée. Cette espèce présente un enjeu patrimonial modéré.

Tableau 8 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauve-souris touchées par le parc de Saint-Servais

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

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 (IUCN, 2012)

Liste rouge des espèces menacées en France, Mammifères de France métropolitaine (IUCN 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 nécessaire aux estimations de mortalités.

1.2.1 Résultats des tests de 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 9). 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 sont moyens à bons pour E6 et E7 (allant de 0,65 à 0,84), faibles pour E1 et E2 (0,42 et 0,48) et très faibles pour E3, E4, E5 (0,25 ; 0,21 et 0,31).**

Ceci est lié à une assez forte proportion, à certaines périodes, de parcelles non prospectables (hauteur de végétation, bétail...) pour des durées et des surfaces différentes suivant l'éolienne.

Tableau 9 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 24 passages

	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07
Quantile 2.5%	0,14	0,24	0,07	0,17	0,10	0,08	0,83
Premier quartile	0,26	0,38	0,07	0,17	0,10	0,11	0,83
Médiane	0,26	0,43	0,07	0,21	0,27	0,87	0,83
Moyenne	0,44	0,48	0,28	0,21	0,30	0,63	0,84
Moyenne pondérée	0,42	0,48	0,25	0,21	0,31	0,65	0,84
Troisième quartile	0,69	0,60	0,76	0,24	0,37	0,92	0,88
Quantile 97.5%	0,78	0,76	0,76	0,24	0,67	0,92	0,88

Coefficient de persistance (s)

Suite aux tests de persistance et aux analyses statistiques basées sur la sélection de modèles, nous avons retenu comme modèle le plus parcimonieux (AIC weight = 0.99): « **Persistance ~ Date + Eolienne + Date : Eolienne** ». Cela veut dire que la durée de persistance est variable entre les deux dates de test 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).

● *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 résultat

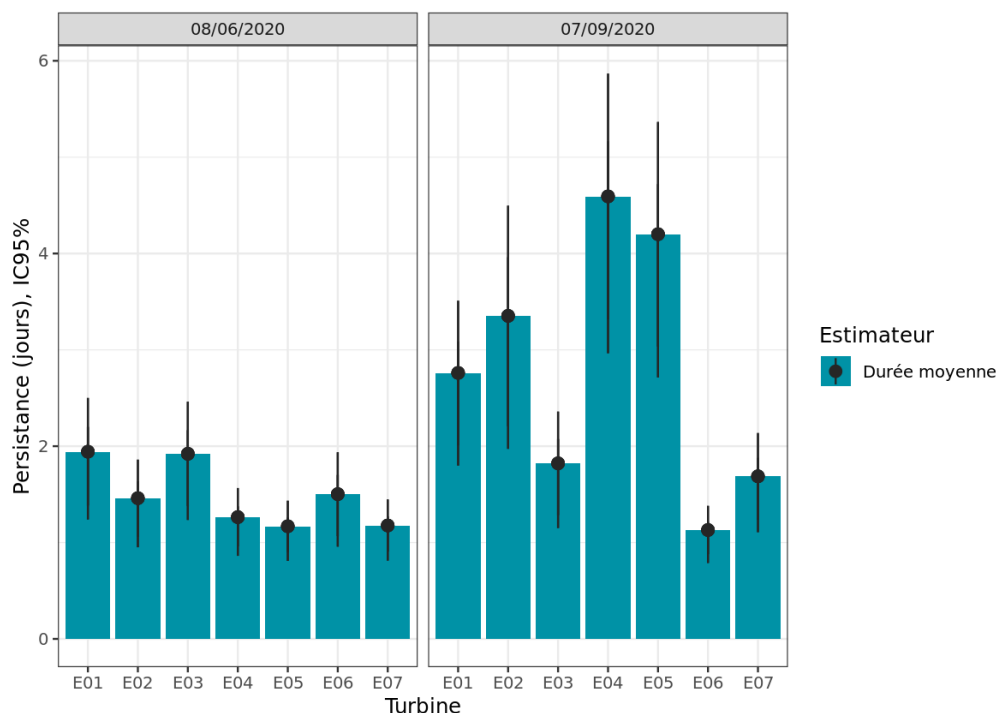


Figure 24 : Durées de persistance moyennes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédation (8 juin et 7 septembre 2020)

L'ensemble des éoliennes présente donc un temps moyen de persistance globalement proche de 1,5 jours lors du premier test réalisé début juin. L'intervalle de confiance moyen pour ce premier test est compris entre 1,1 jours et 1,9 jours. Lors du second test réalisé en septembre, le temps moyen de persistance a quasiment doublé avec une durée moyenne pour les sept éoliennes de 2,8 jours. L'intervalle de confiance moyen pour ce deuxième test est compris entre 2 et 3,6 jours.

Tableau 10 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les deux tests de persistance pour chacune des sept éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.

TurbID	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	Moyenne
Résultats du test du 08/06/2020								
Persistance moyenne	1,94	1,46	1,92	1,26	1,17	1,50	1,18	1,49
Intervalle de confiance à 95%	[1,39 ;2,50]	[1,06 ;1,86]	[1,38 ;2,46]	[0,96 ;1,57]	[0,90 ;1,43]	[1,07 ;1,93]	[0,91 ;1,45]	[1,09 ; 1,88]
Résultats du test du 07/09/2020								
Persistance moyenne	2,76	3,35	1,82	4,59	4,20	1,13	1,69	2,79
Intervalle de confiance à 95%	[2,01 ;3,51]	[2,21 ;4,50]	[1,29 ;2,36]	[3,32 ;5,87]	[3,04 ;5,37]	[0,88 ;1,38]	[1,24 ;2,14]	[2,00 ;3,59]

2 Synthèse et analyse des résultats

Coefficient d'efficacité de recherche (f)

À la suite des tests d'efficacité de recherche, les analyses statistiques basées sur la sélection de modèles n'ont pas permis de retenir un modèle du fait de l'absence de deux catégories d'occupation du sol non testées qui sont « Chaume maïs » et « Fourré ». Nous avons donc sélectionné le modèle complet « Trouve ~ OCS + Hmoy » pour réaliser les interpolations. Nous avons ensuite renseigné à dire d'expert les cas de figure manquants (extrapolations) en s'appuyant sur les observations (résultats des tests) et les prédictions du modèle (estimations et interpolations). Nous avons ainsi pu 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.

Les taux d'efficacité prédits des zones prospectées sont très variables en fonction du recouvrement végétal. Ils sont globalement bon (moyenne brute à 0,78) avec une gamme de valeurs allant de 0,49 au minimum (prairies semées de 80 cm de hauteur) à 1 au maximum (absence de végétation sur les cultures divers) suivant les milieux prospectés.

Tableau 11 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations, interpolations et extrapolation) par type d'occupation du sol pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi. En gras les cas de figure réajusté à dire-d'expert.

Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction	Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
Chaume blé 0cm	0,85 [0,59 ; 0,96]		Interpolation	Maïs 0cm	0,93 [0,64 ; 0,99]		Interpolation
Chaume blé 5cm	0,84 [0,58 ; 0,95]		Interpolation	Maïs 5cm	0,92 [0,64 ; 0,99]		Interpolation
Chaume blé 10cm	0,83 [0,56 ; 0,95]		Interpolation	Maïs 10cm	0,91 [0,64 ; 0,98]		Interpolation
Chaume blé 15cm	0,81 [0,55 ; 0,94]		Interpolation	Maïs 15cm	0,9 [0,64 ; 0,98]		Interpolation
Chaume blé 20cm	0,8 [0,52 ; 0,94]	0,8 [0,6 ; 1]	Estimation	Maïs 20cm	0,9 [0,64 ; 0,98]		Interpolation
Chaume blé 30cm	0,77 [0,47 ; 0,93]		Interpolation	Maïs 25cm	0,89 [0,63 ; 0,97]		Interpolation
Chaume blé 50cm	0,69 [0,32 ; 0,91]		Interpolation	Maïs 30cm	0,88 [0,63 ; 0,97]	1 [0 ; 0]	Estimation
Chaume blé 70cm	0,61 [0,18 ; 0,91]		Interpolation	Maïs 40cm	0,85 [0,61 ; 0,96]		Interpolation
Chaume maïs 15cm	0,81 [0,55 ; 0,94]		Extrapolation	Maïs 50cm	0,83 [0,57 ; 0,95]	0,86 [0,64 ; 1]	Estimation
Culture divers 0cm	1 [0 ; 1]		Extrapolation	Maïs 60cm	0,65 [0 ; 1]		Extrapolation
Culture divers 5cm	1 [0 ; 1]	1 [1 ; 1]	Estimation	Maïs 70cm	0,5 [0 ; 1]	0,5 [0 ; 1]	Extrapolation

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
Culture divers 10cm	0,95 [0 ; 1]		Extrapolation	Plateforme / voirie 0cm	0,8 [0,67 ; 0,89]	0,8 [0,6 ; 0,95]	Estimation
Culture divers 15cm	0,91 [0 ; 1]		Extrapolation	Plateforme / voirie 5cm	0,78 [0,65 ; 0,88]	0,78 [0,63 ; 0,93]	Estimation
Culture divers 20cm	0,88 [0 ; 1]		Extrapolation	Plateforme / voirie 10cm	0,77 [0,62 ; 0,87]	0,8 [0,4 ; 1]	Estimation
Culture divers 30cm	0,83 [0 ; 1]		Extrapolation	Plateforme / voirie 15cm	0,75 [0,59 ; 0,86]		Interpolation
Culture divers 50cm	0,65 [0 ; 1]		Extrapolation	Plateforme / voirie 20cm	0,73 [0,54 ; 0,86]		Interpolation
Culture divers 70cm	0,5 [0 ; 1]		Extrapolation	Plateforme / voirie 30cm	0,69 [0,45 ; 0,86]		Interpolation
Déchaume 0cm	0,95 [0,69 ; 0,99]		Interpolation	Plateforme / voirie 50cm	0,61 [0,26 ; 0,87]		Interpolation
Déchaume 5cm	0,94 [0,68 ; 0,99]		Interpolation	Plateforme / voirie 70cm	0,51 [0,12 ; 0,89]		Interpolation
Déchaume 10cm	0,94 [0,66 ; 0,99]		Interpolation	Prairie 0cm	0,81 [0,65 ; 0,91]	0,87 [0,67 ; 1]	Estimation
Déchaume 15cm	0,93 [0,64 ; 0,99]	0,93 [0,8 ; 1]	Estimation	Prairie 5cm	0,8 [0,65 ; 0,9]		Estimation
Déchaume 20cm	0,93 [0,62 ; 0,99]		Interpolation	Prairie 10cm	0,78 [0,65 ; 0,88]	0,75 [0,5 ; 1]	Estimation
Déchaume 30cm	0,91 [0,56 ; 0,99]		Interpolation	Prairie 15cm	0,77 [0,64 ; 0,86]	0,78 [0,44 ; 1]	Estimation
Déchaume 50cm	0,88 [0,42 ; 0,99]		Interpolation	Prairie 20cm	0,75 [0,63 ; 0,84]	0,71 [0,5 ; 0,93]	Estimation
Déchaume 70cm	0,83 [0,27 ; 0,99]		Interpolation	Prairie 25cm	0,73 [0,6 ; 0,83]		Interpolation
Fourré 30cm	0,49 [0,14 ; 0,84]		Extrapolation	Prairie 30cm	0,71 [0,57 ; 0,82]	0,78 [0,56 ; 1]	Estimation
				Prairie 35cm	0,69 [0,53 ; 0,81]		Interpolation
				Prairie 40cm	0,67 [0,49 ; 0,81]		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
				Prairie 45cm	0,65 [0,44 ; 0,81]		Interpolation
				Prairie 50cm	0,63 [0,39 ; 0,82]	0,57 [0,14 ; 0,86]	Estimation
				Prairie 60cm	0,58 [0,29 ; 0,82]		Interpolation
				Prairie 70cm	0,53 [0,21 ; 0,83]	0,67 [0 ; 1]	Estimation
				Prairie 80cm	0,49 [0,14 ; 0,84]		Extrapolation

2 Synthèse et analyse des résultats

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. Les éventuels cadavres découverts lors du premier passage ne sont pas comptabilisés (dans ce cas-ci aucune découverte au premier passage). Les observations faites au 1er passage concernent des cas de mortalité qui ne se sont pas produits pendant la période du suivi mais antérieurement à celui-ci. Ainsi, le 1er 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.

Tableau 12 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation

	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07
Probabilité détection P(s,f)							
Huso (2010)	0,26	0,24	0,22	0,27	0,24	0,14	0,16
Erickson et al. (2000)	0,27	0,25	0,22	0,28	0,25	0,15	0,16
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,17	0,16	0,11	0,22	0,18	0,06	0,07
Coefficient correcteur de surface a							
Taux surfaces prospectées pondérées par le temps	0,42	0,48	0,25	0,21	0,31	0,65	0,84
Probabilité globale de détection a x P(s,f)							
Huso (2010)	0,11	0,12	0,06	0,06	0,07	0,09	0,13
Erickson et al. (2000)	0,11	0,12	0,06	0,06	0,08	0,10	0,13
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,07	0,08	0,03	0,05	0,06	0,04	0,06

La probabilité de détection P(s,f) est faible de manière générale (entre 0.11 et 0.28 suivant les méthodes) et le coefficient surfacique (a) est très faible à bon également (entre 21 % et 84% de surfaces prospectées). Par la combinaison des deux, les probabilités globales de détection varient de 0.03 à 0.13, c'est à dire un facteur multiplicateur moyen de la mortalité observée allant respectivement de 7.4 à 36.4. **En ordre de grandeur, la mortalité probable de chaque éolienne est entre 7 et 36 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 à très faible). Les éoliennes E03 et E04 (voire E06 pour la méthode de Korner-Nievergelt) possèdent les plus faibles probabilités de détection globale, E01, E02, E05, E06 (pour Huso et Erickson) et E07 ont les probabilités de détection globale les plus fortes mais qui restent dans l'absolu faible également.**

Estimation de la mortalité pour l'avifaune

• Éolienne E06

C'est l'éolienne qui présente la seule découverte de cadavre (n=1) et la mortalité la plus probable la plus forte. Les estimations de mortalité selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E06 sont comprises entre 10 et 27 individus sur une période de 161 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 48 à 128 individus et minimum allant de 1 à 2 individus. L'observation a été réalisée le 31 juillet 2020.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 13 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Saint-Servais sur la période du suivi

Estimateurs	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	Total parc
Mortalité observée des oiseaux	0	0	0	0	0	1	0	1
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 25]	0 [0 ; 24]	0 [0 ; 52]	0 [0 ; 51]	0 [0 ; 38]	10 [1 ; 48]	0 [0 ; 21]	10
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	0 [0 ; 25]	0 [0 ; 23]	0 [0 ; 52]	0 [0 ; 49]	0 [0 ; 37]	10 [1 ; 48]	0 [0 ; 21]	10
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	0 [0 ; 40]	0 [0 ; 37]	0 [0 ; 101]	0 [0 ; 65]	0 [0 ; 51]	27 [2 ; 128]	0 [0 ; 53]	27

• Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est comprise entre 10 et 27 individus sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 1 à 2 individus au minimum et de 255 à 475 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude importante.

La seule observation a été réalisée sur une seule journée, le 31 juillet 2020.

L'éolienne E03 présente les plus fortes incertitudes à l'échelle du parc. E01, E02 et E07 présentent les incertitudes assez faibles sans observations. E06 est la seule éolienne à présenter une estimation de la mortalité la plus probable.

Synthèse des résultats du suivi de mortalité

Nombre d'individus morts au cours de la période d'étude (161 jours)

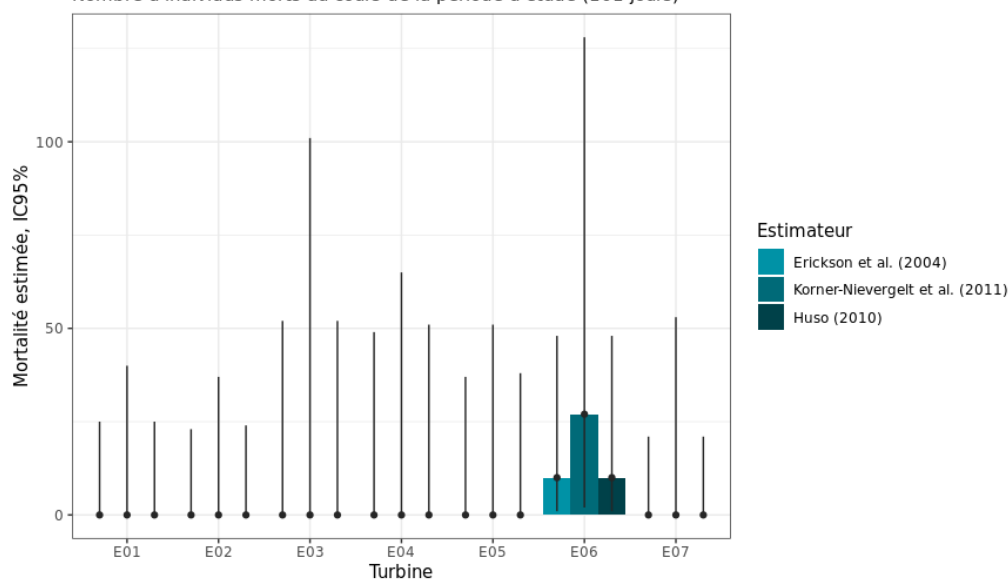


Figure 25 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Saint-Servais au cours du suivi de 2020 sur 161 jours.

2 Synthèse et analyse des résultats

Estimation de la mortalité des chiroptères

• Éolienne E01

Une seule découverte a été réalisée sur cette éolienne. Les estimations de mortalité selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E01 sont comprises entre 8 et 14 individus sur une période de 161 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 40 à 64 individus et un minimum de 1 individu. La seule observation de mortalité chauves-souris a été réalisée le 18 septembre 2020.

• Éolienne E07

Une seule découverte a été réalisée sur cette éolienne. Les estimations de mortalité selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E07 sont comprises entre 7 et 18 individus sur une période de 161 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 34 à 84 individus et un minimum de 1 individu. La seule observation de mortalité chauves-souris a été réalisée le 18 septembre 2020.

Tableau 14 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Saint-Servais sur la période du suivi

Estimateurs	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	Total parc
Mortalité observée des chiroptères	1	0	0	0	0	0	1	2
Huso (2010) [IC 95%]	8 [1 ; 40]	0 [0 ; 24]	0 [0 ; 52]	0 [0 ; 51]	0 [0 ; 38]	0 [0 ; 30]	7 [1 ; 34]	15
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	8 [1 ; 40]	0 [0 ; 23]	0 [0 ; 52]	0 [0 ; 49]	0 [0 ; 37]	0 [0 ; 30]	7 [1 ; 34]	15
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	14 [1 ; 65]	0 [0 ; 37]	0 [0 ; 101]	0 [0 ; 65]	0 [0 ; 51]	0 [0 ; 80]	18 [1 ; 84]	32

• Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 15 et 32 individus sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 2 individus au minimum et de 265 à 483 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude très importante.

Les 2 observations ont été réalisées sur une seule et même journée avec 2 découvertes le 18 septembre 2020 sur E01 et E07. L'incertitude est modérée sur ces deux éoliennes.

L'éolienne E03 présente les plus fortes incertitudes à l'échelle du parc. E02 présente des incertitudes assez faibles sans observations.

2 Synthèse et analyse des résultats

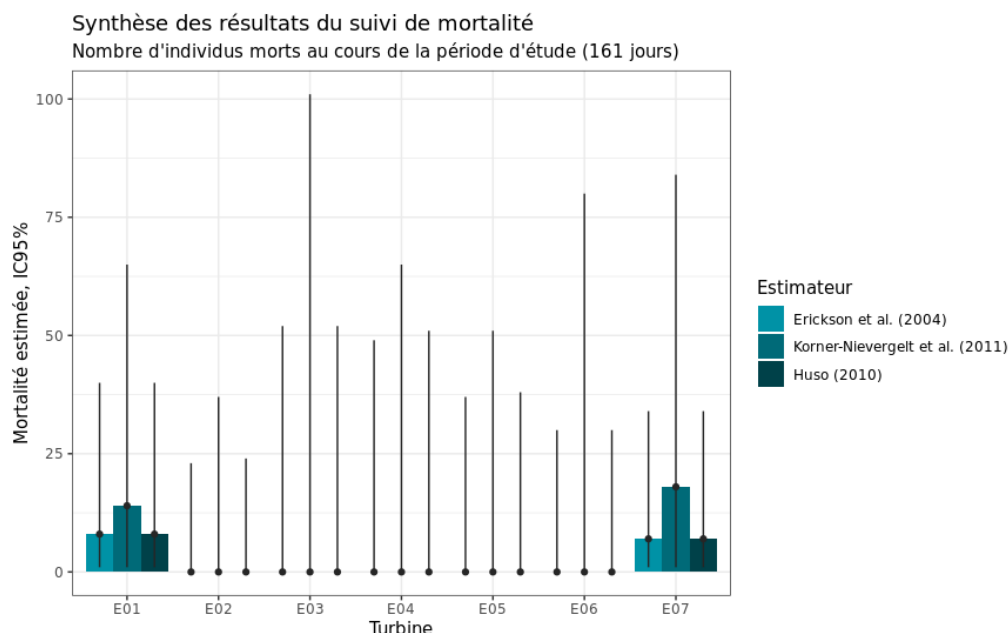


Figure 26 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Saint-Servais au cours du suivi de 2020 sur 161 jours

1.3 Synthèse du suivi de mortalité

Il s'agit ici du second suivi de mortalité réalisé sur le parc de Saint-Servais. Le premier suivi a été réalisé en 2015 (P.LUSTRAT). Le suivi en 2015 a été réalisé sur une période de 3 mois (douze passages) répartis sur les mois d'août, septembre et octobre, soit une période de suivi deux fois moins longue que le suivi 2020. Ce suivi a fait état de 2 découvertes de chauves-souris (Pipistrelle commune également) sous les éoliennes E02 et E04 à deux semaines d'intervalle (19 août et 4 septembre). Aucun cadavre d'oiseaux n'avait été découvert. Les estimations de mortalité les plus probables calculées dans cette étude sur les deux éoliennes avec découverte pour la période de trois mois variaient à l'échelle du parc entre 13,3 (méthode d'Erickson) et 45,7 (Méthode de Huso).

Le suivi réalisé en 2020, l'a été sur une période de 24 semaines (161 jours). Il a conduit à la découverte de 3 cadavres sur la période (1 oiseaux, 2 chiroptères). Les espèces concernées sont la Pipistrelle commune et le Martinet noir. Les éoliennes concernées sont E01 et E07 pour les deux Pipistrelles et E06 pour le Martinet noir. La cause de la mort des individus est imputable aux éoliennes, par collision avec les pâles au regard des plaies observées sur les individus. La distance des cadavres par rapport aux éoliennes est dans les trois cas inférieure à 30 mètres. Les deux Pipistrelles ont été retrouvées à 17 et 27 mètres. Le Martinet noir a été retrouvé à 27 mètres. Deux tests de persistance des cadavres ont été réalisés, avec l'utilisation d'un total de 210 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 1,17 jours (E05, premier test) à 4,59 jours (E04, second test). L'ensemble des éoliennes présente donc un temps moyen de persistance globalement proche de 1,5 jours lors du premier test réalisé alors que le temps moyen de persistance a quasiment doublé avec une durée moyenne pour les sept éoliennes de 2,8 jours.

Des estimations de la mortalité ont été réalisées pour les 7 éoliennes du parc, sur la durée du suivi (161 jours). La mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est comprise entre 10 et 27 individus sur la durée du suivi pour un cadavre découvert (une éolienne). En prenant les

2 Synthèse et analyse des résultats

incertitudes (IC 95%) cumulés pour les 7 éoliennes, les effectifs impactés sont compris entre 1 à 2 individus au minimum et 255 à 475 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude importante. La mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 15 et 32 individus sur la durée du suivi pour deux cadavres découverts (2 éoliennes). En prenant les incertitudes (IC 95%) cumulés des 7 éoliennes, les effectifs impactés sont compris entre 2 individus au minimum et 264 à 481 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude importante.

Aussi les découvertes « brutes », sont du même ordre que pour le précédent suivi réalisé en 2015 (P.LUSTRAT) avec deux découvertes de chauves-souris et concerne la même espèce sur une période plus courte. Les estimations sont également du même ordre de grandeur pour les chiroptères. La période de découverte est similaire avec des animaux retrouvés en période postnuptiale.

La corrélation des données de mortalité avec l'activité sur le site (écoute en nacelle E05) et les conditions météorologiques est présentée dans la partie suivante et peut permettre de dire si les mortalités observées sont associées à des pics d'activité des chauves-souris au cours de conditions météo favorables.

Ces chiffres semblent comparables 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 être 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 Saint-Servais en fonctionnement sur la conservation des espèces d'oiseaux et de chiroptères. On notera toutefois que le taux de mortalité estimé sur le parc semble comparable voire inférieur aux résultats fournis par la bibliographie et que la mise en place de mesures correctives pour les chiroptères ne semble pas nécessaire.

2 Synthèse et analyse des résultats

2 Facteurs d'impact et mesures correctives

2.1 Analyse croisée avec la bibliographie

2.1.1 Diagnostic avifaune 2014 (E.BARUSSAUD)

44 espèces sont mentionnées autour du parc éolien par cette étude, au cours d'un cycle biologique annuel.

Avifaune nicheuse

35 espèces sont mentionnées par l'étude en période nuptiale, dont 29 présentaient des indices de nidifications. Les espèces contactées sont représentatives des milieux bocagers. Parmi les espèces contactées, sont présentes, le Bruant jaune, l'Alouette lulu, l'Alouette des champs, le Bouvreuil pivoine, la Fauvette grisette, le Pouillot fitis, la Tourterelle des bois, le Tarier pâtre... Le Busard Saint Martin est également noté mais n'est pas considéré comme nicheur.

Avifaune en période internuptiale

34 espèces sont mentionnées en période inter nuptiale, dont 14 sur la période post-nuptiale et 18 en période prénuptiale. Le phénomène migratoire est considéré comme peu marqué, avec seulement quelques mouvements d'Hirondelle rustique.

Avifaune en période hivernale

17 espèces sont mentionnées en période hivernale. Quelques groupes de Vanneau huppé sont observés à proximité du parc.

2.1.2 Diagnostic chiroptérologique 2005 (BRETAGNE VIVANTE)

Un diagnostic chiroptérologique est réalisé en 2005 au niveau de la ZIP de Saint-Servais par Bretagne Vivante SEPNEB. La méthodologie employée est la réalisation de points d'écoutes (4 soirées) et la réalisation de capture (1 soirée). Au cours de ces inventaires, deux espèces sont identifiées de manière certaine, la Pipistrelle commune et la Sérotine commune. D'autres signaux non identifiables à l'espèce ont été notés : signaux du groupe Pipistrelle de Kuhl/Nathusius, et signaux du groupe des Murins.

En conclusion de ce rapport il est écrit que :

« la zone d'implantation pressentie révèle un intérêt mineur pour les chauves-souris au vu du nombre réduit d'espèces contactées (2 à 4), des densités d'animaux moyennement élevées dans un milieu aux habitats pourtant relativement diversifiés, au cours de cette période. L'impact de ces installations sera donc vraisemblablement d'autant plus minime que les chauves-souris sont apparemment peu nombreuses sur la zone d'implantation même des éoliennes, pourvu que les corridors boisés diversifiés sur de vastes surfaces soient maintenus sur le pourtour de la zone. Cela étant dit, l'inventaire n'a probablement pas été réalisé dans les meilleures conditions possibles et une étude étalée sur les différentes périodes d'activités des animaux (printemps, été et automne) permettrait sans doute de contacter d'autres espèces. »

2.1.3 Suivi chiroptérologique post implantatoire 2015 (AMIKIRO)

Un suivi post implantatoire est mis en œuvre en 2013 et 2014 par l'association AMIKIRO / Maison de la Chauve-souris. Ce suivi est dédié à l'évaluation de l'activité des chauves-souris au niveau du parc de Saint-Servais. Il ne prend pas partie de l'évaluation de la mortalité.

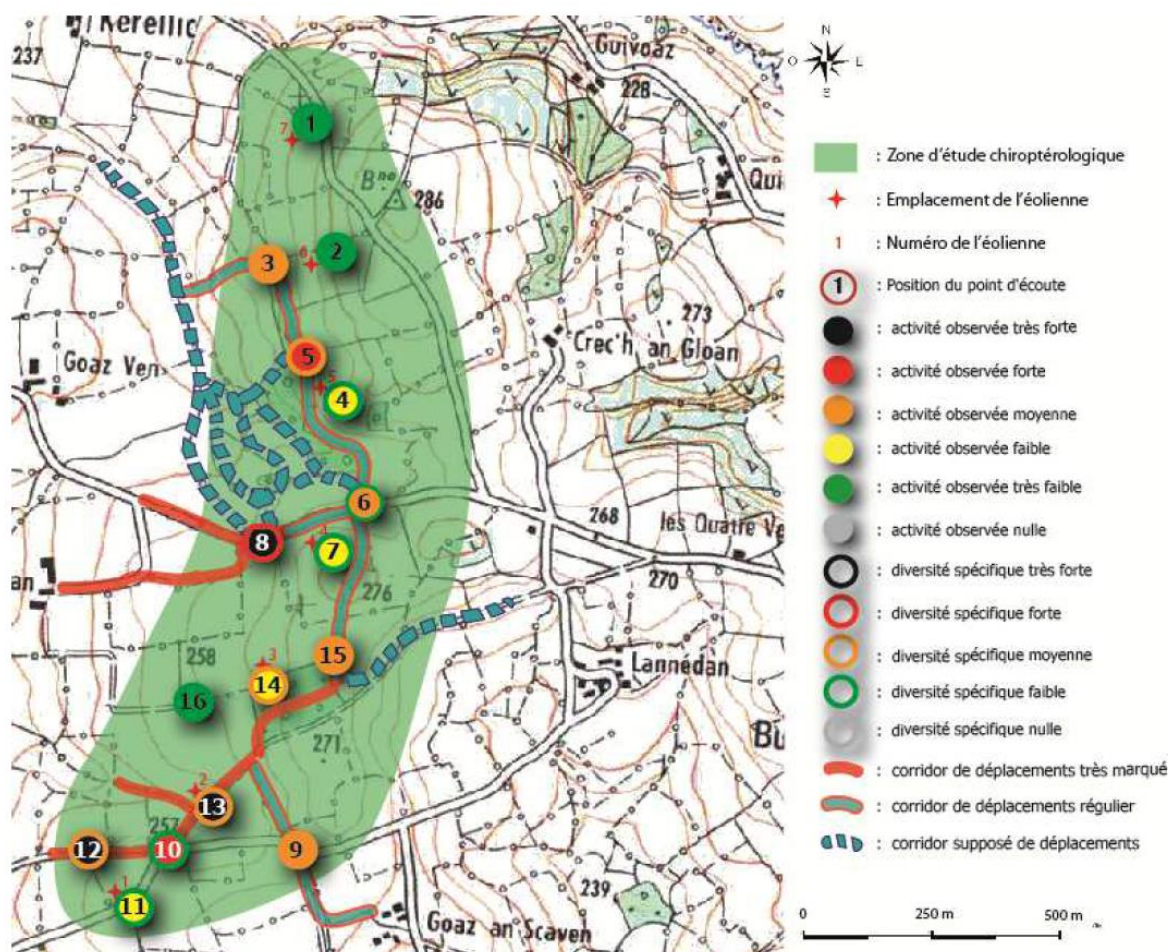
2 Synthèse et analyse des résultats

La méthodologie mise en œuvre est basée sur celle des points d'écoutes. 6 soirées sont réalisées à chaque période de l'activité biologique des chauves-souris (printemps, été, automne). 16 points d'écoutes sont répartis autour des 7 éoliennes entre avril et octobre.

Au cours de ce suivi, 3 espèces sont identifiées de manière certaine, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Barbastelle d'Europe. La Sérotine commune, contactée en 2005 n'est pas recontactée en 2013/2014.

D'autres signaux collectés ne peuvent être identifiés de manière certaine et rattachés à une espèce en particulier : signaux du groupe Murins, signaux du groupe Oreillards, et signaux du groupe Pipistrelles.

En terme d'activité l'étude conclue que « l'activité Chiroptérologique globalement observée en 2013 et 2014 sur le parc éolien de Saint-Servais est relativement importante (58 contacts/h). Celle-ci s'est en revanche manifestée de façon très irrégulière. En effet, 78% des contacts établis l'ont été au cours des seuls deux suivis automnaux. Etant donné l'importance du déséquilibre saisonnier constaté et le fait que celui concerne des espèces réputées non migratrices, il est probable que la zone d'étude, à l'exemption de certains secteurs, constitue un terrain de chasse secondaire pour les Chauves-souris. »



Ce suivi suggère aussi que l'éolienne E01 est celle qui présente le risque de collision le plus fort vis-à-vis des chiroptères au regard des différentes connexions avec des zones boisées proches.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.2 Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères

Rappels : Les enregistrements acoustiques en nacelle ont été réalisés au niveau de éolienne E05 entre le 14 mai et le 6 novembre 2020. Le nombre de nuits d'enregistrement des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de 177 nuits d'enregistrements exploitables.

2.2.1 Comparaison de la phénologie entre suivis mortalité et acoustique

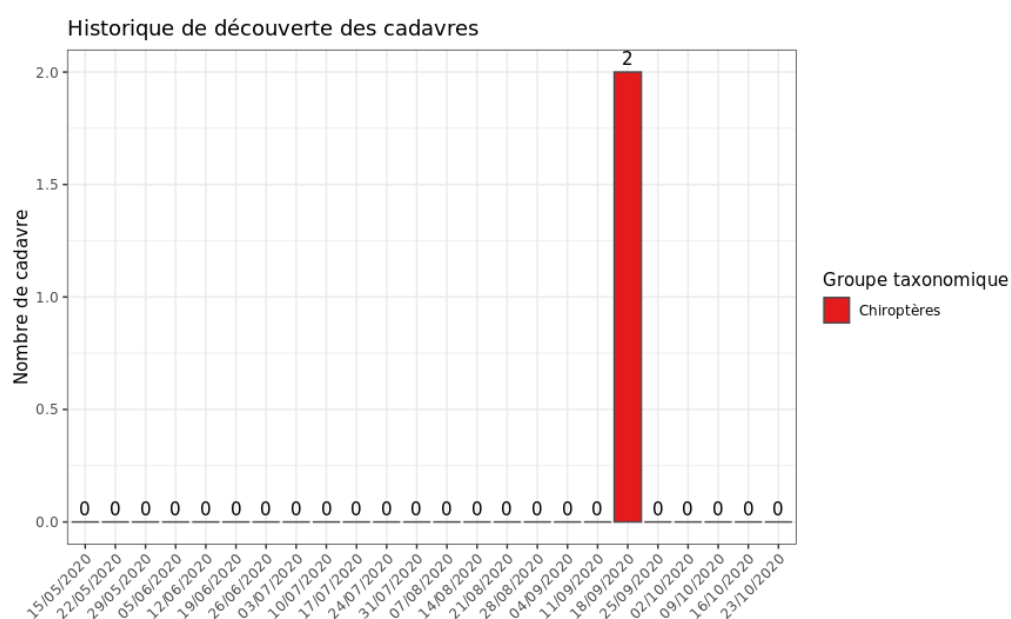


Figure 27 : Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Saint-Servais

Le nombre global de cadavres de chiroptères découverts durant le suivi de mortalité a été faible (n=2). Les découvertes se sont déroulées le même jour le 18 septembre 2020.

2 Synthèse et analyse des résultats

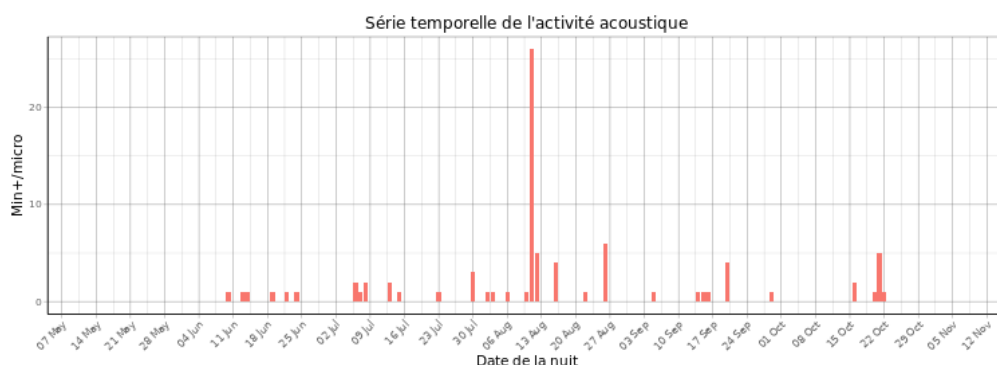


Figure 28 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E05 sur la période de réalisation du suivi mortalité

Pour le suivi de l'activité acoustique, on remarque une activité globale très faible avec un pic plus marqué sur la période estivale (mise bas et estivage).

Les découvertes ont été réalisées sous des éoliennes différentes de celle de l'enregistrement acoustique. La phénologie des découvertes de cadavres et celle de l'activité acoustique sont très difficilement comparable notamment par le faible effectif de cadavres découverts.

2.2.2 Comparaison des cortèges d'espèces détectées lors des suivis mortalité et acoustique

Pour le suivi de mortalité, les observations ont seulement concerné la Pipistrelle commune (n=2).

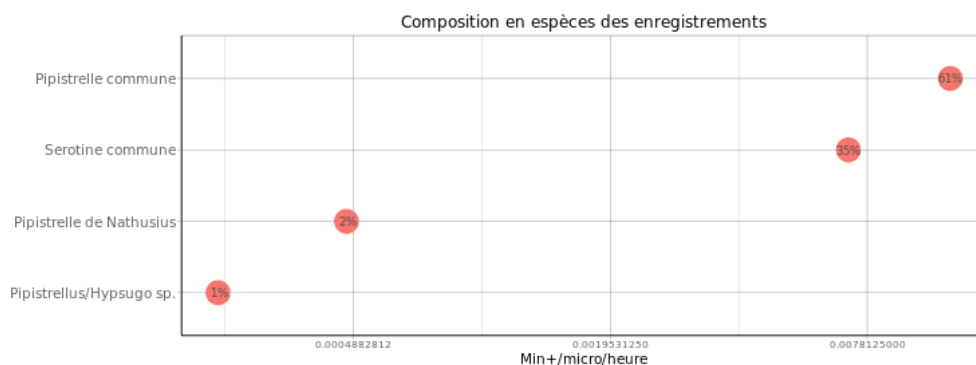


Figure 29 : Cortège d'espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle pour E05 sur la période de réalisation du suivi mortalité.

2 Synthèse et analyse des résultats

Pour le suivi acoustique, l'espèce la plus fréquemment contactée est également la Pipistrelle commune avec 61% des contacts pour E05. A noter l'activité significative de la Sérotine commune (35% des contacts). Seulement 3% des contacts ont été rattachés à la Pipistrelle de Nathusius.

La principale espèce découverte dans le cadre du suivi mortalité a également été détectée lors du suivi acoustique (Pipistrelle commune) et est l'espèce la plus fréquente. La Sérotine commune est assez fréquente en altitude (avec un pic au mois d'août 2020, cf. rapport acoustique en altitude) mais n'a pas été découverte lors du suivi mortalité.

2.2.3 Phénologie des contacts pour les espèces retrouvées lors du suivi mortalité

La Pipistrelle commune, a une activité assez lissée discontinue au cours de la période du suivi de mortalité, avec une activité plus importante ponctuellement (mi août).

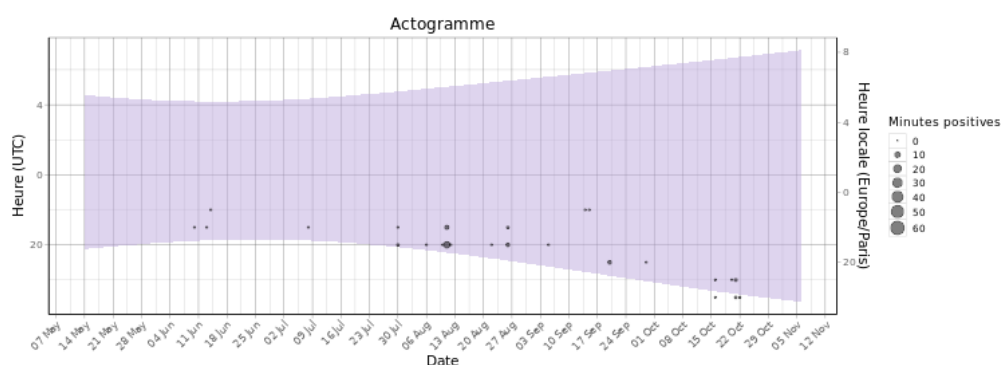


Figure 30 : Actogramme de la Pipistrelle commune pour E05 sur la période du suivi de mortalité

Le bilan de la phénologie des découvertes de cadavres est présenté dans le tableau ci-dessous (Tableau 15 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces).

Tableau 15 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces

Date	18/09	Total général
Pipistrelle commune	2	2

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

L'espèce découverte durant le suivi de mortalité correspondent à la principale espèce identifiée durant le suivi acoustique, la Pipistrelle commune. Une deuxième espèce, la Sérotine commune a également été bien détectée en altitude mais n'a pas été découverte durant le suivi de mortalité.

2 Synthèse et analyse des résultats

Au niveau de la phénologie, la découverte des cadavres ne coïncide pas bien avec l'activité acoustique des deux éoliennes.

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.

3 Conclusion et mesures correctives

Avec 2 individus de Pipistrelle commune et 1 individu de martinet noir, le suivi de mortalité réalisé en 2020 semble confirmé celui réalisé en 2015. Les taux de mortalité estimés (entre 10 et 27 individus pour l'avifaune et entre 15 et 32 individus pour les chiroptères) sur le parc semblent comparables ou inférieurs aux résultats fournis par la bibliographie aussi bien pour les chiroptères que pour les oiseaux et la mise en place de mesures correctives ne semble pas nécessaire.

Le suivi de l'activité acoustiques en nacelle montre que les populations concernées sont principalement locales (pas de pic d'activité en période de migration) et que **l'activité en altitude est qualifiée de très faible**.

Au contraire, le suivi chiroptère au sol mené en 2013/2014 a montré un cortège d'espèce plus important (5 espèces) qu'en altitude en lien avec leur écologie (espèce de bas vol) ou de l'utilisation du site (alimentation et transit) qui ne les expose pas à des hauteurs de vol importantes. L'ensemble de ces éléments conforte les résultats des estimations de mortalité qui conclut au **caractère non notable de l'effet du parc sur les chiroptères**.

Aussi **la mise en place de mesures correctives pour les chiroptères et les oiseaux ne semble pas nécessaire**.

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. Parthénopé, 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.

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT 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 16 : Résultats du suivi mortalité

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne
31/07/2020	E06	<i>Apus apus</i>	Martinet noir	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	25
18/09/2020	E07	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	En décomposition	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	25
18/09/2020	E01	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	En décomposition	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	15



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