



Parc éolien d'Espiers (28)

Suivi post-implantation 2019

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

08/12/2020

INFORMATIONS & CONTACTS ●●●

Parc éolien d'Espiers (28) Suivi post-implantation 2019

Étude réalisée pour : EDF Renewables

🏠 Agence de Béziers
Centre d'Affaires Wilson
1, carrefour de l'Hours CS 5002
34500 Béziers

👤 **Julie PASTOR**
Chargée d'affaires environnement
📞 04 67 62 77 64 / 06 34 78 66 44
@ julie.pastor@edf-en.com

Étude réalisée par : ÉCOSPHÈRE Agence Centre-Bourgogne

🏠 112 rue du Nécotin, 45000 ORLEANS
📞 02 38 42 12 90

Coordination	Elodie BRUNET <i>Chargée d'études flore, habitats naturels et zones humides</i>
Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT, Elodie BRUNET <i>Chargées d'études</i>
Suivi acoustique en nacelle	Guillaume MARCHAIS <i>Chargé de projets</i>
Analyses faunistiques	Léa BOUTAULT, Manon ACQUEBERGE, Guillaume MARCHAIS <i>Chargés d'études et de projet faune</i>
Cartographie des habitats naturels	Elodie BRUNET <i>Chargée d'études flore, habitats naturels et zones humides</i>
SIG et cartographie	Ulysse BOURGEOIS <i>Géomaticien</i>
Contrôle qualité	Guillaume VUITTON <i>Directeur de l'agence Centre-Bourgogne</i>

CONTEXTE ●●●

Le parc éolien d'Espiers est constitué de 5 éoliennes de type Nordex N117/3600. Il a été mis en service en septembre 2018. Le parc se situe sur les communes d'Ymonville et de Fresnay-l'Évêque dans le département de l'Eure-et-Loir (28), en contexte agricole.

Afin de se conformer à la réglementation ICPE, la société EDF Renewables souhaite faire réaliser les suivis post-implantation selon le protocole national réglementaire 2018.

Mission d'Ecosphère :

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

- Réaliser un suivi acoustique en altitude sur une éolienne durant 8 mois en continu ;
- Effectuer des recherches de cadavres ;
- Évaluer les impacts par collision ou barotraumatisme ;
- Réaliser un suivi de fréquentation l'avifaune, notamment ciblée sur la nidification de l'Œdicnème criard ;
- Proposer le cas échéant des mesures de réduction proportionnées.

SOMMAIRE

ANNEXE 3 : SYNTHÈSE DES CADAVRES DÉCOUVERTS LORS DU SUIVI DE MORTALITÉ 2019
53
ANNEXE 4 : RÉSULTATS DES ESTIMATIONS DE LA MORTALITÉ RÉELLE OBTENUS À PARTIR
54

INFORMATIONS & CONTACTS	2
CONTEXTE	2
SOMMAIRE	3
1. CADRE TECHNIQUE ET RÉGLEMENTAIRE D'UN SUIVI POST-IMPLANTATION	4
2. PRÉSENTATION DU PARC ÉOLIEN	5
2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ÉCOLOGIQUE	5
2.2 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU PARC ÉOLIEN	5
2.3 CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES ÉOLIENNES EN SERVICE	5
2.4 SITUATION ÉCOLOGIQUE ANTÉRIEURE AU PARC – RAPPEL DE L'ÉTUDE D'IMPACT ÉCOLOGIQUE (EIE)	5
3. MÉTHODES DE TRAVAIL	8
3.1 SUIVI DE MORTALITÉ DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX	8
3.2 SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE	14
3.3 SUIVI DE FRÉQUENTATION DE L'AVIFAUNE.....	15
3.4 MÉTHODE D'ÉVALUATION DES ESPÈCES FRÉQUENTANT LE PARC.....	16
3.5 MÉTHODE DE DÉFINITION DES IMPACTS ET DES MESURES DE RÉDUCTION ADAPTÉES AU PARC	18
3.6 IDENTIFICATION DES HABITATS	18
4. RÉSULTATS	19
4.1 CARTOGRAPHIE DES HABITATS	19
4.2 SUIVI DE MORTALITÉ.....	21
4.3 SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE	32
4.4 SUIVI DE FRÉQUENTATION DE L'AVIFAUNE.....	36
5. EVALUATION DES IMPACTS	40
5.1 ÉVALUATION DES RISQUES DE COLLISION SPÉCIFIQUES AU PARC D'ESPIERS	40
5.2 IMPACT INDIRECT DES ÉOLIENNES SUR LA FRÉQUENTATION DES HABITATS PAR LES CHIROPTÈRES ET LES OISEAUX	42
5.3 ÉLÉMENTS DE COMPARAISON AVEC L'ÉTUDE D'IMPACT (2014).....	43
5.4 EFFETS CUMULÉS	43
6. MESURES DE RÉDUCTION DES RISQUES DE COLLISION	44
6.1 PROTECTION DES CHAUVES-SOURIS FRÉQUENTANT LE PARC PAR UN BRIDAGE NOCTURNE DIFFÉRENCIÉ	44
6.2 CONTRÔLE DE L'ÉCLAIRAGE NOCTURNE	44
6.3 GESTION DES HABITATS AUTOUR DES ÉOLIENNES	45
6.4 RÉDUCTION DES TURBULENCES AUX ABORDS DES PALES	45
7. MESURES DE SUIVI	46
7.1 SUIVI DE LA MORTALITÉ.....	46
7.2 SUIVI DE LA NIDIFICATION L'ŒDICNÈME CRIARD.....	46
8. BIBLIOGRAPHIE	47
ANNEXE 1 : DATES DE PROSPECTION DU SUIVI DE MORTALITÉ	49
ANNEXE 2 : OCCUPATION DU SOL ET DÉTAIL DES SURFACES PROSPECTÉES PAR ÉOLIENNE AU	50



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

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

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

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

« - La décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution du projet mentionne :

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

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

Entre 2016 et 2017, ce protocole national s'est avéré inadapté à l'usage et généralisait des mesures qui n'avaient en fait de sens que pour certains parcs. Des travaux associant les administrations, les professionnels de l'éolien (FEE & SER), les associations de protection de la biodiversité (LPO & SFPEM) et le Muséum National d'Histoire Naturelle ont permis alors d'aboutir à un nouveau consensus. Sur cette base, une décision ministérielle a été publiée le **5 avril 2018¹ avec un nouveau protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres.**

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

préfectoraux ou si les premiers résultats des suivis de mortalité indiquent des niveaux de mortalité significatifs.

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

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

Tableau 1 : Période sur laquelle doit être effectué le suivi de mortalité de l'avifaune et le suivi d'activité des chiroptères en hauteur en fonction des enjeux (tiré du Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres. Révision 2018)

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

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

Dans le cas du parc éolien d'Espiers, le suivi ayant été contractualisé en février 2019 et débuté en avril 2019, les préconisations du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) s'y appliquent.

L'arrêté du 22/06/2020 modifiant l'arrêté du 26/08/2011 apportent des précisions quant aux exigences sur les délais de rendu des suivis post-implantation et les modalités de téléversement légales des données brutes collectées.

Il stipule également que ce suivi est renouvelé dans les 12 mois si 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.

¹ Décision du 5 avril 2018, NOR : TREP1807992S

2. PRÉSENTATION DU PARC ÉOLIEN

2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ÉCOLOGIQUE

Voir la carte « Localisation du parc éolien ».

Le parc éolien d’Espiers est situé sur les communes d’Ymonville et de Fresnay-l’Eveque, au sud-est du département de l’Eure-et-Loir (28) en région Centre-Val de Loire. Il se trouve à environ 25 km au sud-est de Chartres, et à 35 km au nord d’Orléans. Le parc est constitué de 5 éoliennes implantées en cultures.

Ce parc s’inscrit dans un contexte d’open-field, dominé par l’agriculture intensive. Il est longé à l’est par la RN154, une carrière en exploitation est également située au sud du parc. Deux bosquets se trouvent à environ 350 m au nord de l’éolienne 5 (au nord du parc), entre lesquels une parcelle est laissée en friche et dont la gestion doit permettre l’établissement de l’Édicnème criard (mesure engagée par EDF ER dans le cadre de l’étude d’impact)



Contexte écologique aux abords des éoliennes (L. Boutault - Ecosphère)



Friche en gestion au nord du parc éolien (L. Boutault - Ecosphère)

2.2 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU PARC ÉOLIEN

Le parc éolien d’Espiers est composé de 5 éoliennes mises en service en septembre 2018.

Caractéristiques du parc éolien d’Espiers

	Espiers
Date de mise en service	Septembre 2018
Modèle	Nordex N117/3600
Nombre d’éoliennes	5
Exploitant	SAS « Parc éolien d’Espiers »
Puissance cumulée	17,2 MW

2.3 CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES ÉOLIENNES EN SERVICE

Caractéristiques des éoliennes Nordex N117/3600

Hauteur du moyeu	91 m
Diamètre du rotor	117 m
Garde au sol	32,5 m
Zone de balayage du rotor	10 752 m ²
Puissance nominale	3,6 MW
Vitesse de connexion (cut-in wind speed)	3 m/s
Vitesse max d’arrêt (10 min en moyenne)	25 m/s
Vitesse de rotation maximale	14,1 tours/minute
Vitesse de rotation minimale	7,9 tours/minute

2.4 SITUATION ÉCOLOGIQUE ANTÉRIEURE AU PARC – RAPPEL DE L’ETUDE D’IMPACT ÉCOLOGIQUE (EIE)

Les conclusions présentes dans le résumé non technique de l’étude d’impact écologique réalisé en amont de la construction du parc ont pu être consultées. Une analyse de ce contenu de l’étude d’impact écologique datant de 2014 est réalisée conformément aux objectifs du suivi afin de pouvoir mesurer la conformité ou l’éventuel écart avec la situation écologique actuelle.

2.4.1 GÉNÉRALITÉ

L'EIE se base sur des inventaires de terrain réalisés entre 2005 et 2008, puis sur une seconde phase d'inventaires datant de 2013-2014. Les enjeux faune, flore et habitats ainsi que les enjeux fonctionnels y ont été évalués.

2.4.2 ENJEUX FLORE ET HABITATS

Les enjeux concernant la flore et les habitats naturels étaient considérés nuls. L'EIE fait état d'une diversité floristique faible, avec l'absence d'espèces protégées ou rares. Une espèce exotique envahissante (l'Ailante, *Ailanthus altissima*) est indiquée aux abords de la ZIP. Les habitats présents sont en très grande partie des milieux cultivés assortis à des habitats anthropisés.

2.4.3 ENJEUX FAUNE

Les enjeux concernant la faune étaient globalement faibles, parfois modérés.

2.4.3.1 L'Avifaune

Les enjeux concernant les oiseaux sont globalement faibles, avec une diversité spécifique restreinte.

La zone d'étude était fréquentée par le Busard Saint-Martin, la Bondrée apivore, l'Œdicnème criard, le Pluvier doré et le Vanneau huppé en période de migrations pré et postnuptiales. Les enjeux restent considérés comme faibles, certainement liés à des flux ou des effectifs restreints.

Les enjeux sont également faibles en hivernage, avec la présence du Busard Saint-Martin et du Vanneau huppé.

En période de reproduction, un enjeu moyen était donné à la zone d'étude pour :

- le Busard cendré et le Busard des roseaux, utilisant la zone d'étude comme territoire de chasse ;
- le **Busard Saint-Martin**, nicheur dans les 250 m autour de la Zone d'Implantation Potentielle (ZIP). L'enjeu était localisé au sud-ouest de l'aire d'étude, au lieu-dit « Sur le Chemin de Villermont », correspondant au sud-ouest de l'éolienne E1 actuellement ;
- l'**Œdicnème criard**, nicheur dans la ZIP. L'enjeu était localisé au sud-ouest et au centre de l'aire d'étude, aux lieux-dits « Sur le Chemin de Villermont » et « la Bretelle », correspondant au sud-ouest de l'éolienne E1 et au centre du parc actuellement.

Les zones de reproduction du Busard Saint-Martin et de l'Œdicnème criard sont dépendantes de l'assolement, pouvant varier d'une année à une autre. La localisation précise des sites de reproduction est donc variable selon les années. Ces espèces restent néanmoins attachées à un secteur donné, leur déplacements interannuels se faisant en fonction du type de cultures présent.

2.4.3.2 Les chiroptères

La description des chiroptères est limitée, avec des enjeux faibles notés pour 5 espèces ou groupes d'espèces (Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Pipistrelle de Kuhl/Nathusius, Murin indéterminé, Sérotine commune), et **un enjeu modéré pour 1 espèce, la Noctule commune.**

Les enjeux pour les chiroptères étaient localisés au niveau du Bois de la Picharderie, utilisé comme territoire de chasse et situé à l'ouest du parc.

2.4.3.3 Autre faune

Les autres groupes faunistiques (amphibiens, reptiles, mammifères terrestres, insectes) présentaient un **enjeu nul** dans la zone d'étude.

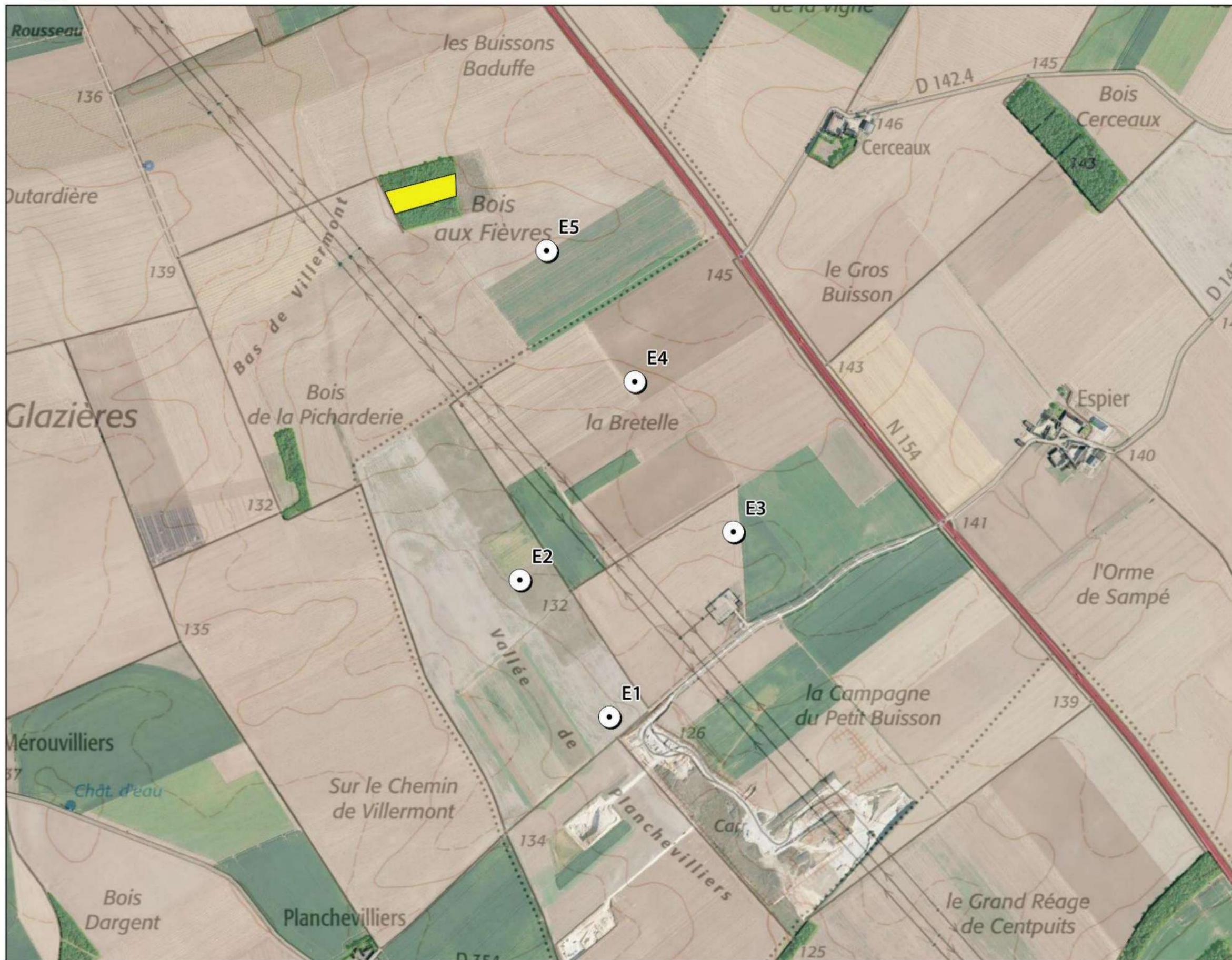
2.4.4 ENJEUX FONCTIONNELS

Les enjeux fonctionnels précisés par l'EIE concernent :

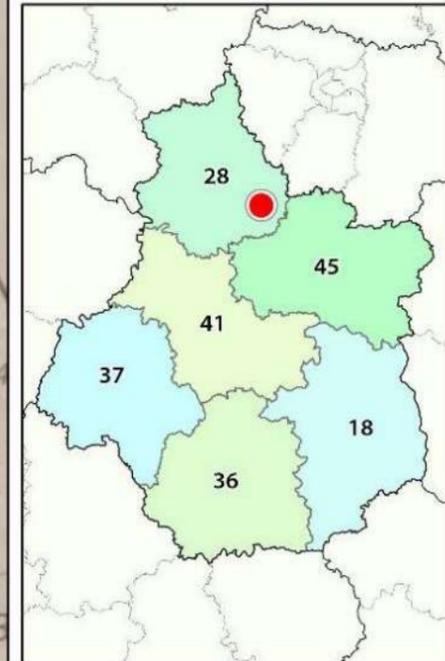
- pour les chiroptères : le Bois de la Picharderie comme territoire de chasse, les habitations (fermes et hameaux alentours) comme gîtes potentiels, et des axes de transit entre ces différents secteurs (axe orienté nord-est/sud-ouest au sud longeant la carrière, entre le Bois de la Picharderie et Mérouvilliers) ;
- pour l'avifaune : l'ensemble de la zone d'étude constituée de cultures, où les espèces à enjeux sont susceptibles de se déplacer pour l'alimentation (Busards Saint-Martin, des roseaux et cendré, Œdicnème criard), ou comme zone de halte (Pluvier doré, Vanneau huppé).

2.4.5 SYNTHÈSE

La ZIP s'inscrit dans un contexte d'agriculture intensive, très anthropisé, dans lequel les fonctionnalités et la diversité écologique sont limitées.



- Eolienne
- Friche conventionnée



N

0 250 500

Mètres

Ecosphère, EDF Renouvelables, février 2020

Source : Fond Scan 25 et BD ORTHO - IGN ©

3. MÉTHODES DE TRAVAIL

3.1 SUIVI DE MORTALITÉ DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX

3.1.1 PRESSION D'ÉCHANTILLONNAGE

3.1.1.1 Éoliennes suivies

Les 5 éoliennes du parc, se trouvant toutes dans un contexte agricole de cultures intensives, ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un protocole standardisé conforme au protocole ministériel de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres en vigueur depuis avril 2018.

3.1.1.2 Calendrier du suivi

Les préconisations du Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) recommandent 20 passages au minimum par éolienne par an (cf. partie 1). EDF Renouvelables a souhaité réaliser plus de passages que le protocole national. Ainsi, conformément au CCTP, un total de 45 passages a été réalisé pour chaque éolienne. Ces passages sont répartis de début avril à fin octobre comme suit :

- 1 passage tous les 7 jours de début avril à fin juillet ;
- 2 passages tous les 3 ou 4 jours de début août à fin octobre.

Le suivi de la mortalité a ainsi été réalisé sur la quasi-totalité de l'année, à l'exception de la période hivernale, et couvrant 3 périodes d'activité faunistique distinctes :

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

La fréquence des passages a été constante au cours de l'année (**intervalle moyen entre chaque passage = 7 j en première période ; 3,5 j en deuxième période ; soit 4,8 j sur la globalité du suivi**).

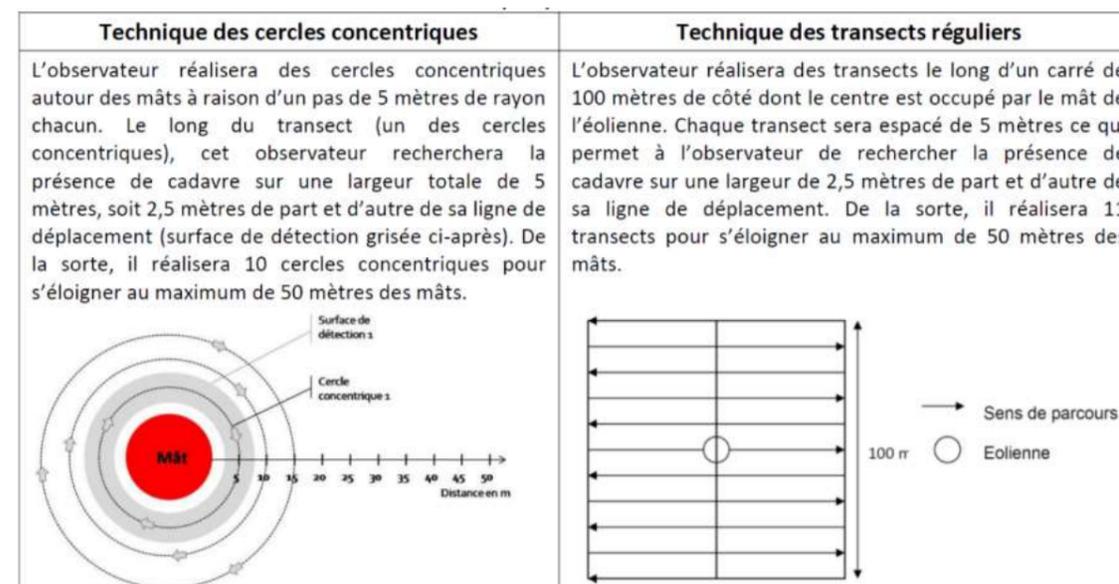
Le détail des dates de suivi est présenté en annexe 1.

3.1.2 RECUEIL DES DONNÉES BRUTES DE MORTALITÉ

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

3.1.2.1 Méthode pour la recherche des cadavres et surfaces prospectées

Il existe deux méthodes de travail équivalentes qui dépendent pour partie des caractéristiques du terrain (arbres, haies...) : **les cercles concentriques** ou **les transects**. Les deux méthodes sont équivalentes, mais **la même méthode a été appliquée tout au long de la démarche**.



Conformément aux recommandations formulées par Eurobats (Rodrigues *et al.*, 2014) et du protocole de suivi environnemental actuellement en vigueur, dans le cas de machines présentant des pales de longueur supérieure à 50m, les prospections se sont faites dans un rayon équivalent à la longueur des pales autour des mâts des machines. **Pour le parc éolien d'Espiers, les prospections se sont donc effectuées dans un rayon de 60 mètres autour des mâts des machines.** D'après la bibliographie, une majorité des cadavres tombe dans un rayon de 50 m autour des mâts (GRÜNKORN *et al.*, 2005 ; BRINKMANN *et al.*, 2011), s'agissant du rayon minimal à suivre.

Cette surface a été prospectée en réalisant des transects autour des mâts des éoliennes suivies. Chaque transect est espacé de 5 mètres ce qui permet à l'observateur de rechercher la présence de cadavre sur une largeur de 2,5 mètres de part et d'autre de sa ligne de déplacement. En effet, Arnett *et al.*, (2005) ont démontré que l'efficacité chute fortement au-delà d'une distance de 3 mètres. De la sorte, l'observateur a réalisé 12 transects pour s'éloigner au maximum de 60 mètres des mâts. Précisons que ces itinéraires ont été réalisés d'un pas lent et régulier pour une détectabilité optimale et au moins une heure après le lever du soleil, pour minimiser l'impact de la prédation diurne, et quand les conditions lumineuses sont suffisantes.

Si le suivi direct de la mortalité se révèle pertinent pour évaluer les effets d'un parc, il peut s'avérer extrêmement difficile voire impossible dans les cas où le couvert végétal est trop dense (Cornut & Vincent, 2010). Durant la période échantillonnée, les surfaces prospectables ont varié selon l'assolement autour des éoliennes (blé, colza, exploitant en activité dans les parcelles, ...). Le tableau suivant décrit les 3 classes de végétation utilisées pour définir les niveaux de visibilité. A chaque passage

le niveau de visibilité a été renseigné sur chaque parcelle ou habitat. **Une estimation de la surface prospectée autour des machines a ainsi été calculée pour chaque visite** à partir de la cartographie des habitats sous SIG. Ces données sont ensuite intégrées dans le calcul des taux de détection afin d'interpréter correctement les résultats.

Classes de végétation relevées sur le terrain

Classe de végétation	Type de végétation	Suivi de mortalité
Classe 1	Végétation haute et dense, sans visibilité au sol => cultures	Visibilité nulle ou mauvaise = non prospectée
Classe 2	Végétation recouvrante mais de hauteur faible à moyenne ou végétation peu couvrante mais pouvant être haute => friches, sarrasin	Visibilité moyenne = prospectée
Classe 3	Végétation de faible hauteur, peu couvrante à absence de végétation => plateformes, chemins, labours, céréales moissonnés	Visibilité bonne = prospectée

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



Classe de visibilité 3 (bonne) ; labour fin avec semis (E. Brunet – Ecosphère)



Classe de visibilité 2 (moyenne) ; labour hétérogène d'ancienne culture de maïs (L. Boutault – Ecosphère)



Classe de visibilité 1 (nulle) ; cultures à végétation dense (pois à gauche, maïs à droite) (L. Boutault – Ecosphère)

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

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

3.1.2.2 Identification des espèces

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

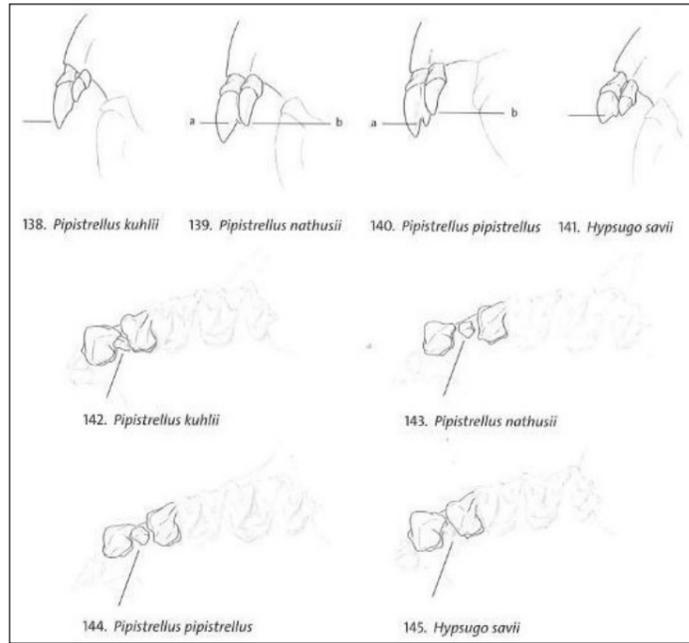
Dans ce cadre, la prise des différentes mesures biométriques nécessaires à l'identification n'est généralement possible qu'avec une manipulation du cadavre de chauve-souris, voire son prélèvement pour l'observation et les mesures de la dentition sous loupe binoculaire. S'agissant d'espèces protégées, **une demande de dérogation pour la capture ou l'enlèvement de cadavres de chiroptères protégés au niveau national a été faite et obtenue auprès de la Direction Départementale des Territoires d'Eure-et-Loir (Cerfa 13616-01).**

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

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

- La clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe, par Dietz & von Helversen (2004) ;
- La clé morphologique et la clé des crânes présentes dans le guide : Mammifères de Suisse : clés de détermination, détermination par Marchesi *et al.* (2011).

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



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

3.1.3 ESTIMATION DE LA MORTALITÉ RÉELLE À PARTIR DES DONNÉES BRUTES

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

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

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

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

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

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

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

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

En effet, certaines espèces, même en bon état de conservation, sont difficilement identifiables avec certitude sans la dentition, en raison d'un haut degré de variabilité intraspécifique, comme c'est tout particulièrement le cas pour le genre *Pipistrellus*. L'identification de l'espèce s'effectue en mesurant les rangées dentaires (de la canine à la 3^{ème} molaire) et la distance entre la 1^{ère} et la 3^{ème} molaire, puis en vérifiant les autres critères, discriminants (présence/absence de protoconule, de métalophe/paralophe) et distinctifs (matrice présente dans la clé des crânes, Marchesi et al. (2011)). **Dans le cas présent, aucun cadavre de chiroptère n'a été recensé sur le parc d'Espiers, ne nécessitant pas d'identification.**

Pour les oiseaux, les ouvrages suivants ont été consultés :

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

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

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

3.1.3.1 Paramètres et biais pris en compte

❖ Ajustement de la surface réellement contrôlée (a)

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

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

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

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

La formule développée par Arnett *et al.* (2005) tient compte de la proportion des surfaces inspectées par rayon et de la répartition spatiale des cadavres. Elle s'exprime de la façon suivante :

$$A = \frac{\sum_{k=1}^7 \frac{C_k}{P_k \cdot S_k}}{\sum_{k=1}^7 \frac{C_k}{P_k}}$$

Avec :

Sk : la proportion du cercle concentrique k prospecté

Ck : le nombre de cadavres comptés sur le cercle concentrique k

Pk : la probabilité de détection, ou efficacité de l'observateur (ici notée d)

La valeur minimale de A est 1 (prospection complète et homogène) et son maximum est défini par la partie supérieure de la formule (la somme de Ck / (Pk * Sk)).

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

Dans le cas de cette étude, l'utilisation de l'application « EolApp »² (détaillée ci-après) ne nécessite pas directement les résultats de ces calculs mais se base sur la moyenne des surfaces prospectées tout au long du suivi ou durant une période considérée.

² <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>

❖ Taux de persistance journalière des cadavres (p)

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

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

Le taux d'enlèvement équivaut à la proportion de dépouilles qui demeurent durant l'intervalle compris entre deux recherches (Cornut et Vincent, 2010). Des tests de disparition de cadavres peuvent ainsi être effectués sur le terrain et d'après les recommandations d'Eurobats (Rodrigues *et al.*, 2014), il faudrait procéder à des tests au moins 4 fois par an pour tenir compte des variations de hauteur de végétation dans la zone contrôlée. Idéalement, chaque test dure 10 jours consécutifs³.

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

Dans le cadre de cette étude, et en accord avec les recommandations du protocole de suivi environnemental, un test de persistance a été effectué à deux reprises. Le premier test a eu lieu au printemps (date de dépose des cadavres : 08/04/2019), le second en fin d'été (date de dépose des cadavres : 02/09/2019).

Le test a consisté à déposer **3 cadavres de souris** fraîchement décongelés autour des **5 éoliennes** du parc (soit 15 cadavres par session, 30 au total sur l'année). Afin de mimer au mieux les conditions réelles et éviter l'ajout d'un biais supplémentaire, les souris (blanches) ont été enduites de terre pour les rendre sombres et pour qu'elles aient ainsi un aspect proche de celui des cadavres réellement trouvés au pied des éoliennes (petites chauves-souris brunes/noires, passereaux brunâtres, ...). Aussi, **les souris ont été déposées aléatoirement sur l'emprise de la surface théorique à prospecter, et réparties sur l'ensemble des types d'habitats présents.**

Ensuite, la persistance de ces cadavres « non naturels » a été contrôlée à raison **d'un premier passage le lendemain de la dépose (J+1), puis de 2 passages par semaine jusqu'à disparition des cadavres ou après une période de 14 jours**, soit à J+4, J+7, J+10 et J+14. (Voir l'annexe 1 pour le détail des dates de suivi).

³ Dans l'idéal, des cadavres de chauves-souris ou de petits passereaux préalablement décongelés devraient être utilisés. Pour des raisons juridiques (dérogation, espèces protégées), de commodité et d'approvisionnement, ils sont couramment remplacés par des poussins d'un jour ou des rongeurs de couleur sombre.



Cadavres de souris déposés pour le test de prédation (sur une plateforme à gauche, dans un labour à droite) (E. Brunet - Ecosphère)



Leurres déposés dans différents habitats pour le test d'efficacité des observateurs (L. Boutault ; M. Acqueberge – Ecosphère)

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

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

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

L'efficacité des deux observateurs à détecter des cadavres a été testée à deux reprises, les 15/04 et 30/09/2019. Pour ce faire, des leurres en caoutchouc ont été déposés aléatoirement dans le périmètre prospecté en amont des recherches de mortalité, au sein des classes de végétation praticable (visibilité bonne et moyenne). Selon le nombre de leurres artificiels retrouvés par l'observateur, le taux d'efficacité a pu être calculé par le rapport entre le nombre de leurres découverts et le nombre de leurres déposés.

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

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

3.1.3.2 Modèles statistiques

❖ Modèle d'Erickson (2000)

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

$$N = \frac{I \times C}{t_m \times d}$$

Avec :

I : Intervalle moyen entre deux visites (en jours)

t_m : durée moyenne de persistance (en jours)

d : efficacité de l'observateur

C : nombre de cadavres découverts

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

❖ Modèle de Jones (2009)

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

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

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

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

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

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

Avec :
 C : nombre de cadavres découverts
 a : coefficient de correction surfacique (cf. 3.1.3.1)
 d : efficacité de l'observateur (cf. 3.1.3.1)
 tm = durée moyenne de persistance en jours
 I : Intervalle moyen entre deux visites
 Î : Intervalle effectif moyen
 ê: coefficient correcteur moyen de l'intervalle équivalent à $\frac{\text{Min}(I; \hat{I})}{I}$

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

L'intervalle effectif moyen, Î est donc égal à : - log(0,01) x tm. Dans le calcul, I prend la valeur minimale entre I et Î, notée ê.

❖ [Modèle de Huso \(2010\)](#)

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

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

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

D'où la formule :

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

Avec :
 C : nombre de cadavres trouvés
 a : coefficient de correction surfacique (cf. 3.1.3.1)
 d : efficacité de l'observateur (cf. 3.1.3.1)
 tm = durée moyenne de persistance en jours
 I : Intervalle moyen entre deux visites
 Î : Intervalle effectif moyen
 ê: Le coefficient correcteur moyen de l'intervalle équivalent à $\frac{\text{Min}(I; \hat{I})}{I}$

3.1.3.3 EolApp (Besnard & Bernard, 2018)

Les différents modèles de calculs présentés ci-dessus ont été exploités avec une application web Shiny (**EolApp**) faisant tourner un script R sur le serveur⁴. L'ensemble du code est dans le langage R, très utilisé aujourd'hui du fait de son caractère gratuit. Les applications ont été programmées par Aurélien Besnard et Cyril Bernard, chercheurs du Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (UMR5175 Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, Montpellier). L'utilisation de cette application permet notamment d'éviter les éventuelles erreurs d'applications des formules.

Cette application permet d'obtenir **une médiane et les intervalles de confiance à 80 % et 95 % des estimations de mortalité** obtenues, conformément aux demandes du protocole national de 2018. En effet, le calcul de la mortalité à l'aide des différentes formules issues de la littérature et proposées par le Ministère, sont de fait des estimations. Ce calcul repose sur des processus d'échantillonnage multiples. Par exemple, la répartition des mortalités dans le temps est en soit un processus aléatoire. Les passages répétés dans le temps sous les éoliennes correspondent à un processus d'échantillonnage. La persistance et la détection des cadavres lors de la mise en place de cadavres reposent aussi sur des processus aléatoires. De fait, une incertitude sur les estimations doit être quantifiée et précisée en même temps que les résultats des calculs.

Les calculs reposent donc sur les données existantes relevées sur le terrain. Ils se basent sur un protocole standardisé, à savoir un nombre de visites défini sur une ou plusieurs éoliennes, séparés par des pas de temps identiques, visites pendant lesquelles les cadavres sont recherchés. Elle utilise également les données issues de l'expérimentation utilisée pour estimer la **persistance** ainsi que la **détection**.

Les trois modèles présentés dans le cadre de cette étude et calculés par l'application EolApp seront les modèles d'Erickson, Huso et Jones, ainsi que leurs intervalles de confiance à 80 % (bornes inférieures à 10 % et supérieures 90 %).

Le taux de persistance étant relativement court dans le cas présent (Tm = 2,6 jours, cf. partie Résultats 4.2.2.1), l'estimateur développé par Erickson ne sera pas retenu pour les analyses. **L'évaluation des impacts se basera sur les estimations obtenues à partir des modèles de Jones et Huso.**

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

3.2 SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE

En parallèle des suivis de fréquentation au sol, un suivi d'activité automatisé en altitude a été mené sur la période d'activité des chauves-souris afin d'identifier les paramètres météorologiques et phénologiques favorables à une plus forte activité chiroptérologique sur le site. Le suivi acoustique continu depuis la nacelle d'une éolienne est la méthode la plus appropriée pour évaluer les risques de mortalité par collision car elle permet d'enregistrer l'activité à hauteur de pales, soit la zone à risque véritable pour les chauves-souris.



Éolienne E1 qui a été équipée avec un Batmode S+ (G. Marchais – Ecosphère)

Du 11 avril au 17 novembre 2019, l'éolienne E4 a été équipée avec un **Batmode S+ de Bioacoustics technology GmbH™**. Cet appareil a enregistré les ultrasons au format WAV non compressé avec le micro de haute qualité « Ultrasound gate » d'Avisoft Bioacoustics™ et permet la connexion et le contrôle à distance de plusieurs manières (accès via internet, réseau mobile, Wifi). Les données recueillies ont ainsi permis d'apprécier le peuplement chiroptérologique présent sur le site sur plus de 8 mois consécutifs.

Ce détecteur-enregistreur automatique permet de capter dans toute la bande d'émission des chauves-souris. Dès qu'un ultrason est détecté, il est automatiquement enregistré. Les sonagrammes sont ensuite analysés par des experts à l'aide de logiciels de mesures de paramètres (AnalogW 4 ou Batsound 4), et non avec des systèmes d'identification automatique car ces derniers peuvent facilement induire en erreur malgré des avancées récentes pour certaines espèces⁵. En effet, ils ont souvent des problèmes de discrimination des signaux de chauves-souris par rapport aux bruits et des banques sons de référence incomplètes, et donc manquent de précision dans la détermination des espèces et avec des risques d'erreurs importants. En outre, AnalogW 4 permet de quantifier l'activité des chauves-souris en un point donné.

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

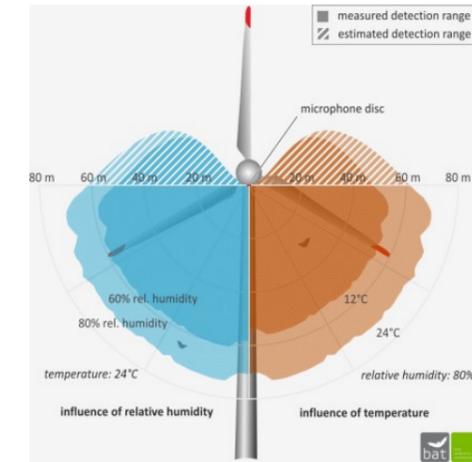
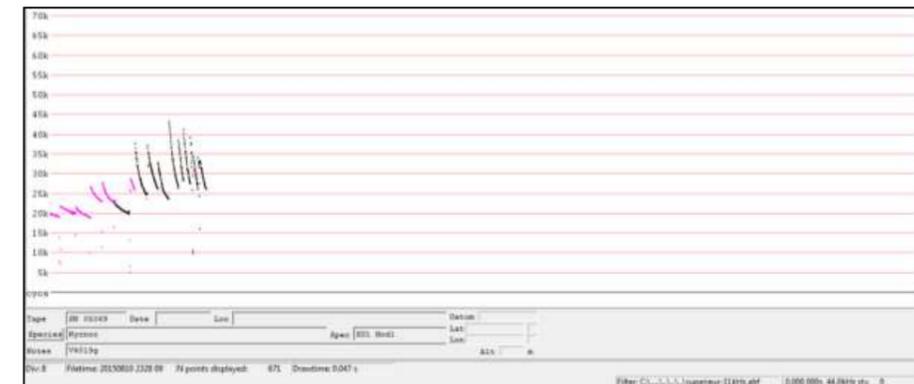


Schéma présentant les volumes de détection du micro « Ultrasoundgate » d'Avisoft Bioacoustics™ selon les conditions de température et d'humidité.



Séquence caractéristique sans bruit parasite de Noctule commune sous le logiciel Analog 4™

Simultanément aux enregistrements ultrasonores, les équipements intégrés de l'éolienne ont permis d'enregistrer les données météorologiques à hauteur de nacelle, telles que les vitesses de vent et la température. Celles-ci ont été utilisées dans les analyses de corrélation avec les activités afin de déterminer des paramètres de bridage visant à protéger les chauves-souris volant dans la zone de rotation des pales (100 m de diamètre).

Les résultats en nombre de contacts par nuit sont ensuite évalués en fonction du **référentiel des suivis d'activité sur nacelle d'Ecosphère**. Il est constitué d'une compilation de résultats de 408 nuits d'écoute, au cours desquelles au moins 1 contact a été enregistré, pour 10 éoliennes réparties sur 7 sites différents implantés en milieu ouvert (2016-18).

Il est important de rappeler que l'utilisation du détecteur d'ultrasons offre des résultats qui sont à relativiser en fonction des distances de détectabilité et des milieux dans lesquels évoluent les différentes espèces concernées. Par exemple, les probabilités de détection d'une Noctule commune, dont les émissions ultrasonores portent à plus de 100 mètres en milieu ouvert, sont bien plus élevées que celles

d'un Petit Rhinolophe, dont les émissions ultrasonores sont audibles à 5 mètres maximum. De même, un Murin de Natterer pourra être détecté à environ 20 mètres en milieu ouvert, alors qu'il ne pourra l'être qu'à moins de 5 m en milieu fermé (feuillage). Enfin, il faut savoir que les chiroptères et tout particulièrement les murins font varier la nature et la structure de leurs émissions ultrasonores en fonction de la distance par rapport aux obstacles et que, dans certains cas, ils adoptent des signaux très semblables, rendant impossible toute discrimination spécifique.

Ainsi, des **associations d'espèces** ont pu être constituées lorsque l'analyse des signaux n'a pu déboucher sur une identification spécifique :

- « **Sérotule** » pour la Sérotine commune et les Noctules commune et de Leisler : ces trois espèces émettent des émissions sonores régulièrement similaires entre 20 et 30 kHz et sont, par conséquent, difficiles à discriminer. La Noctule commune a pu être identifiée uniquement lorsque la séquence de signaux enregistrés présentait au moins une émission en « quasi fréquence constante⁶ » (QFC) dont la fréquence terminale était inférieure à 20,5 kHz. Les séquences de cris émises entre 22 et 30 kHz et présentant une alternance de cris en QFC avec une fréquence du maximum d'énergie > 21 kHz et en « fréquence modulée aplanie⁷ » (FMA) avec une amorce explosive ont été attribuées à la Noctule de Leisler. Pour certains cas, le terme « **Noctule indéterminée** » a été employé à cause d'un trop grand chevauchement des mesures. Quant à la Sérotine commune, sa présence est envisagée lorsque les séquences présentent les caractéristiques suivantes : émissions entre 22 et 30 kHz, irrégularité temporelle des signaux de type FMA, amorce progressive et absence de QFC. En dehors de ces cas, la « Sérotule » a été annoncée ;

- « **Pipistrelle de Kuhl/Nathusius** » et « **Pipistrelle commune/de Nathusius** », associée aux Pipistrelles commune, de Kuhl et de Nathusius, correspondent aux individus émettant des cris en fréquence modulée compris entre 35 et 44 kHz. Seules les séquences présentant des cris sociaux (servant à discriminer les pipistrelles) et/ou des signaux de type QFC dont la fréquence terminale était comprise entre 38,5 kHz et 41 kHz (cas de la Pipistrelle de Nathusius) ont généralement permis une distinction des trois espèces. Les signaux QFC compris entre 39 et 41 kHz étaient attribués à la Pipistrelle de Nathusius s'ils étaient alternés avec des séquences de signaux en fréquence modulée aplanie qui sont caractéristiques de séquences de chasse. Autrement, une confusion était possible avec des signaux appartenant à la Pipistrelle commune. Quelques signaux de ce type ont été identifiés à partir des enregistrements obtenus sur les points d'écoute fixes. La présence de la Pipistrelle de Nathusius a donc pu être confirmée.

Les autres espèces de bas vol comme les murins, rhinolophes et oreillards n'ont pas été contactés par ces suivis en altitude.

On ajoutera enfin que **l'identification des chauves-souris par l'acoustique est encore en développement**. Les méthodes de détermination sont récentes et reposent pour certains groupes (les murins en particulier) sur des probabilités. Une des méthodes les plus robustes en Europe a été définie par Michel Barataud et repose partiellement sur des éléments subtils liés à l'écoute. Une typologie des types de signaux acoustiques a été produite mais les limites atteintes par chaque espèce font encore l'objet de découvertes régulières, qui remettent parfois en question la méthodologie d'identification.

⁶ Quasi fréquence constante (QFC) : qualifie un signal de chauve-souris dont la différence entre la fréquence du début et de la fin est inférieure à 5 kHz. Ce type de cri a généralement une durée comprise entre 8 et 25 millisecondes.

Les méthodes d'identification automatique en sont quant à elles à leurs balbutiements et leur fiabilité est faible (risques d'erreurs non négligeables). Elles n'ont pas été utilisées dans le cadre de cette étude.

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

3.3 SUIVI DE FRÉQUENTATION DE L'AVIFAUNE

3.3.1 OBJECTIF

Suite à l'étude d'impact, il est prévu qu'une **parcelle soit maintenue en friche** de manière à optimiser la reproduction de l'**Œdicnème criard** dans la zone. Cette parcelle représente une surface de 1,6 ha et est située à environ 350 m au nord-ouest de l'éolienne E5 (voir la carte « Localisation du parc »).

Le but du suivi est de vérifier la présence ou absence de l'**Œdicnème criard** au sein du parc éolien, susceptible de venir se reproduire sur cette friche et ses abords directs. Une attention est également portée sur d'autres espèces patrimoniales menacées susceptibles d'exploiter le secteur, tels que des busards, le Vanneau huppé ou la Caille des blés.

En cas d'observation positive lors du premier passage, **l'objectif est de préciser** le statut (reproducteur ou non) des espèces observées sur le secteur et de localiser la/les éventuelles nichées.

3.3.2 MÉTHODES DE TERRAIN

L'**Œdicnème criard** (*Burhinus oedicephalus*) est une espèce protégée au niveau national et inscrit à l'annexe I de la Directive « Oiseaux ». Il affectionne les milieux ouverts thermophiles telles que les zones sèches à faible végétation, mais s'adapte également aux plaines agricoles dans des secteurs avec affleurements crayeux ou de cultures tardives. L'espèce est active au crépuscule et la nuit. **La période de reproduction s'effectue généralement d'avril à juillet.**

Les investigations de terrain se sont déroulées au cours de **4 passages spécifiques entre avril et juin 2019, dont 3 au crépuscule** afin d'être dans les meilleures conditions de détection de l'espèce.

A noter, toutefois, que dans le cadre du suivi de mortalité mené en parallèle sur ce même parc éolien, un passage sur site a été hebdomadaire depuis début avril et s'est poursuivi jusque fin octobre 2019, permettant un suivi régulier des cantonnements observés sans recherches spécifiques.

Le tableau ci-dessous résume les dates de passage spécifique au suivi de l'avifaune.

Dates de prospections pour les suivis de fréquentation de l'avifaune

Date de passage	Suivi	Conditions météorologiques
23/04/2019	Suivi crépusculaire	11°C, couvert, vent faible
13/05/2019	Suivi en journée	17°C, ensoleillé, vent fort

⁷ Fréquence modulée aplanie (FMA) : qualifie un signal de chauve-souris dont la différence entre la fréquence du début et de la fin est supérieure à 5 kHz et qui présente un aplanissement en fin de signal (se rapprochant ainsi de la QFC). Ce type de cri a généralement une durée comprise entre 0,1 et 8 millisecondes.

Date de passage	Suivi	Conditions météorologiques
27/05/2019	Suivi crépusculaire	19°C, couvert, vent faible à modéré
17/06/2019	Suivi crépusculaire	19°C, ciel dégagé, vent faible

Les méthodes utilisées sont l'observation à la longue-vue et aux jumelles et l'écoute des chants. La repasse n'a pas été utilisée afin d'éviter tout dérangement.

3.4 MÉTHODE D'ÉVALUATION DES ESPÈCES FRÉQUENTANT LE PARC

3.4.1 ÉVALUATION DE L'ENJEU DE CONSERVATION DES ESPÈCES

Un enjeu de conservation est attribué principalement à partir des listes rouges régionales, nationales et européennes⁸ sur la base du tableau suivant.

Statut de menace/rareté		Niveau d'enjeu régional de l'espèce
CR	Espèce animale en danger critique d'extinction au niveau régional	Très fort
EN	Espèce animale en danger d'extinction au niveau régional	Fort
VU ⁹ NT et au moins R	Espèce animale vulnérable au niveau régional Espèce animale quasi-menacée et au moins rare au niveau régional	Assez fort
NT ¹⁰ LC mais au moins AR (voire AC)	Espèce animale quasi-menacée au niveau régional Espèce animale non menacée mais peu commune au niveau régional	Moyen
LC	Espèce animale non menacée, souvent assez commune à très commune, parfois assez rare ou rare	Faible
DD, NE	Données insuffisantes ou espèce non évaluée	« Dire d'expert » si possible

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

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

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

3.4.2 ÉVALUATION DE LA SENSIBILITÉ GÉNÉRALE DES ESPÈCES À L'ÉOLIEN

Pour les oiseaux, les populations nicheuses et hivernantes en Europe sont relativement bien connues et les totaux ont été mis à jour par BirdLife International en 2015 (www.birdlife.org/datazone/species). La sensibilité est donc définie comme le rapport entre le nombre de cas de collision connus et le nombre minimal de couples nicheurs en Europe. On notera que c'est bien l'Europe au sens biogéographique qui est prise en compte dans l'estimation des tailles de populations car une partie des nicheurs de pays comme la Suisse, la Norvège ou la Russie traversent annuellement la France.

Définition de la sensibilité à l'éolien chez les oiseaux

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

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

Classe	Sensibilité	Proportion des cas de collisions connus au regard des effectifs européens (BirdLife, 2015)	Exemples d'espèces d'oiseaux
4	Forte	Supérieure à 1 : les cas de mortalité représentent une proportion élevée et significative de leur population.	Milan royal, Pygargue à queue blanche, Vautour fauve
3	Assez forte	Comprise entre 0,1 et 1 : les cas de mortalité représentent une proportion significative de leur population, sans qu'elle ne soit très élevée. Ce sont généralement des espèces dont les tailles de populations sont peu importantes.	Milan noir, Faucon pèlerin, Balbuzard pêcheur, Circaète Jean-le-Blanc, Aigle botté, Faucon crécerelle
2	Moyenne	Comprise entre 0,01 et 0,1 : les cas de mortalité représentent une faible proportion de leur population. Ce sont : - soit des espèces communes avec de nombreux cas de collisions, - soit des espèces plus rares ou à répartition restreinte, mais dont les cas de collision restent peu nombreux. Dans ces deux cas, le maintien des populations n'est pas remis en question à l'échelle européenne.	Buse variable, Mouette rieuse, Canard colvert Busard des roseaux, Cédicnème criard, Grue cendrée
0 et 1	Faible à négligeable	Inférieure à 0,01 : les cas de mortalité représentent une proportion non significative de leur population. Ce sont : - soit des espèces abondantes dont les cas de collision peuvent être nombreux, mais restant anecdotiques à l'échelle des populations, - soit des espèces peu abondantes pour lesquelles les cas de collision sont occasionnels, - soit des espèces pour lesquelles aucun cas de collision n'est connu.	Martinet noir, Alouette des champs, Grive musicienne, Roitelet triple-bandeau Grand Cormoran, Chouette chevêche, Huppe fasciée, Torcol fourmilier Grande Aigrette, Grimpereau des jardins, Mésange huppée

⁹ Certaines espèces vulnérables communes ou très communes peuvent voir leur enjeu abaissé au niveau moyen.

¹⁰ Certaines espèces quasi menacées communes ou très communes peuvent voir leur enjeu abaissé au niveau faible.

⁸ Protocole national, 2015, p 5 : « Le protocole national en vigueur à ce jour stipule que l'enjeu de conservation s'appuie sur les Listes Rouges préparées sur la base des principes édictés par l'UICN. La liste rouge est utilisée et complétée, au besoin, par une liste rouge régionale, si celle-ci existe. ». Par extrapolation, la Liste Rouge Européenne est également prise en compte pour l'analyse. Le protocole actualisé en 2018 ne revient quant à lui pas sur ces notions.

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

Les sources de données sont celles d'Eurobats et celles de l'allemand Tobias Dürr du « *Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg* » qui compile et publie régulièrement tous les rapports de mortalité par collision éolienne lui parvenant à l'échelle européenne (total cumulé depuis le début des suivis de mortalité en 2003). La dernière mise à jour est de de juin 2018 pour Eurobats et janvier 2020 pour T. Dürr. C'est ainsi la valeur maximale par pays qui est prise en compte (pour éviter les comptes-doubles). On a ainsi un total maximal de **10 619 cadavres de chiroptères recensés dans toute l'Europe.** Ceci permet ensuite d'obtenir comme donnée de référence le pourcentage entre « nombre de cadavres pour une espèce donnée » par rapport au « nombre total de cadavres en Europe toutes espèces confondues ». Cette information a été complétée par une analyse bibliographique reposant en particulier sur les avis de la SFPEM (SFPEM, 2016) et d'Eurobats.

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

Définition de la sensibilité brute au risque de collision à l'éolien chez les chiroptères

Compte tenu du faible nombre d'espèces (par rapport aux oiseaux), on peut présenter les résultats pour les espèces présentes en France, classées par niveau de sensibilité.

Évaluation de la sensibilité brute des chauves-souris aux risques de collision (Dürr, 7 janvier 2020 & Eurobats, 3 juin 2018)

Espèce	Données de mortalité constatée (nb cadavres Europe/France 2020)	Pourcentage (total Europe 10 619 cadavres)	Sensibilité
Pipistrelle commune	2 388 / 995	22,5 %	Forte
Pipistrelle de Nathusius	1 594 / 272	15,0 %	Forte
Pipistrelle pygmée	450 / 176	4,2 %	Forte
(P. commune / pygmée)	414 / 40	3,9 %	Forte
Pipistrelle de Kuhl	469 / 219	4,4 %	Forte
(Pipistrelle sp.)	734 / 303	6,9 %	Forte
Vespère de Savi	370 / 57	3,5 %	Forte
Grande noctule	41 / 10	0,4 %	Forte
Noctule commune	1 543 / 104	14,5 %	Forte
Noctule de Leisler	714 / 153	6,7 %	Forte
Sérotine commune	120 / 33	1,1 %	Moyenne
Sérotine bicolore	214 / 11	2 %	Moyenne
Molosse de Cestoni	71 / 2	0,7 %	Moyenne
Minioptère de Schreibers	13 / 7	0,12 %	Moyenne
Grand Murin	7 / 3	< 0,1 %	Faible à négligeable
Murin de Daubenton	10 / 1	< 0,1 %	
Murin de Bechstein	1 / 1	< 0,1 %	
Murin de Brandt	2 / 0	< 0,1 %	
Murin à oreilles échanquées	5 / 3	< 0,1 %	
Murin à moustaches	5 / 1	< 0,1 %	
Murin de Natterer	2 / 0	< 0,1 %	
Barbastelle d'Europe	6 / 4	< 0,1 %	Faible à négligeable
Oreillard gris	9 / 0	< 0,1 %	
Oreillard roux	8 / 0	< 0,1 %	
Grand Rhinolophe	2 / 0	< 0,1 %	

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

3.4.3 CAS PARTICULIER DE L'ÉVALUATION DE LA PORTÉE DE L'ACTIVITÉ DU PARC SUR LES CHAUVES-SOURIS

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

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

Trois niveaux de portée sont définis :

- ✓ Fort : lorsque l'activité de l'espèce concernée est au moins forte ou supérieure au quantile 75 % sur le point d'étude, ou lorsque la fonctionnalité écologique des populations locales ou de leurs habitats est impactée de façon importante.
- ✓ Moyen : lorsque l'activité de l'espèce concernée est moyenne ou comprise entre les quantiles 25 et 75 % sur le point d'étude, ou lorsque la fonctionnalité écologique des populations locales ou de leurs habitats est impactée de façon modérée ou plus ou moins limitée.
- ✓ Faible : lorsque le nombre de contacts de l'espèce est faible ou non significatif ou inférieure au quantile 25 %, ou lorsque la fonctionnalité écologique des populations locales ou de leurs habitats est impactée de façon marginale (pas de destruction, perturbation localisée ou temporaire des gîtes et des routes de vol discontinues ou occasionnellement empruntées).

3.4.4 ÉVALUATION DES IMPACTS

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

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

Définition des niveaux d'intensité de l'effet négatif

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

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

Définition des niveaux d'impacts

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

Ces impacts doivent néanmoins être comparés aux caractéristiques techniques des éoliennes, et en particulier la garde au sol et le volume brassé par les pales. En 2013, Ecosphère a élaboré une base de données sur les modèles existants à l'époque (échantillon de 55 modèles d'éoliennes produites par cinq constructeurs parmi les plus importants en 2013 à savoir : Enercon, Vestas, Repower, Nordex et Gamesa). Le seuil de vitesse de vent pour le démarrage de la production électrique (cut-in-speed) n'a pas été un critère technique retenu pour notre analyse par manque de données. Il s'agit pourtant d'un autre paramètre souvent déterminant.

Ainsi, après avoir affecté un niveau d'impact, celui-ci peut être augmenté d'un cran si la garde au sol est inférieure à 25 m ou si le diamètre du rotor dépasse les 120 m (aire de rotation des pales très grande).

3.5 MÉTHODE DE DÉFINITION DES IMPACTS ET DES MESURES DE RÉDUCTION ADAPTÉES AU PARC

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

Des algorithmes de bridage sont calculés et déterminés en fonction des niveaux d'impact constaté (nombre de cadavres et vulnérabilité des espèces concernées) et à la fréquentation du parc (nombre de contacts enregistrés en altitude et vulnérabilité des espèces contactées). Il est défini principalement en fonction des périodes d'activité des espèces vulnérables (mois de l'année, heures de la nuit, vitesse du vent, température...).

3.6 IDENTIFICATION DES HABITATS

La cartographie des habitats s'est effectuée sur la base de prospections de terrain, dans un rayon de 60 m autour des éoliennes.

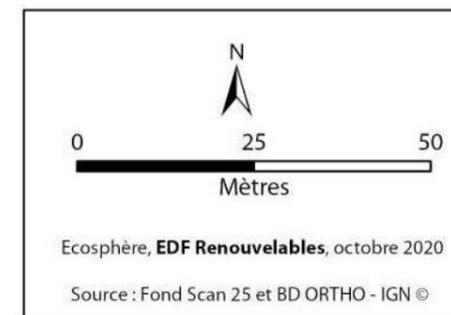
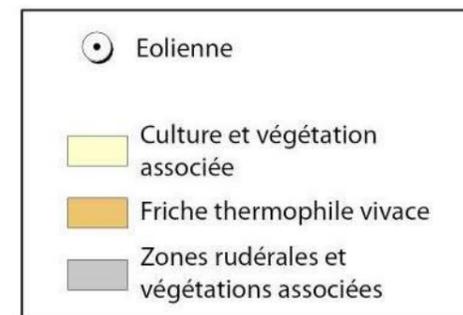
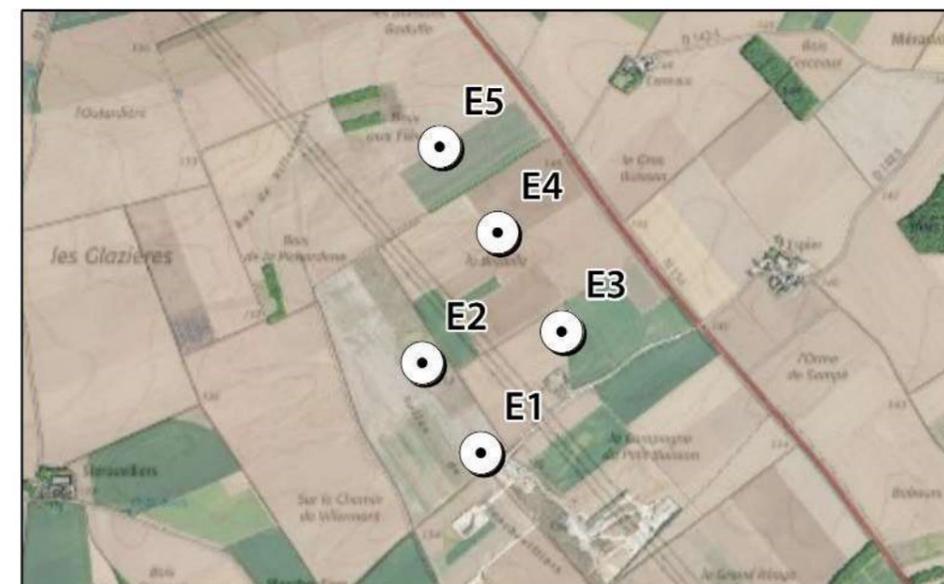
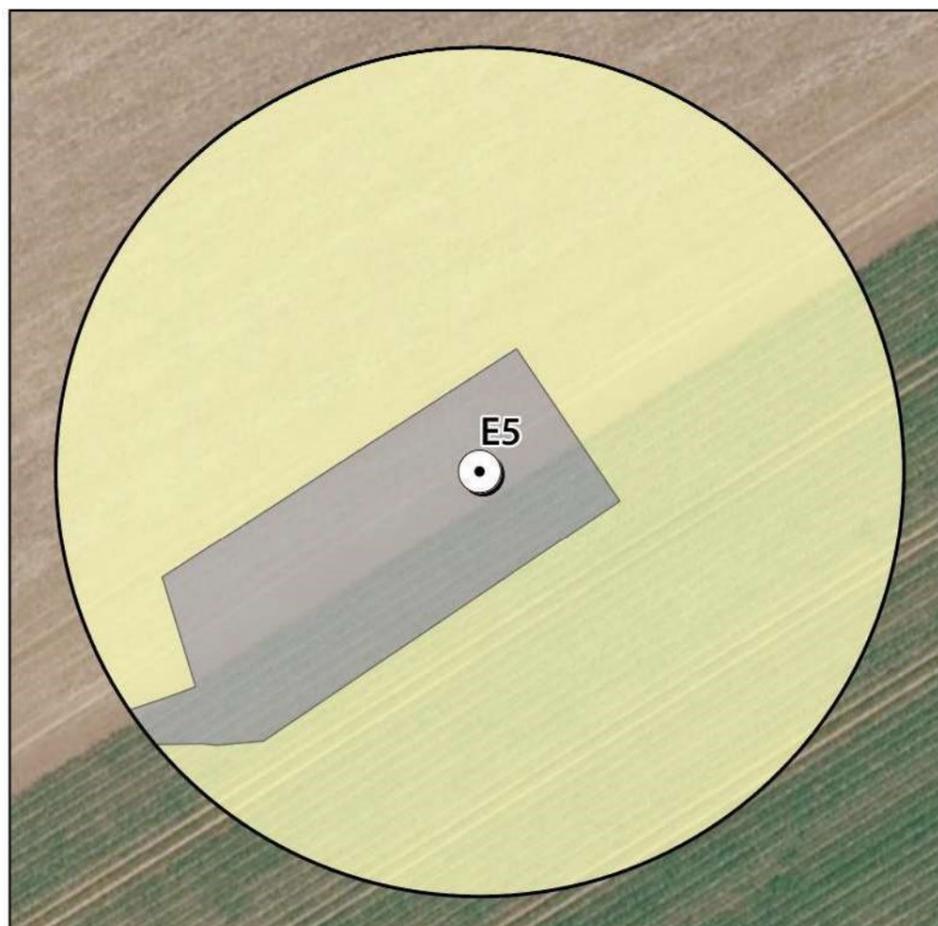
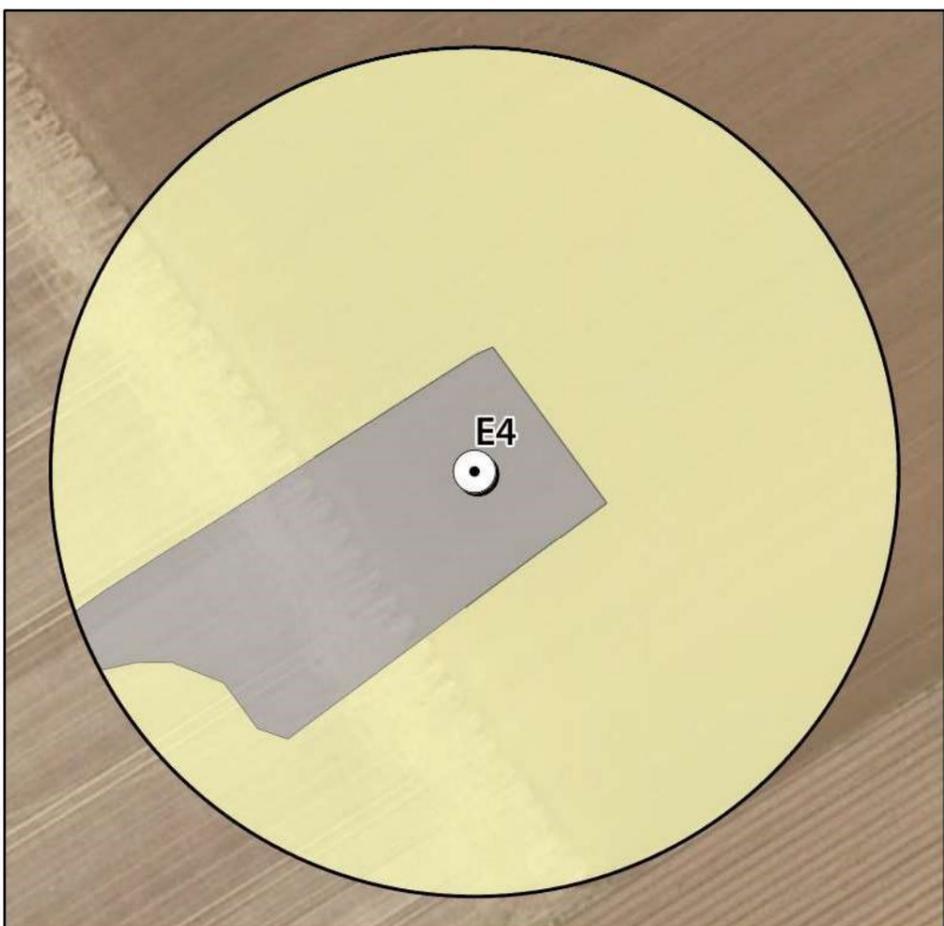
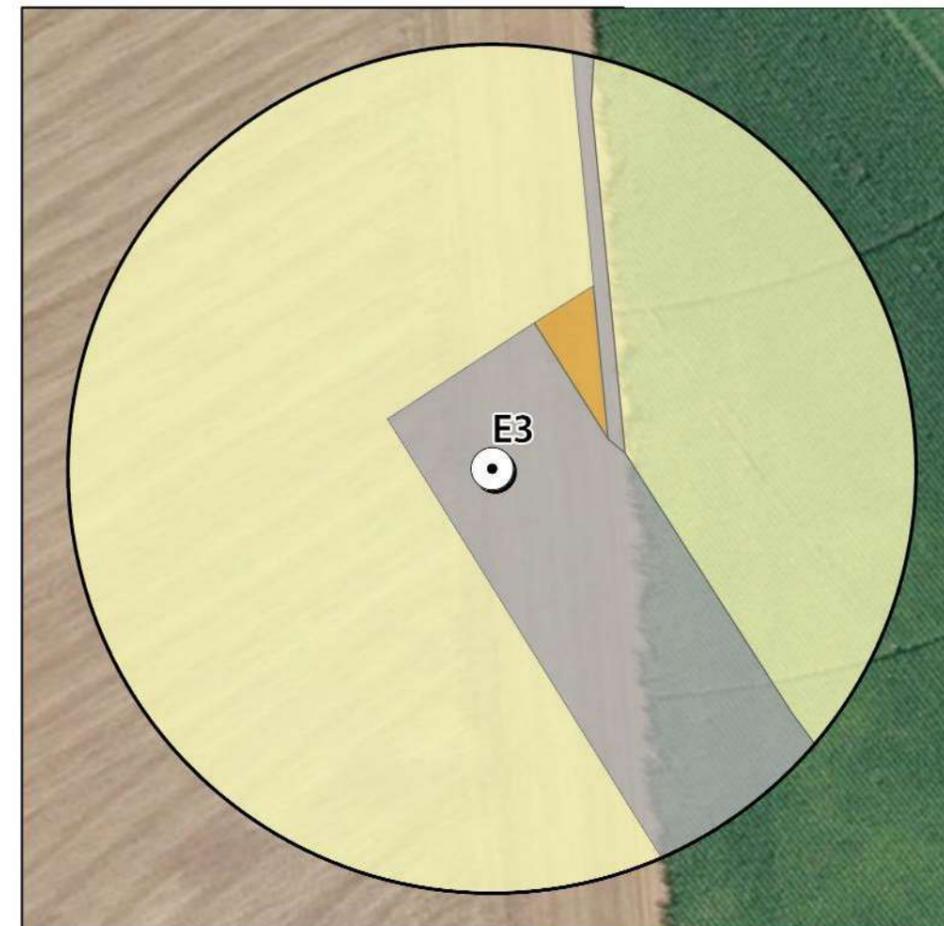
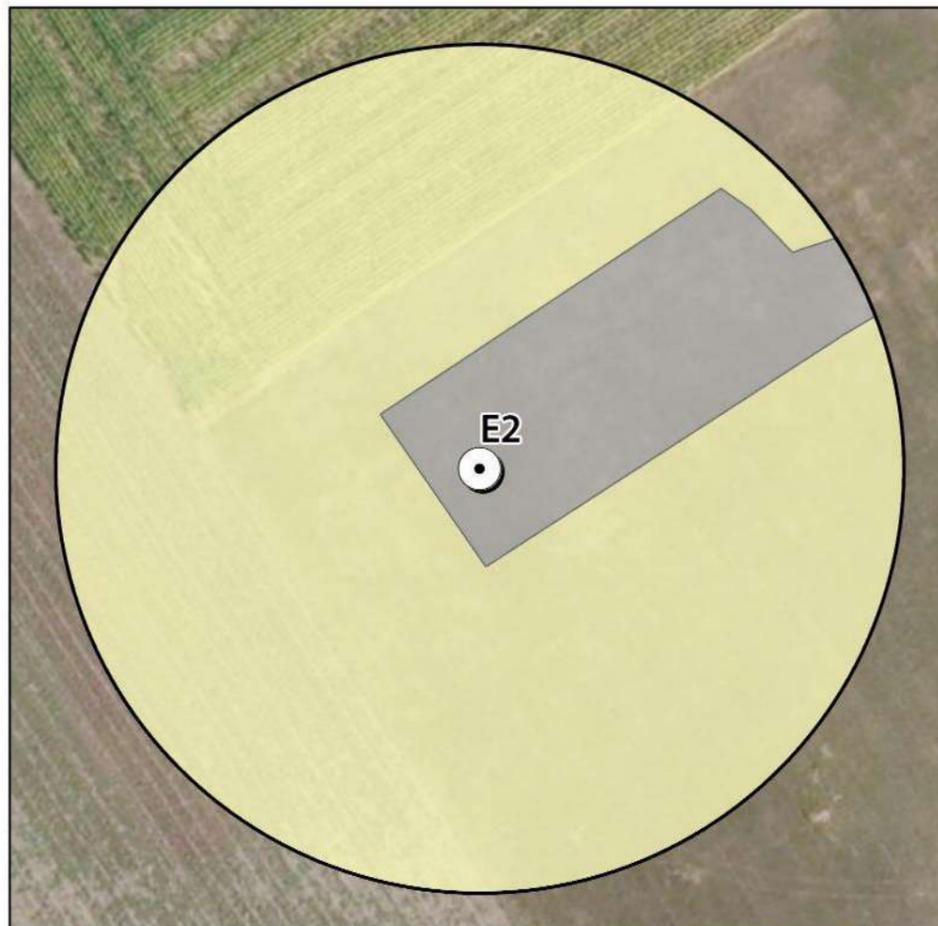
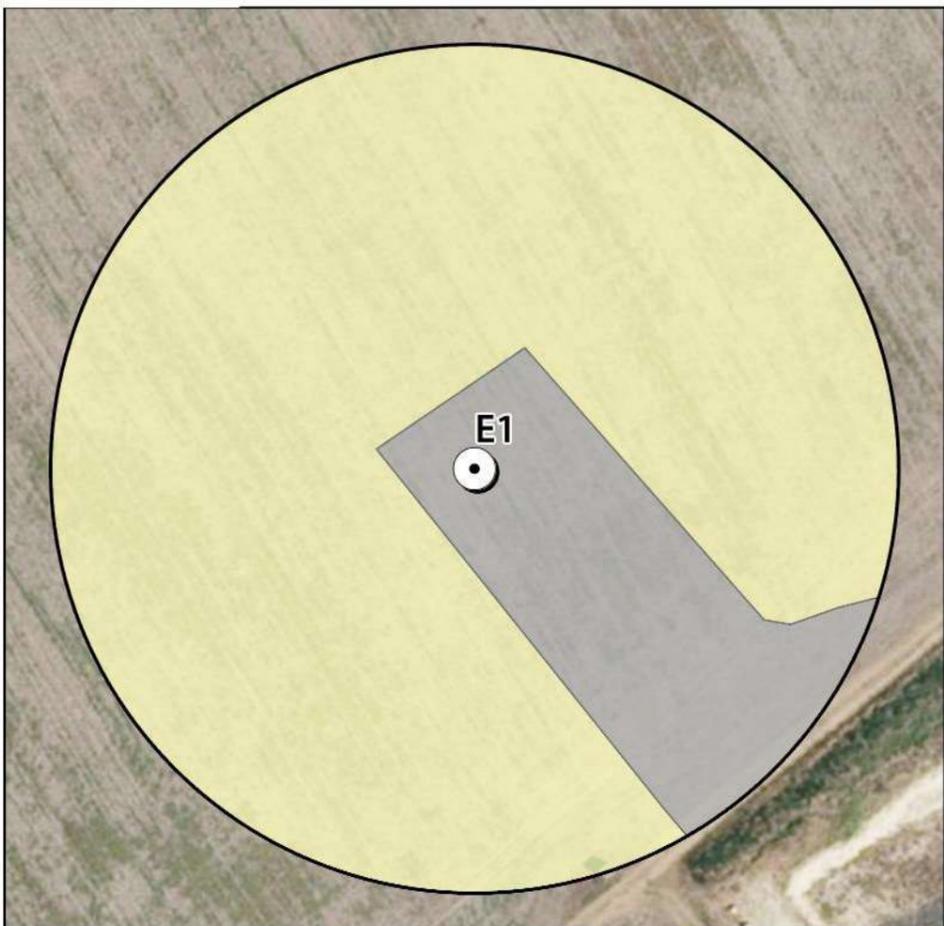
4. RÉSULTATS

Au total, trois habitats naturels ou semi-naturels ont été identifiés dans un rayon de 60 mètres autour des éoliennes. Le parc éolien se trouve dans un contexte majoritairement agricole occupé quasi totalement par des cultures intensives. Les cultures sont de différents types mais l'on rencontre principalement des céréales (blé, orge), des betteraves sucrières, du maïs et des protéagineux tels que le pois. En ce qui concerne les milieux arbustifs et arborés, ils sont totalement absents de la zone d'étude.

4.1 CARTOGRAPHIE DES HABITATS

Voir la carte « Habitats ».

N°	Habitat et syntaxon phytosociologique	EUNIS / N2000	Description succincte et enjeux de conservation	Niveau d'enjeu de l'habitat	Photographie de l'habitat
1	Cultures et végétations associées <i>Aperetalia spicae-venti</i> Tüxen & Tüxen 1960	I1.12 / -	<p>Les cultures sont les habitats les plus fréquents dans la zone d'étude. Elles représentent plus de 80 % de la surface.</p> <p>Il s'agit principalement de cultures céréalières intensives et de cultures de betteraves.</p> <p>Il s'agit d'un milieu très fréquent en région Centre - Val de Loire et non menacé.</p> <p>Cet habitat ne constitue pas un enjeu de conservation.</p>	Faible	
2	Friche vivace thermophile <i>Dauco carotae-Melilotion albi</i> Görs 1966	I1.53 / -	<p>Une friche est présente autour de l'éolienne E3.</p> <p>Les espèces dominantes sont principalement des espèces typiques des friches à Carotte sauvage et Picride fausse-épervière, comme la Vipérine, les Mélilots et les Molènes.</p> <p>Il s'agit d'un milieu très fréquent en région Centre - Val de Loire et non menacé.</p> <p>Cet habitat ne constitue pas un enjeu particulier de conservation.</p>	Faible	
3	Zones rudérales et végétations associées -	J1.4 / -	<p>Ces milieux artificiels sont présents autour des éoliennes et correspondent aux plateformes.</p> <p>Ce sont des installations dépourvues de végétation. Parfois des espèces de friches peuvent s'y développer.</p> <p>Cet habitat ne constitue en aucun cas un enjeu particulier de conservation.</p>	Aucun	



4.2 SUIVI DE MORTALITÉ

4.2.1 RÉSULTATS BRUTS

L'intégralité des données recueillies dans le cadre de ce suivi (espèce, sexe, âge, date de découverte, statut, cause de la mortalité, éolienne, distance au mât, coordonnées, découvreur, identificateur) est détaillée en annexe 3.

Sur les 5 éoliennes du parc d'Espiers et dans un rayon de 60 m autour des mâts, un total de **14 cadavres** a été découvert, **tous étant des oiseaux**. Un cadavre de **Vanneau huppé** supplémentaire a été trouvé sous l'éolienne E4, lors du troisième passage du suivi de mortalité en avril 2019. Il s'agissait d'un reste de quelques plumes seulement, montrant des traces de prédation. N'ayant pas été découvert au cours des passages précédents et sans indices supplémentaires à proximité de l'éolienne, la collision avec les pales des éoliennes a été exclue. Ce cadavre est considéré comme un individu prédaté hors zone d'étude, et dont une partie a été déplacée dans le secteur de prospection par les charognards. Par conséquent, celui-ci ne sera pas pris en compte dans les analyses et calculs d'estimation de la mortalité.

4.2.1.1 Répartition spatiale

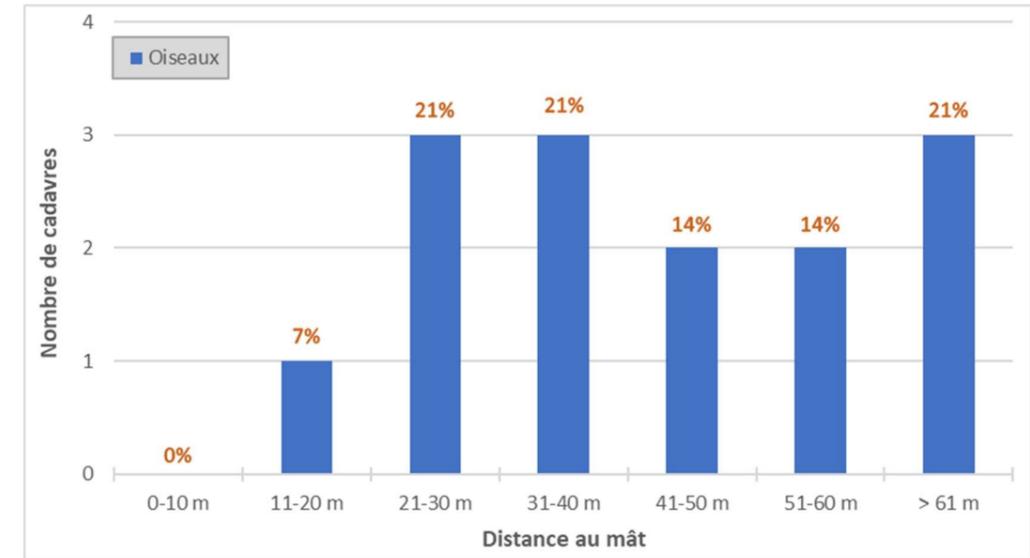
Voir la carte « Localisation des cadavres ».

Les cadavres découverts ne sont pas distribués de manière homogène entre les éoliennes : sur toute la durée du suivi, un seul cadavre a été noté au pied des éoliennes E1 et E2 respectivement, **les éoliennes E3, E4 et E5 étant celles ayant le plus de mortalité constatée** (avec 4, 5 et 3 cadavres respectivement).

Répartition des cadavres découverts en 2019 (n = 14) sur le parc éolien d'Espiers

Éolienne n°	Surface prospectée (moyenne sur les 45 passages)	Nombre de cadavres découverts	chiroptères	oiseaux
1	74%	1	0	1
2	73%	1	0	1
3	65%	4	0	4
4	58%	5	0	5
5	61%	3	0	3
TOTAL		14	0	14

Par rapport à la distance au mât, il n'y a pas eu de cadavres d'oiseaux dans les dix premiers mètres, et la majorité a été découverte au-delà de 20 m (voir figure ci-dessous). Près de la moitié (42 %, 6 cadavres sur 14) ont été découverts entre 20 et 40 m. Aussi, bien que non situés dans le rayon de prospection théorique utilisé ici, 3 cadavres ont été découverts au-delà de 60 m. Il s'agit soit de cadavres de petits passereaux tombés en limite du rayon de prospection et qui ont pu être détectés du fait d'une bonne visibilité lors des recherches (labour fin), soit d'un cadavre de rapace (Faucon crécerelle), de plus grande taille et donc visible à plus grande distance. Compte tenu du contexte environnemental local, une collision avec les pales reste la seule cause plausible pour ces cas de mortalité, ils ont donc été conservés dans le calcul des estimations de la mortalité réelle.



Nombre de cadavres découverts et pourcentage correspondant par rapport à la mortalité totale en fonction de la distance au mât (n total =14)

Ces éléments de distribution dans l'espace doivent toutefois être relativisés au vu de la quantité limitée de données de mortalité relevées sur le terrain, limitant l'étendue des analyses.

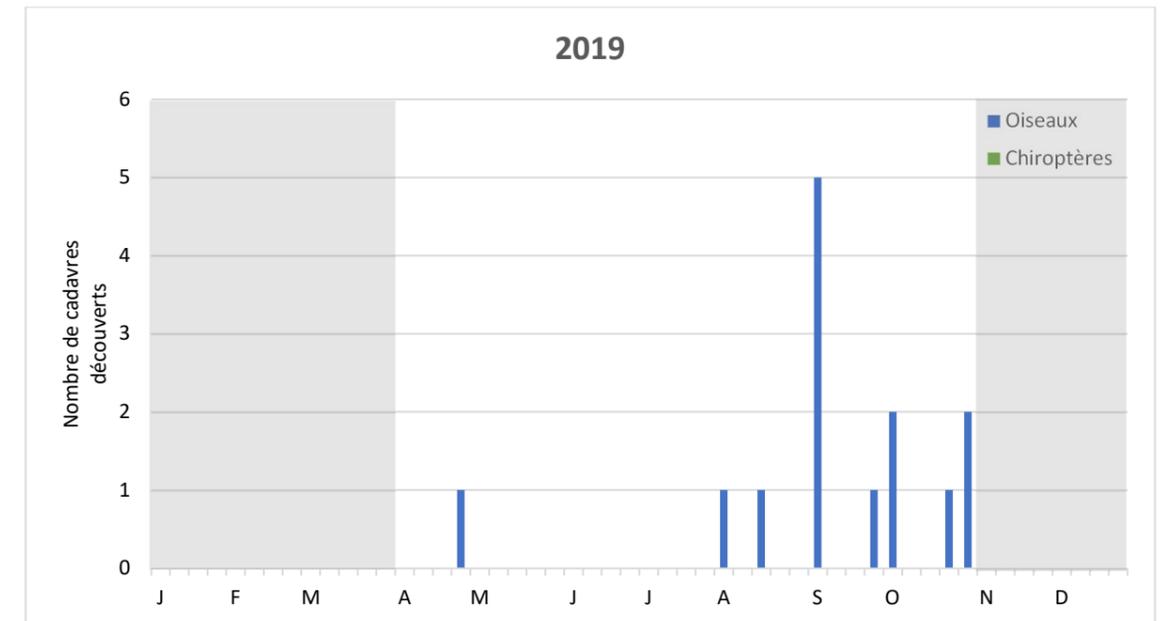
4.2.1.2 Répartition temporelle et espèces concernées

La mortalité n'est pas répartie de manière régulière au cours de la période de suivi comme le montrent le tableau et la figure suivants. Les espèces concernées sont en grande majorité des passereaux.

Répartition temporelle de la mortalité (n= 14) sur le parc d'Espiers

Date	Chiroptères	Oiseaux	Total	Surface prospectée (moyenne des 5 éoliennes)
01/04/2019	0	0	0	
08/04/2019	0	0	0	
15/04/2019	0	0	0	
23/04/2019	0	1 Faucon crécerelle	1	45%
30/04/2019	0	0	0	
06/05/2019	0	0	0	
13/05/2019	0	0	0	
20/05/2019	0	0	0	
27/05/2019	0	0	0	40%
03/06/2019	0	0	0	
11/06/2019	0	0	0	
17/06/2019	0	0	0	38%
24/06/2019	0	0	0	
01/07/2019	0	0	0	30%
08/07/2019	0	0	0	46%
16/07/2019	0	0	0	69%

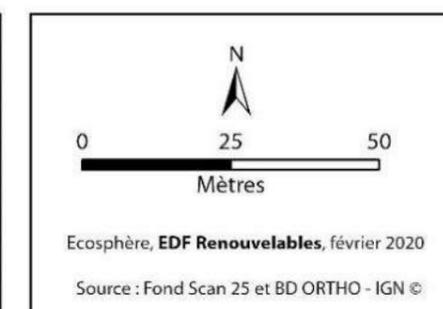
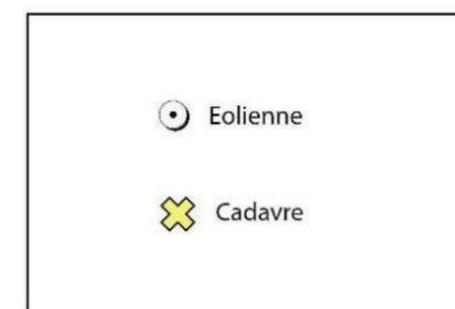
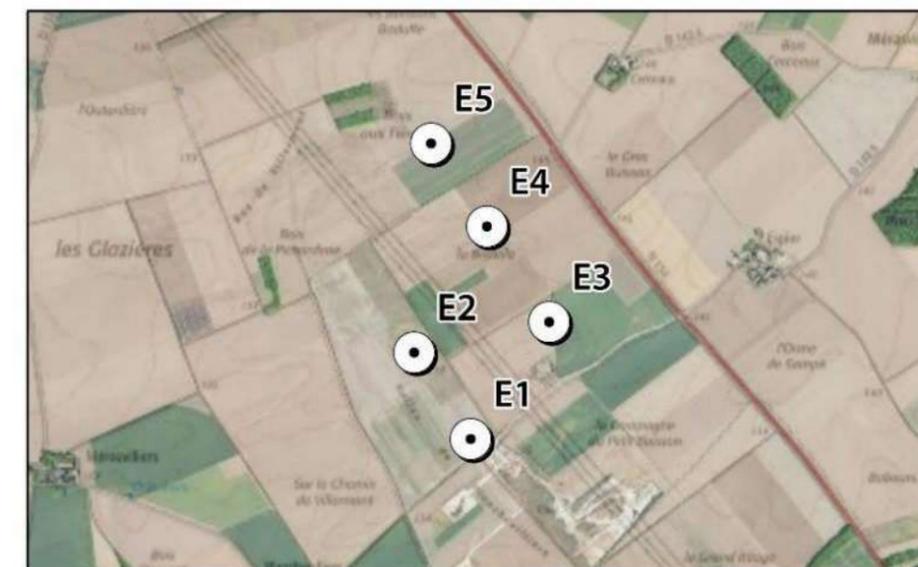
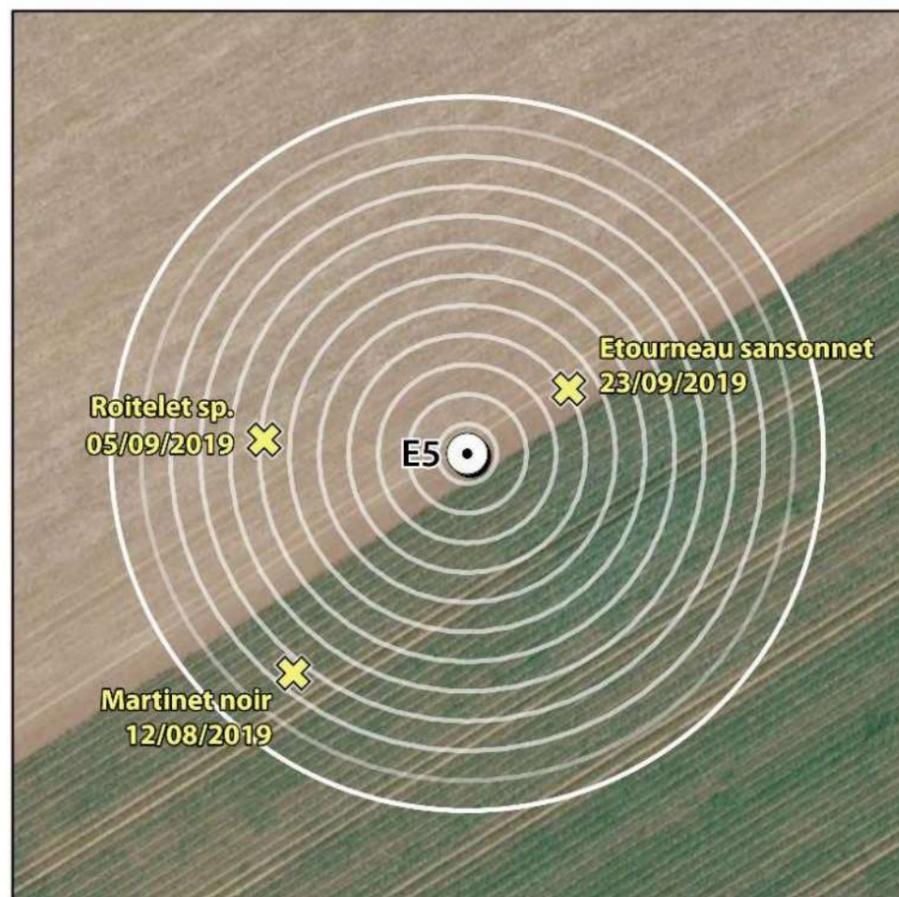
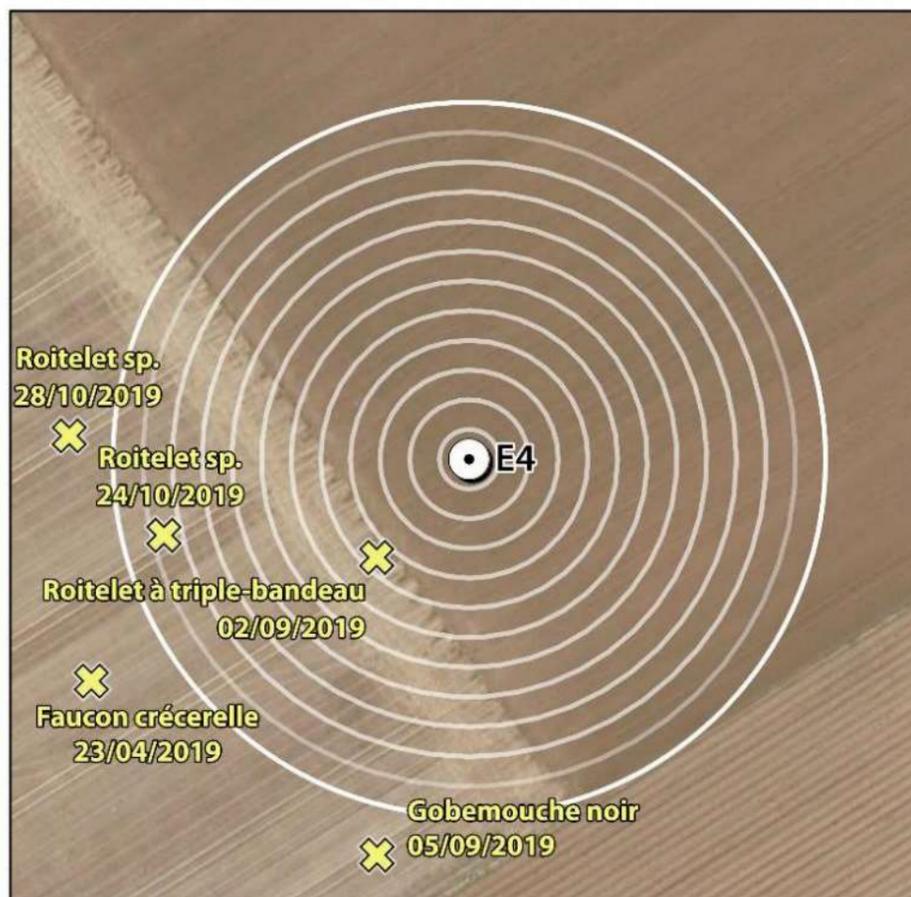
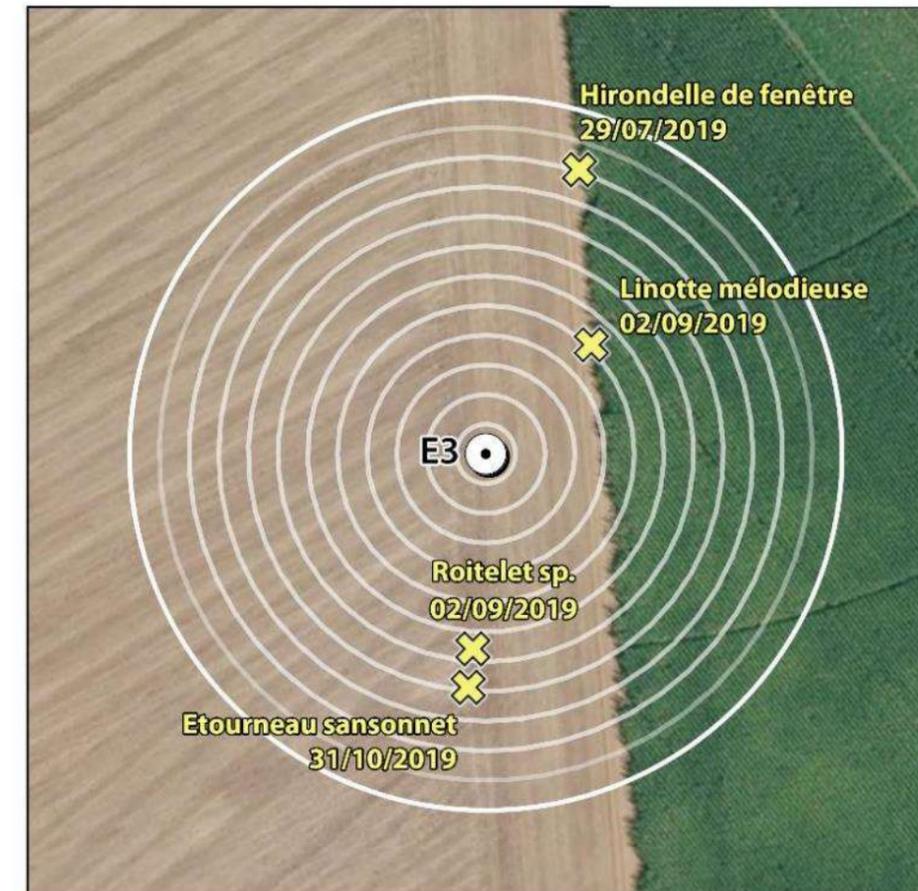
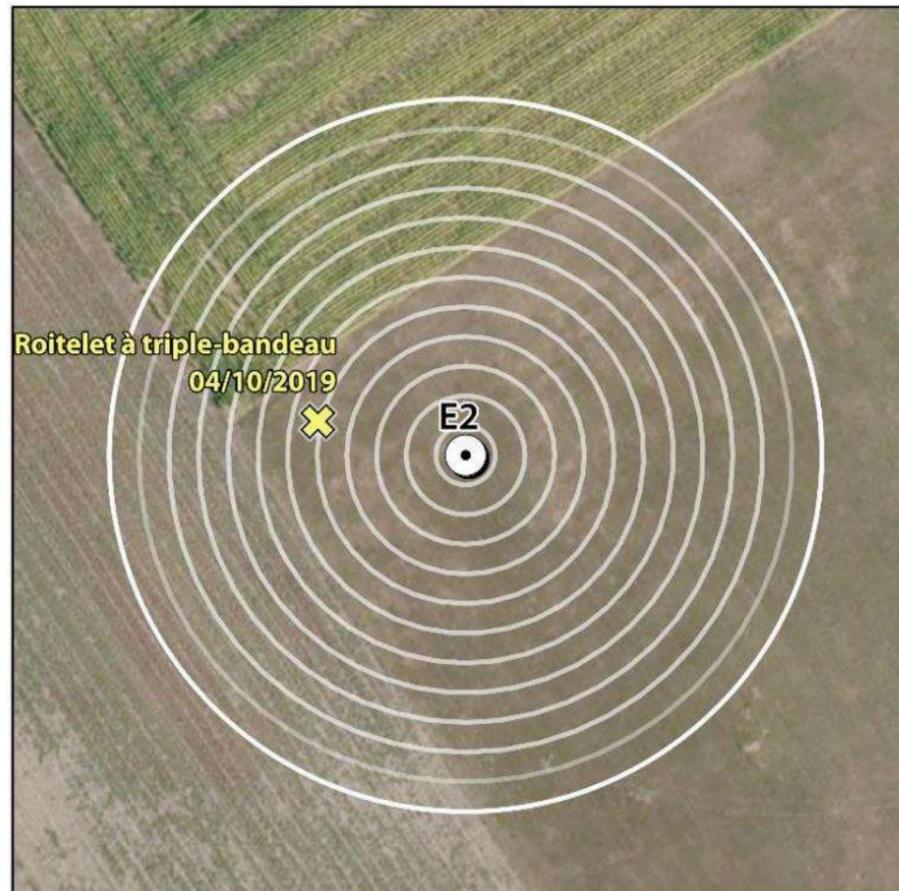
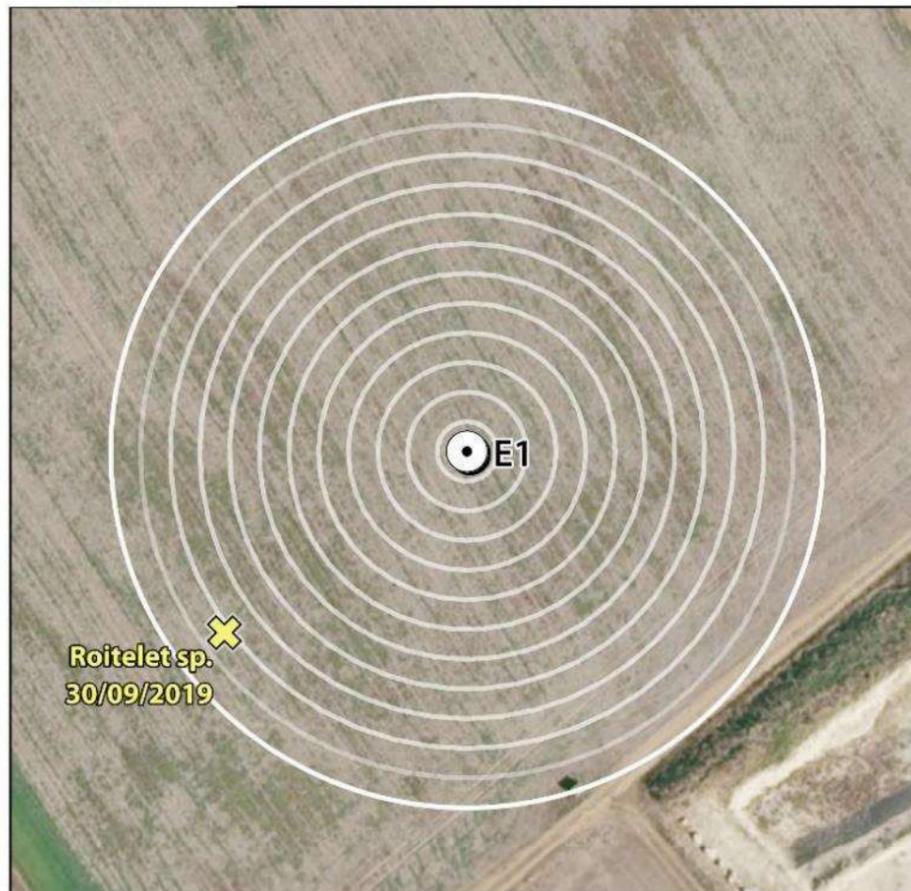
Date	Chiroptères	Oiseaux	Total	Surface prospectée (moyenne des 5 éoliennes)
22/07/2019	0	0	0	
29/07/2019	0	1	1	81%
01/08/2019	0	0	0	64%
05/08/2019	0	0	0	
08/08/2019	0	0	0	
12/08/2019	0	1	1	
14/08/2019	0	0	0	
19/08/2019	0	0	0	
22/08/2019	0	0	0	
26/08/2019	0	0	0	
29/08/2019	0	0	0	
02/09/2019	0	3	3	
05/09/2019	0	2	2	81%
09/09/2019	0	0	0	
12/09/2019	0	0	0	
16/09/2019	0	0	0	
19/09/2019	0	0	0	
23/09/2019	0	1	1	
26/09/2019	0	0	0	
30/09/2019	0	1	1	
04/10/2019	0	1	1	
07/10/2019	0	0	0	
10/10/2019	0	0	0	
15/10/2019	0	0	0	
18/10/2019	0	0	0	68%
21/10/2019	0	0	0	
24/10/2019	0	1	1	75%
28/10/2019	0	1	1	
31/10/2019	0	1	1	87%



Répartition temporelle annuelle de la mortalité (n= 14) sur le parc d'Espiers en 2019 (les zones grisées correspondent aux mois non couverts par le suivi).

L'ensemble des cadavres a été trouvé entre le 23 avril et le 31 octobre 2019. Un seul cadavre a été découvert en première partie de suivi, le 23 avril 2019. **Le reste de la mortalité observée se concentre en deuxième partie du suivi, correspondant aux migrations postnuptiales et déplacements automnaux. 13 des 14 cadavres ont ainsi été découverts entre le 29 juillet et le 31 octobre 2019.**

On notera que la surface de prospection était beaucoup plus faible en début de suivi (30 à 46 %, contre 64 à 87 % à partir de la mi-juillet en moyenne sur l'ensemble du parc), ce qui limite de facto la découverte de cadavres.



4.2.2 VARIABLES SERVANT À L'ESTIMATION DE LA MORTALITÉ RÉELLE

4.2.2.1 Persistance des cadavres (variable p)

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

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

Taux de persistance des leurres (souris décongelées) déposés au pied des éoliennes.

08/04/2019	p j+1	Tm j+4	p j+4	Tm j+7	p j+7	Tm j+10	p j+10	Tm j+15	p j+15
E1 (3 leurres)	1,00	3,67	0,67	8,33	0,67	15,00	0,67	25,00	0,67
E2 (3 leurres)	0,67	0,67	0,00	0,67	0,00	0,67	0,00	0,67	0,00
E3 (3 leurres)	0,33	1,67	0,33	4,00	0,33	7,33	0,33	12,33	0,33
E4 (3 leurres)	0,33	0,33	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00
E5 (3 leurres)	0,67	3,33	0,67	8,00	0,67	14,67	0,67	19,67	0,33
TOTAL (15 leurres)	0,60	1,93	0,33	4,27	0,33	7,60	0,33	11,60	0,27

02/09/2019	p j+1	Tm j+4	p j+4	Tm j+7	p j+7	Tm j+10	p j+10	Tm j+15	p j+15
E1 (3 leurres)	1,00	3,67	0,67	3,67	0,00	3,67	0,00	3,67	0,00
E2 (3 leurres)	0,67	0,67	0,00	0,67	0,00	0,67	0,00	0,67	0,00
E3 (3 leurres)	1,00	3,67	0,67	8,33	0,67	11,67	0,33	16,67	0,33
E4 (3 leurres)	0,67	3,33	0,67	5,67	0,33	5,67	0,00	5,67	0,00
E5 (3 leurres)	1,00	5,00	1,00	7,33	0,33	10,67	0,33	15,67	0,33
TOTAL (15 leurres)	0,87	3,27	0,60	5,13	0,27	6,47	0,13	8,47	0,13

Moyenne (30 leurres)	2,60	0,47
-----------------------------	------	------

Tm j+4 = durée moyenne de persistance (en jours) durant l'intervalle
p j+4 = taux de persistance durant l'intervalle (proportion de cadavres présents après 4 jours)

Il a été décidé de considérer des valeurs de Tm et de p communes aux 5 éoliennes et pour l'ensemble de la période de suivi car :

- le contexte environnemental des éoliennes reste homogène et ne présente pas de différence significative (type d'habitat, carnivores présents, etc.) ;
- en Europe, il a été démontré que les taux de persistance sont globalement constants dans le temps (Korner-Nievergelt *et al.* 2011).

Dans le cadre de ce suivi, les valeurs moyennes de persistance des cadavres « non naturels » retenues sont celles à **j+4**, intervalle le plus proche de celui des passages effectuées (4,8 jours en moyenne sur l'année). Les paramètres de persistance sont :

- Temps moyen de persistance (Tm) = 2,6 j**
- Taux de persistance (p) = 47 %**

4.2.2.2 Détectabilité (ou efficacité de l'observateur) (variable d)

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

Dans des conditions normales de recherche, 198 leurres ont été retrouvés par les 2 observateurs sur les 219 déposés en deux sessions au sein des différents types de végétation.

Résultats des tests de détectabilité par classe de végétation

Total	Visibilité bonne		Visibilité moyenne		TOTAL
	Test 1 (15/04/19)	Test 2 (02/09/19)	Test 1 (15/04/19)	Test 2 (02/09/19)	
Nombre de leurres déposés	98	53	8	60	219
Nombre de leurres retrouvés	96	51	7	44	198
Probabilité de détection (d) :	0,98	0,96	0,88	0,73	0,90

Il en ressort un **taux d'efficacité (ou de détection) de 0,97 pour une visibilité dite « bonne », et de 0,8 pour une visibilité dite « moyenne »**. Lorsque la visibilité est nulle (parcelle impraticable par exemple, le taux appliqué est de 0).

Le taux moyen de détection pour les deux classes de visibilité prospectée est donc de 90 %.

4.2.2.3 Ajustement de la surface réellement contrôlée (variable A)

Les surfaces de prospection étant variables selon la période de l'année, les coefficients ont été calculés sur ces différentes périodes (dénommées « intervalles ») et sont présentés en annexe 2. Le tableau ci-dessous synthétise ces résultats par éolienne pour l'ensemble de la période suivie.

Surface moyenne prospectée par éolienne sur l'ensemble du suivi

Éolienne	Surface moyenne prospectée (%)
E1	74 %
E2	73 %
E3	65 %
E4	58 %
E5	61 %
Moyenne sur l'ensemble du parc :	66 %

Notons que pour toutes les éoliennes la surface était prospectable à plus de 50 % en moyenne sur l'année (moyenne globale de 66 %), ce qui autorise des estimations statistiques suffisamment robustes (Behr *et al.*, 2011).

Ainsi, la proportion de surface prospectée moyenne, telle que demandée par l'application EolApp pour l'utilisation des formules d'Erickson, Huso et Jones, est de 66 %.

4.2.2.4 Correctif lié à la période d'étude

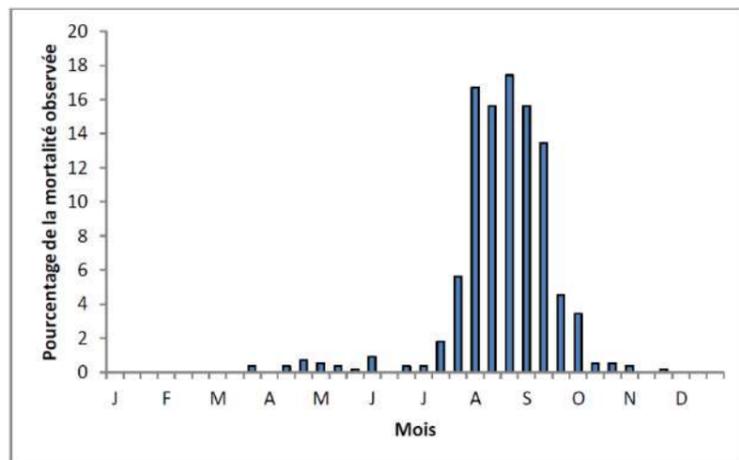
Les estimations de la mortalité ont été réalisées sur la base des 45 passages compris entre le 01/04 et le 31/10/2019 pour l'ensemble des éoliennes. Cette période correspond à la période principale d'activité pour les chauves-souris et, pour les oiseaux, couvre une grande partie des migrations pré et postnuptiales, et toute la période de reproduction. Toutefois, des cas de mortalité se produisent également en dehors de cette période, notamment pour les oiseaux, actifs toute l'année.

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

Répartition annuelle de la mortalité chiroptérologique selon différentes sources bibliographiques

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

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

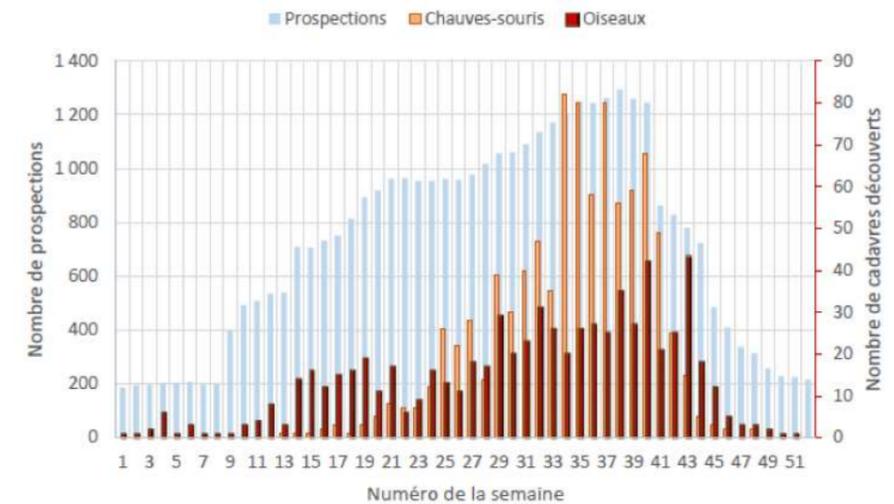


Répartition temporelle des cadavres de chauves-souris récoltés (données Dürr, 2007, in Jones & al., 2009 ; graphique Heitz & Jung, 2017)

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

Semaine de découverte des cadavres

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



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

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

Répartition temporelle de la mortalité selon la bibliographie (1^{ère} colonne) et des cadavres découverts sur le parc d'Espiers en 2019 (2^{ème} colonne)

Pourcentage de mortalité (toutes espèces)	Chiroptères		Oiseaux	
Avril à juillet (semaines 13 à 30) => migration pré-nuptiale, période de reproduction	10 %	aucun cadavre	25 %	1 cadavre
Août à octobre (semaines 31 à 43) => migration postnuptiale, mouvements locaux	85 %	aucun cadavre	50 %	13 cadavres
Reste de l'année	5 %	NA	25 %	NA

Ainsi, sur la base des données bibliographiques et les résultats recueillis en 2019, les suivis réalisés sur le parc d'Espiers couvrent une période correspondant théoriquement à :

- 95 % de la mortalité des chiroptères :
⇒ **correction de + 5 % lié à la période non suivie ;**
- 75 % de la mortalité des oiseaux :
⇒ **correction de + 25 % lié à la période non suivie.**

Ces **coefficients correcteurs** ont donc été appliqués afin d'exprimer les estimations par année, correspondant ainsi à un cycle normal de la plupart des espèces susceptibles d'être impactées.

4.2.3 ESTIMATION DE LA MORTALITÉ RÉELLE

Les estimations de la mortalité du parc ont été calculées avec les formules de **Jones, Huso et Erickson** par le biais de l'application **EolApp (Besnard & Bernard)**. L'utilisation conjointe de ces trois formules permet de comparer les résultats obtenus. En effet, bien que les modèles utilisés soient identiques, quelques différences existent. En situation de persistance courte (moins de 4 jours), le modèle d'Erickson étant connu pour sous-estimer la mortalité par rapport aux modèles plus récents d'Huso et Jones (cf. partie Méthodes de travail 3.1.3.2), ce dernier est seulement présenté à titre informatif.

En outre, l'application EolApp permet d'obtenir un résultat encadré par un **intervalle de confiance de 80 % (bornes à 10 % et 90 %)**.

Les différents paramètres pris en compte sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Récapitulatif des différents paramètres généraux pris en compte pour les estimations

Paramètres	Espiers
Période du suivi	Avril - Octobre 2019
Nbre d'éoliennes suivies	5
C (nombre de cadavres brut découverts sous les éoliennes dans un rayon de 60 m)	14
d (taux de détection moyen)	0,90
p brut (taux de persistance durant l'intervalle)	0,47
Tm (durée moyenne de persistance durant l'intervalle)	2,6 jours
I (intervalle moyen entre 2 visites)	4,8 jours
n (nombre de passage)	45
Sk (surface prospectée moyenne)	66%

4.2.3.1 Estimations de la mortalité globale sur l'ensemble du parc

Le tableau suivant présente les résultats des estimations de la mortalité réelle pour l'ensemble du parc (5 éoliennes) sur la période suivie (01 avril - 31 octobre 2019). Les valeurs présentées sont arrondies à 0,5 pour plus de simplicité.

Des exemples de captures d'écran de ces résultats sont présentés en annexe 4.

Résultats des estimations de la mortalité réelle sur la période du suivi (début avril - fin octobre), pour les 3 modèles et obtenues avec l'application EolApp

EolApp (test non-paramétrique)	Erikson			Huso			Jones			Moyenne Huso / Jones			Mortalité / éolienne sur la période suivie		
	Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		Moyenne	[IC 10 - 90%]	
Chiroptères	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oiseaux	25	15	39	38	24	55,5	40	25	59	39	24	59	7,8	4,8	11,8
Global	25	15	39	38	24	55,5	40	25	59	39	24	59	7,8	4,8	11,8

La moyenne des estimations d'Huso et Jones donne une valeur médiane de la mortalité d'environ **39 individus (intervalle de confiance à 80 % compris entre 24 et 59) impactés sur l'ensemble du parc pour la période de suivi** (avril - octobre, sur 45 passages).

Comme expliqué au paragraphe précédemment, une correction est appliquée afin d'obtenir une estimation de la mortalité réelle engendrée sur la totalité de l'année (+ 5 % pour les chiroptères, + 25 % pour les oiseaux, cf. 4.2.2.4). Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Du fait qu'aucun cadavre de chiroptères n'a été trouvé lors des 45 passages, il n'est pas possible de calculer une estimation ; mais cela ne veut pas dire pour autant qu'il n'y a jamais eu ou il n'y aura jamais quelques cadavres en réalité à l'avenir (ce qu'est exprimé par l'intervalle de confiance des estimations).

Résultats des estimations de la mortalité réelle avec correction annuelle liée à la période non suivie

2019 Avril - Oct	Chiroptères Oiseaux	Mortalité estimée (moyenne Huso/Jones)	Couverture temporelle de la mortalité	Correction annuelle	Mortalité corrigée sur l'année	Mortalité par éolienne et par an	Mortalité totale
		0	0,95	+ 5 %	0	0	49
		39	0,75	+ 25 %			

4.2.3.2 Estimations de la mortalité par éolienne

Les résultats bruts de la mortalité constatée sur le parc d'Espiers montrent une mortalité différentielle en fonction de l'éolienne considérée. La majeure partie des cadavres d'oiseaux ont été découverts au pied des éoliennes 3, 4 et 5. Une analyse détaillée par éolienne a de ce fait été réalisée, afin d'obtenir une estimation de la mortalité par éolienne. Pour ces calculs, les pourcentages moyens de surface prospectée pour chaque éolienne ont été utilisés (cf. partie 4.2.2.3). **Le tableau ci-dessous présente les résultats de la mortalité estimée d'oiseaux par éolienne.**

Résultats des estimations de la mortalité réelle d'oiseaux par éolienne sur la période suivie (début avril - fin octobre) pour les 3 modèles et obtenues avec l'application EolApp

Éolienne	E1			E2			E3			E4			E5			Mortalité moyenne/éolienne
Nb de cadavres bruts (oiseaux)	1			1			4			5			3			
EolApp (test non-paramétrique)	Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		
Erikson	1,5	0,0	4,0	1,5	0,0	4,0	7,0	2,0	14,0	10,0	4,5	17,5	5,5	2,0	11,0	5,1
Huso	2,5	0,0	5,5	2,5	0,0	5,5	10,5	3,0	20,5	15,5	7,0	25,0	8,5	3,0	16,0	7,9
Jones	2,5	0,0	6,0	2,5	0,0	6,0	11,0	3,0	22,0	16,0	7,5	26,5	9,0	3,0	17,0	8,2
Moyenne Huso / Jones	3	0,0	6,0	3	0,0	6,0	11	3,0	22,0	16	7,0	26,5	9	3,0	17,0	8,1
Mortalité par éolienne annuelle (+25%)	3,1			3,1			13,4			19,7			10,9			10,1

* Il est évident que la mortalité estimée ne peut être moindre que la mortalité brute constatée lors d'un suivi, de fait la borne inférieure de l'intervalle de confiance correspond en réalité au nombre de cadavres bruts

Les estimations de la mortalité réelle par éolienne précisent la répartition des cadavres. Ainsi, après une correction de +25 % liée à la période non suivie (novembre - mars) et pour le cas des oiseaux, la valeur médiane de la mortalité réelle est de 3,1 cadavres d'oiseaux par an pour les éoliennes 1 et 2 ; 10,9 cadavres par an pour l'éolienne 5 ; 13,4 cadavres par an pour l'éolienne 3 et 19,7 cadavres par an pour l'éolienne 4. Rapportée à l'ensemble du parc, ceci donne **une médiane d'environ 10 cadavres d'oiseaux par an par éolienne**, ce qui rejoint le résultat du tableau précédent (9,8 cadavres par an par éolienne), obtenu directement via les estimations moyennées pour l'ensemble du parc.

4.2.3.3 Conclusions sur les estimations de la mortalité réelle

La mortalité moyenne engendrée sur le parc d'Espiers est estimée à une valeur médiane de **39 cadavres pour la période du suivi**, soit de début avril à fin octobre avec un intervalle de confiance à 80 % compris entre 24 et 59. A l'exception d'un premier cadavre de Faucon crécerelle découvert en avril, **tous les 13 autres cas de mortalité se sont produits entre mi-juillet (après les moissons) et fin octobre**. En appliquant une correction liée à la période non suivie (+ 5 % pour les chiroptères, + 25 % pour les oiseaux 4.2.3), la mortalité atteint une médiane de **49 oiseaux sur l'ensemble du parc et par an** (principalement des passereaux à l'exception du Faucon crécerelle).

Le détail par éolienne montre que la mortalité est principalement concentrée sur les éoliennes 3 à 5. Pour ces trois éoliennes les plus impactantes, les estimations de la mortalité par éolienne varient d'environ 11 à 20 cadavres par an en valeur médiane. **En moyenne, cela représente une mortalité d'une dizaine de cadavres par éolienne et par an sur le parc d'Espiers** (uniquement des oiseaux).

Notons que les estimations de la mortalité réelle engendrée par le parc éolien d'Espiers et présentées ici concernent uniquement les oiseaux (passereaux principalement). Aucun cadavre de chiroptères n'ayant été trouvé en 2019, les estimations calculées avec les formules d'Erickson, Huso et Jones donnent nécessairement des résultats nuls.

Il est peu probable que la mortalité causée chez les chauves-souris soit strictement nulle. Une mortalité peut tout de même être supposée chez les chiroptères, mais de très faible ampleur (quelques cas isolés).

Par ailleurs, aucun cadavre n'a été découvert en première partie de suivi (entre avril et début juillet), mis à part un Faucon crécerelle. Il reste néanmoins possible que certains cadavres n'aient pas pu être découverts car tombés dans les zones non prospectées de classe 1 (visibilité mauvaise), du fait des cultures.

4.2.4 ANALYSE DE LA MORTALITÉ

4.2.4.1 Répartition spatiale

La distribution des cadavres découverts n'est pas homogène entre les éoliennes : sur toute la durée du suivi, un seul cadavre a été noté au pied des éoliennes E1 et E2 respectivement, **les éoliennes E3, E4 et E5 étant celles ayant le plus de mortalité constatée** (avec 4, 5 et 3 cadavres respectivement ; cf. partie 4.2.1.1).

Compte tenu de l'homogénéité du contexte paysager localement et aux abords du parc éolien d'Espiers, cela ne permet pas d'expliquer la répartition spatiale observée. En revanche, notons que les trois éoliennes (E3, E4 et E5) ayant causé le plus de mortalité sont celles situées sur l'alignement nord-est du parc (cf. carte « Localisation »). Tous les cadavres recensés (à l'exception d'un Faucon crécerelle) ont

tous été impactés en période de migration postnuptiale, lorsque le flux global suit un axe nord-est/sud-ouest. **La ligne formée par les éoliennes E3, E4 et E5 est donc a priori la première à laquelle les oiseaux en migration postnuptiale font face, pouvant potentiellement expliquer la mortalité plus forte engendrée par ces trois éoliennes.**

Par rapport à la distance au mât, **la majorité a été découverte au-delà de 20 m**, avec près de la moitié (42%, 6 cadavres sur 14) découverts entre 20 et 40 m (cf. 4.2.1.1). D'après la bibliographie, une majorité des cadavres tombe dans un rayon de 50 m autour des mâts (GRÜNKORN *et al.*, 2005 ; BRINKMANN *et al.*, 2011). Dans le cas du parc éolien d'Espiers, une partie non négligeable a été découverte au-delà des 50 m : 35% des cadavres (5 sur 14) ont été retrouvés entre 50 et 75 m du mât. Il s'agit, soit d'un rapace (Faucon crécerelle), soit de petits passereaux (Gobemouche, Roitelets, ...). Ces observations confirment l'importance d'élargir les zones de recherches dans le cas de machines à grande longueur de pales (ici 58,5 m).

4.2.4.2 Analyse de la mortalité constatée sur les oiseaux

Les oiseaux représentent la totalité des 14 cas de mortalité constatés sur le parc d'Espiers.

La mortalité des oiseaux concerne en grande partie les **passereaux**, avec 12 cadavres sur 14 appartenant à ce groupe. Les espèces ainsi impactées en 2019 sont : les roitelets (non identifiés ou à triple-bandeau), la Linotte mélodieuse, l'Etourneau sansonnet, l'Hirondelle de fenêtre et le Gobemouche noir. Les autres espèces touchées sont un rapace (Faucon crécerelle) et un Martinet noir.

La mortalité observée est concentrée sur la période de migration postnuptiale. Un seul cadavre a été retrouvé en première partie du suivi, le 23 avril 2019. Tous les autres cas de mortalité ont été recensés entre le 29 juillet et le 31 octobre 2019.

La liste des cadavres découverts sur le parc en 2019 (avec le détail des dates de découvertes, les éoliennes concernées, l'état des cadavres, la distance au mât, etc...) est donnée en annexe 3.

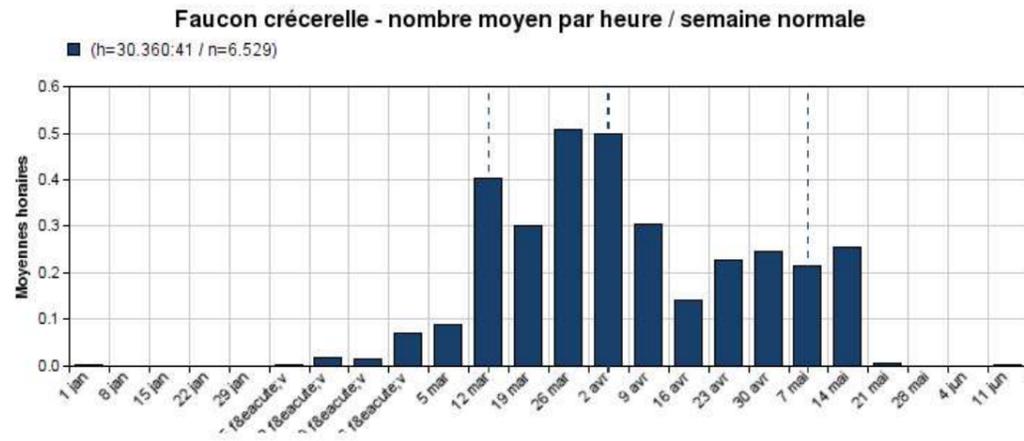


Aile de Faucon crécerelle (éolienne 4, le 23/04/2019)
(E. Brunet – Ecosphère)



Restes d'aile de Martinet noir (éolienne 5, le 12/08/19) (L. Boutault – Ecosphère)

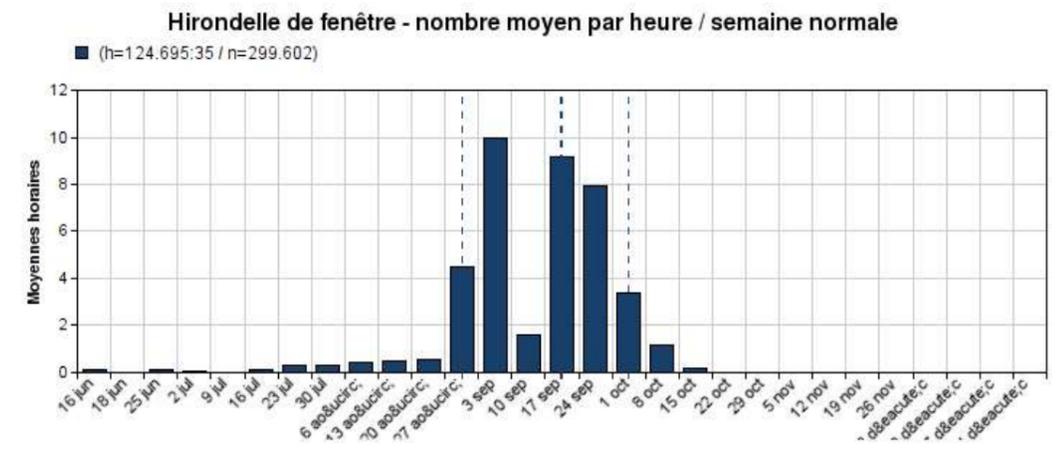
Un Faucon crécerelle a été impacté en début de suivi. Une aile d'un individu adulte a été découverte au pied de l'éolienne 4 le 23/04/2019. Il peut s'agir d'un migrateur tardif (cf. figure ci-après) ou d'un individu de la population nicheuse locale. La migration du Faucon crécerelle en plaine est assez diffuse et difficile à juger, et la présence d'individus locaux étant constatée régulièrement sur site, ce cadavre est considéré comme issu de la population locale. L'oiseau a été trouvé au pied de l'éolienne 4 à 74 m du mât en dehors du rayon théorique de prospection. La visibilité au sol était bonne (labour fin), permettant de détecter de loin ce cadavre de taille moyenne. Aucun autre élément paysager ne permet d'expliquer cette mortalité, une collision avec les pales étant la seule cause probable. Elle a donc été gardée dans les analyses bien qu'à grande distance du mât.



Phénologie de la migration printanière du Faucon crécerelle en France (source : www.trektellen.org)

Au vu des tailles de populations estimées en Europe (409 000 couples selon BirdLife International, 2015), le total de cadavres connu en Europe est élevé (598 cas au 7 janvier 2020 selon T. Dürr dont 105 en France) et la **sensibilité de l'espèce à ce type d'impact est assez forte**. Étant donné la faible densité des nicheurs en zone de cultures, la perte d'un individu reproducteur risque soit de fragiliser la pérennité de l'espèce localement, soit d'entraîner un effet puits, c'est-à-dire d'attirer d'autres individus à proximité des éoliennes.

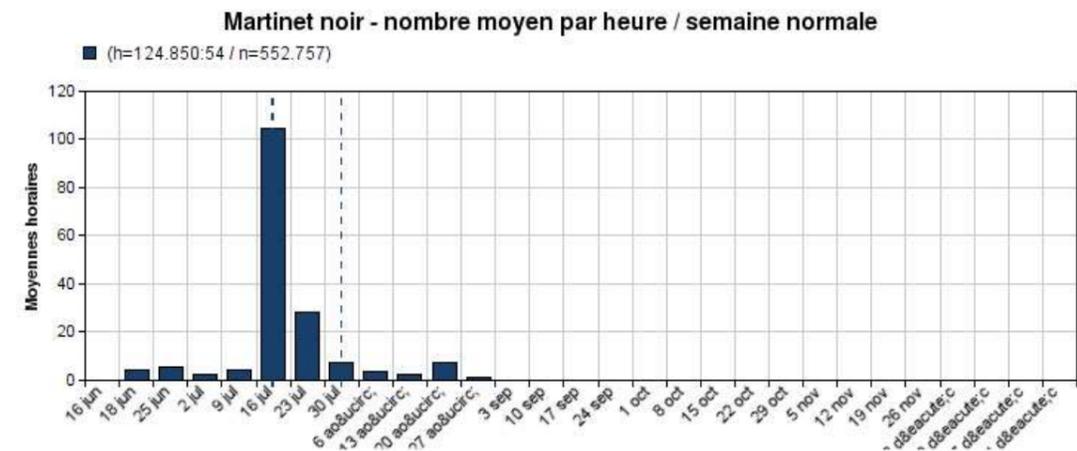
Une Hironnelle de fenêtre a été retrouvée au pied de l'éolienne 3 le 29/07/2019. Des restes de plumes ont été retrouvés dans une parcelle de blé chaumé. La fréquentation du parc par les hirondelles n'étant pas remarquable en période de nidification, il peut s'agir d'un migrateur précoce pour cet individu (cf. ci-après).



Phénologie de la migration automnale de l'Hironnelle de fenêtre en France (source : www.trektellen.org)

Au vu des tailles de populations estimées en Europe (11,2 millions de couples selon BirdLife International, 2015), le total de cadavres connu en Europe (298 cas au 7 janvier 2020 selon T. Dürr) implique une **sensibilité au risque de collision de niveau faible**.

Un Martinet noir a été découvert lors de la première quinzaine d'août, correspondant à un migrateur tardif, le pic de migration postnuptiale de l'espèce étant tôt vers la mi-juillet (cf. ci-après). L'oiseau a été découvert au pied de l'éolienne 5 le 12/08/2019. Les Martinets noirs sont des migrateurs transsahariens, c'est-à-dire qu'ils sont présents dans nos contrées de mai à juillet pour se reproduire, puis partent en Afrique Centrale pour passer l'hiver. Il niche principalement dans des structures anthropiques (toitures, fissures et cavités en bâti).

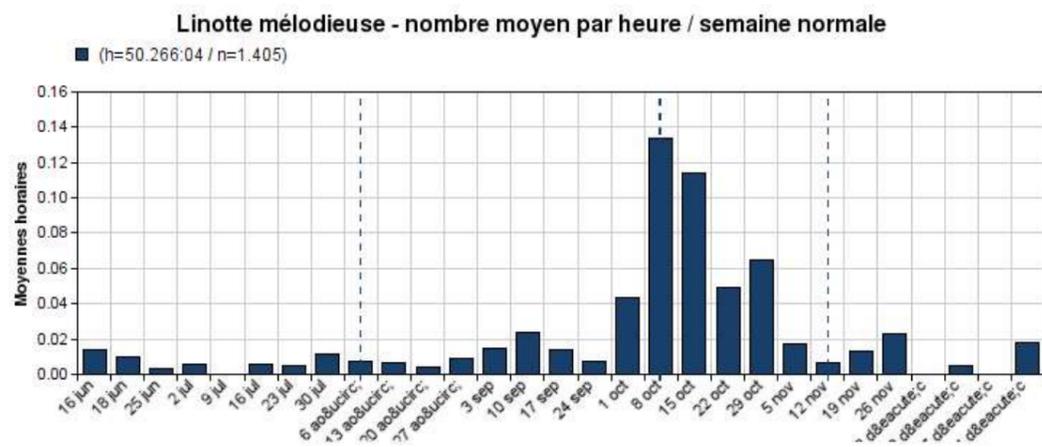


Phénologie de la migration automnale du Martinet noir en France (source : www.trektellen.org)

Au vu des tailles de populations estimées en Europe (19,1 millions de couples selon BirdLife International, 2015), le nombre de cadavres recensé de 407 individus (au 7 janvier 2020 selon T. Dürr) implique une **sensibilité au risque de collision de niveau faible**.

Une **Linotte mélodieuse** a été retrouvée au début du mois de septembre au pied de l'éolienne 3. L'espèce, bien qu'en déclin au niveau national, reste commune dans la région. Elle niche dans les milieux semi-ouverts, favorisant les structures arbustives. L'espèce est migratrice partielle, les populations du nord de l'Europe se déplaçant plus au sud pour la période hivernale. D'importants regroupements peuvent ainsi être observés, notamment dans les champs et zones cultivées. L'individu ici impacté, une femelle adulte, peut s'agir d'un oiseau issu des populations locales ou d'un des premiers migrateurs (cf. ci-après). La linotte se déplace rarement à haute altitude pour ses déplacements locaux en période de nidification. Le comportement de l'espèce laisse donc supposer qu'il s'agit plus vraisemblablement d'un individu migrateur.

Au vu des tailles de populations estimées en Europe (17,6 millions de couples selon BirdLife International, 2015), le nombre de cadavres recensés de 49 individus en Europe (au 7 janvier 2020 selon T. Dürr) implique **une sensibilité au risque de collision de niveau faible**.



Phénologie de la migration automnale de la Linotte mélodieuse en France (source : www.trektellen.org)



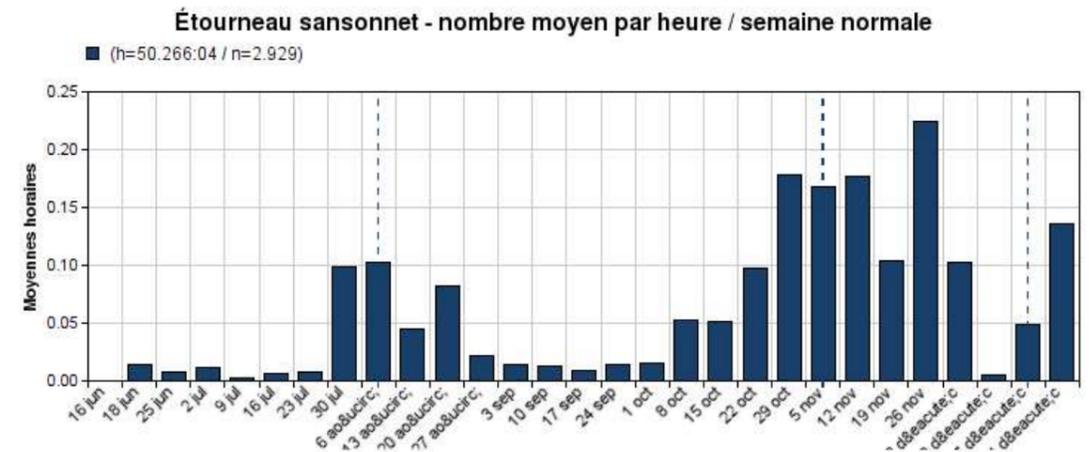
Linotte mélodieuse (éolienne 3, le 02/09/19)
(L. Boutault – Ecosphère)



Étourneau sansonnet décapité (éolienne 5, le 23/09/19)
(L. Boutault – Ecosphère)

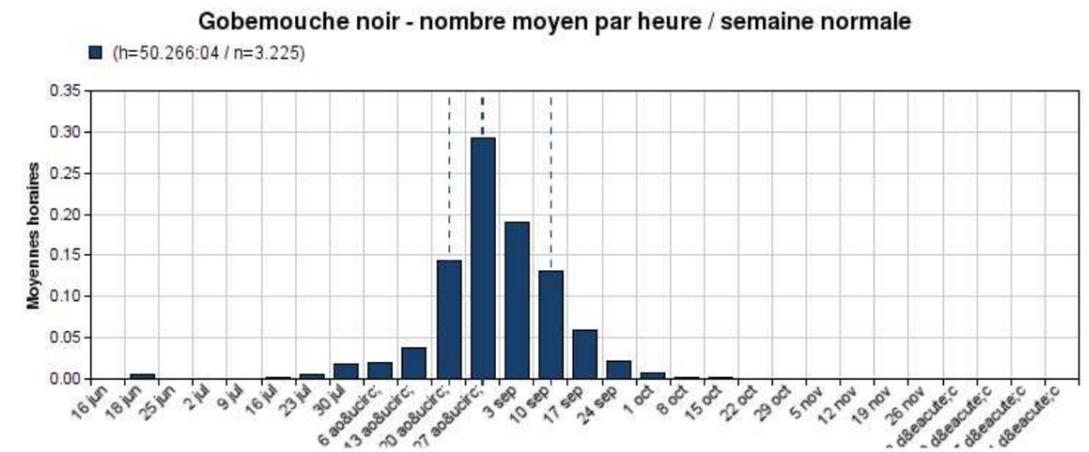
Deux **Étourneaux sansonnets** ont été découverts, le premier, sectionné en deux, au niveau de l'éolienne 5 le 23/09/2019, le second au niveau de l'éolienne 3 le 31/10/2019. Cette espèce est très grégaire, pouvant former des groupes de plusieurs dizaines de milliers d'individus en période postnuptiale, avec un afflux plus important au cours des mois d'octobre à décembre (cf. ci-après). Il s'agit ici encore probablement d'individus migrants.

Les tailles de populations estimées en Europe (28,8 millions de couples selon BirdLife International, 2015) et le nombre de cadavres recensés de 207 individus en Europe (au 7 janvier 2020 selon T. Dürr) impliquent **une sensibilité au risque de collision de niveau faible**.



Phénologie de la migration automnale de l'Étourneau sansonnet en France (source : www.trektellen.org)

Un **Gobemouche noir** a été retrouvé le 05/09/2019 dans un labour autour de l'éolienne 4. Ce cadavre, retrouvé décapité et en dehors du rayon de prospection théorique (à 68 m du mât), a pu être détecté du fait d'une bonne visibilité (labour fin). La cause de l'éolienne ne laissant pas de doute pour ce cas de mortalité, il a été conservé dans les analyses. Les gobemouches sont migrateurs : présents en France et dans le nord de l'Europe d'avril à août-septembre, ils repartent en Afrique sub-saharienne durant l'hiver. L'espèce est nicheuse principalement dans des boisements mixtes ou de feuillus. En période de migration, elle se déplace généralement de nuit à haute altitude. Aussi, il s'agit là d'un individu migrateur, la date de découverte correspondant au pic de migration automnale de l'espèce (cf. ci-après).



Phénologie de la migration automnale du Gobemouche noir en France (source : www.trektellen.org)

Au vu des tailles de populations estimées en Europe (12,5 millions de couples selon BirdLife International, 2015), le nombre de cadavres recensés de 79 individus en Europe (au 7 janvier 2020 selon T. Dürr) implique **une sensibilité au risque de collision de niveau faible**.

La moitié de la mortalité constatée en 2019 sur le parc d'Espiers concerne des roitelets, avec un total de 7 cadavres (2 Roitelets à triple bandeau et 5 roitelets non identifiés).



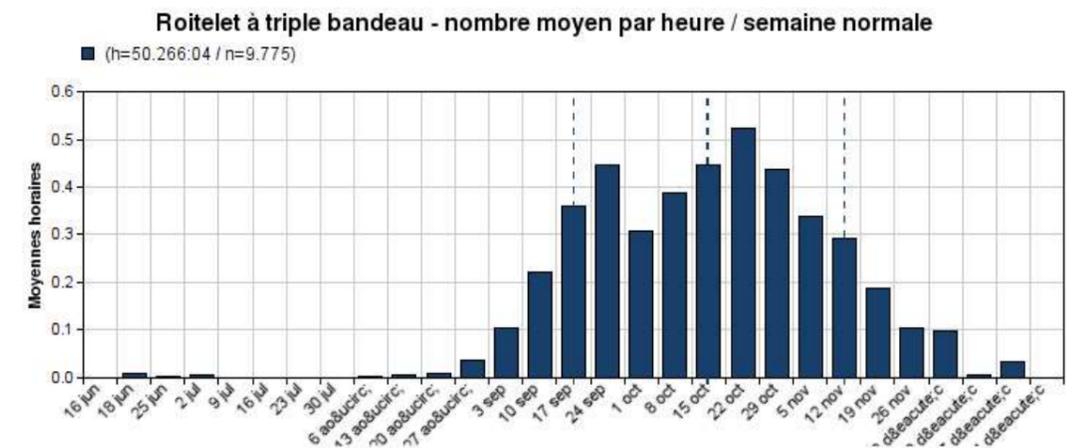
Cadavres de Roitelets à triple bandeau (éolienne 4 le 02/09/2019 à gauche ; éolienne 2 le 04/10/2019 à droite) (L. Boutault – Ecosphère)



Restes de roitelets (plumes ou corps décomposé) non identifiables (éolienne 4 le 24/10/2019 à gauche ; éolienne 1 le 30/09/2019 à droite) (L. Boutault – Ecosphère)

L'ensemble des 7 cadavres de roitelets ont été découverts sur la période septembre – octobre, entre 02/09/2019 et le 28/10/2019. Les 5 éoliennes du parc ont engendré de la mortalité sur ce groupe d'espèces, avec 1 cadavre par éolienne sur E1, E2, E3 et E5 et 3 cadavres sur E4. Il s'agissait de cadavres retrouvés soit dans un état de décomposition avancé, soit relativement frais (non présents au passage précédent 3 ou 4 jours plus tôt) mais prédatés et pour lesquels seuls des tas de plumes restants ont permis de détecter la mortalité. L'identification à l'espèce (Roitelet huppé ou à triple bandeau) n'a donc pas été possible dans ces cas-là.

Les roitelets sont des migrateurs partiels¹¹, présents toute l'année en France mais dont les individus du nord de l'Europe migrent vers le Sud en passant par la France. Le Roitelet à triple bandeau est nicheur dans tout type de boisement, alors que le Roitelet huppé se retrouve plutôt dans les boisements de conifères ou mixtes. En période de migration et au vu des très nombreux cadavres découverts sur l'ensemble des parcs éoliens, ces deux espèces fréquentent des milieux très divers et leur comportement semble différer sensiblement. **Les roitelets impactés lors de ce suivi sont des migrateurs**, les dates de découvertes des cadavres correspondant au pic de migration de l'espèce, à savoir entre septembre et octobre (cf. ci-dessous Erreur ! Source du renvoi introuvable.).



Phénologie de la migration automnale du Roitelet à triple bandeau en France (source : www.trektellen.org)

Au vu des tailles de populations estimées pour le Roitelet à triple bandeau en Europe (4,18 millions de couples selon BirdLife International, 2015), le total de cadavres connu en Europe de 261 individus implique une **sensibilité au risque de collision de niveau faible**. Il en est de même pour le Roitelet huppé, non identifié avec certitude mais potentiellement présent parmi les cadavres de roitelets non identifiables (20 millions de couples selon BirdLife International - 2015, nombre total de cadavres connu en Europe de 170 individus).

Toutefois, **il s'agit des oiseaux les plus concernés par le risque de collision** (le Roitelet à triple bandeau étant le 4^{ème} passereau après l'Alouette des champs, le Bruant proyer et l'Hirondelle de fenêtre à l'échelle de l'Europe et le 1^{er} oiseau tous groupes confondus en France). **Près de 60 % des Roitelets triple bandeau impactés le sont en France**, ce qui confère une responsabilité à ce pays, et en période de migration automnale comme cela est constaté sur le parc d'Espiers. Il convient par ailleurs d'ajouter que les chiffres de mortalité sont très probablement sous-estimés du fait de la disparition rapide (dégradation naturelle + prédation) de leurs cadavres. Un autre facteur de sous-estimation lié à la phénologie de ces espèces vient s'ajouter : de nombreux suivis de mortalité, desquels sont issus une majorité des chiffres de Dürr, échantillonnent peu les périodes de vol de cette espèce (octobre/novembre). De récents suivis en France démontrent par exemple que les roitelets payent un tribut de plus en plus lourd qu'il convient d'analyser en termes d'impacts cumulatifs. Des informations récentes issues du réseau naturaliste et concernant les suivis de mortalité semblent indiquer une mortalité particulièrement forte sur les roitelets à l'automne 2019 (notamment en région Centre-Val de Loire), probablement liées à de mauvaises conditions météorologiques. Outre l'existence de flux

¹¹ Les populations ou espèces chez lesquelles seule une partie des individus effectue une migration, ou dont le renouvellement (les oiseaux du nord remplaçant ceux du sud) donne l'impression d'une présence continue tout au long de l'année, sont dites migratrices partielles. Il s'agit généralement d'espèces migratrices petit ou moyen-courrier.

migratoires à travers le parc éolien, les populations d'oiseaux migrateurs impactées par les éoliennes pourraient aussi être attirées par les balisages lumineux lorsqu'ils sont en migration. Le Roitelet à triple bandeau présente une dynamique favorable (âge adulte rapidement atteint, taux de reproduction important, etc.) et les tendances européennes et françaises montrent une stabilité des tailles de population. Le Roitelet huppé, espèce potentiellement impactée, montre quant à elle une diminution de ses effectifs en France. Au vu de cet ensemble de critères et particulièrement de l'intensité de la mortalité constatée sur ces espèces, **la sensibilité à ce type d'impact est augmentée à moyenne.**

Notons que les 7 espèces impactées sur le parc éolien d'Espiers font partie des espèces les plus touchées au niveau européen ou en France. Notamment, le Roitelet à triple bandeau, le Martinet noir et le Faucon crécerelle sont les trois espèces les plus touchées en France (Durr, 2020).

4.2.4.3 Analyse de la mortalité constatée sur les chauves-souris

Aucun chiroptère n'a été retrouvé au pied des éoliennes du parc d'Espiers lors de ce premier suivi en 2019.

Le contexte paysager aux abords proches des éoliennes n'est pas favorable à la présence ou au transit de ces espèces. Le parc est situé dans un contexte agricole intensif, fait de cultures de céréales, maïs ou betteraves principalement. Aucune structure arbustive ou arborée n'est présente à proximité des éoliennes (absence de bosquets, de haies...). Le bosquet le plus proche est situé à environ 300 m au nord-ouest de l'éolienne 5. Aussi, la mise en culture des parcelles et l'utilisation de pesticides ne favorise pas le développement de la micro-faune (insectes et invertébrés du sol). Le site ne paraît donc pas attractif pour les chiroptères.

Toutefois, il est peu probable que la mortalité causée chez les chauves-souris soit strictement nulle. **Une mortalité peut tout de même être supposée chez les chiroptères, mais de très faible ampleur (quelques cas isolés).**

4.2.5 CONCLUSION SUR LE SUIVI DE MORTALITÉ

Le suivi réalisé en 2019 sur le parc d'Espiers était constitué de **45 passages répartis entre le 01/04 et le 31/10/2019**, avec une fréquence d'un passage tous les 7 jours d'avril à juillet et d'un passage tous les 3 ou 4 jours d'août à octobre, soit un **intervalle moyen entre les passages de 4,8 jours**. Les **5 éoliennes** du parc ont été suivies sur l'ensemble de la période. Les recherches ont été réalisées dans un **rayon de 60 m** autour du mât. La **surface moyenne de prospection est de 66 % sur l'intégralité du suivi** (variant de 58 à 74 % selon l'éolienne). Les tests de détection réalisés pour les deux observateurs montrent une **délectabilité moyenne de 90 %**. Les tests de persistance réalisés à partir de 30 leurres montrent une **persistance moyenne de 47 %** durant l'intervalle (4 j).

14 cadavres ont été découverts, uniquement des oiseaux, parmi lesquels :

- **1 rapace** (1 Faucon crécerelle [sédentaire probable]) ;
- **12 passereaux appartenant à 5 espèces, dont 7 roitelets** (2 Roitelets à triple bandeau [migrateurs], 5 roitelets non identifiés [migrateurs], 1 Hirondelle de fenêtre [migratrice probable], 1 Linotte mélodieuse [migratrice], 1 Gobemouche noir [migrateur], 2 Etourneaux sansonnets [migrateurs]) ;
- **1 apodiforme** (1 Martinet noir [migrateur]).

Les résultats bruts de mortalité ont été corrigés selon 3 modèles (Erickson, Huso et Jones) à partir de nos calculs et de l'application EolApp développée par Besnard et Bernard. La moyenne des estimations d'Huso et Jones donne une valeur médiane de la mortalité d'environ **39 individus (intervalle de confiance 80 % compris entre 24 et 59), concernant uniquement les oiseaux (passereaux principalement).**

En appliquant une correction liée à la période non suivie (+ 5 % pour les chiroptères, + 25 % pour les oiseaux), **la mortalité médiane atteint 49 individus sur l'ensemble du parc et par an, soit environ une dizaine de cadavres par éolienne**. Les éoliennes les plus impactantes sont les éoliennes 3, 4 et 5, pour lesquelles la mortalité estimée par éolienne varie d'environ 11 à 20 cadavres par an (valeurs médianes).

Ces estimations concernent uniquement des cadavres d'oiseaux, la mortalité brute des chiroptères étant nulle sur le parc d'Espiers en 2019. Une mortalité peut tout de même être supposée chez les chiroptères, mais de très faible ampleur et négligeable.

4.3 SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE

4.3.1 VALIDITÉ DU MATÉRIEL UTILISÉ

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

Pour ce suivi acoustique, le micro a été opérationnel de la mi-avril jusqu'au 20 juillet, ensuite il a accusé une période de défaillance jusqu'au 18 août (29 nuits). Puis, une remise en route a permis de retrouver une période opérationnelle quasi continue, à l'exception de 7 nuits en septembre et 2 nuits en novembre (toute fin de suivi).

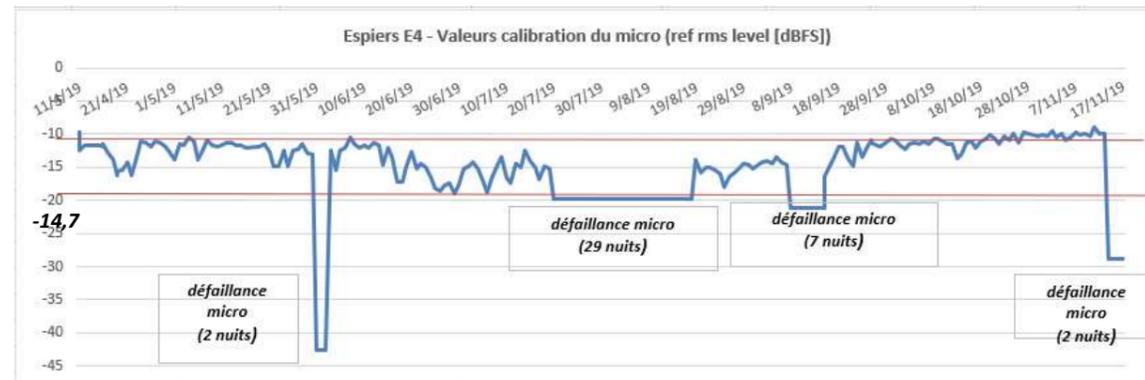


Figure 1 - Valeurs de calibration quotidienne du micro du Batmode S+ (ref rms level [dBFS])

4.3.2 DESCRIPTION DES ACTIVITÉS ENREGISTRÉES

4.3.2.1 Bilan par mois et par espèce

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

L'activité globale, nulle en avril, juillet et septembre, est dominée par la Pipistrelle commune en mai-juin. La Noctule de Leisler reste majoritaire en août et octobre avec l'apparition à raison de contacts unitaires. En octobre et novembre. Après octobre, l'activité était quasi nulle mise à part deux contacts de Pipistrelles Kuhl/Nathusius.

Activités mensuelles enregistrées du 11 avril au 17 novembre 2019 depuis la nacelle de E4

Espiers E4	Noctule de Leisler*	Pipistrelle commune	Pipistrelles de Kuhl/Nathusius	Total
Avril (11 au 30)				
Mai (1er au 28)		4		4
Juin (3 au 30)		18		18
Juillet (1 au 19)				
Août (18 au 31)	4			4
Septembre (1 au 8 et 16 au 30)				
Octobre (1 au 31)	8	4	1	13
Novembre (1 au 21)			1	1
Total	12	26	2	40

4.3.2.2 Chronologie de l'activité

Le graphique suivant présente la chronologie quotidienne du suivi. Les activités quotidiennes sont très irrégulièrement distribuées avec l'apparition de petits pics (< 10 contacts /nuit).

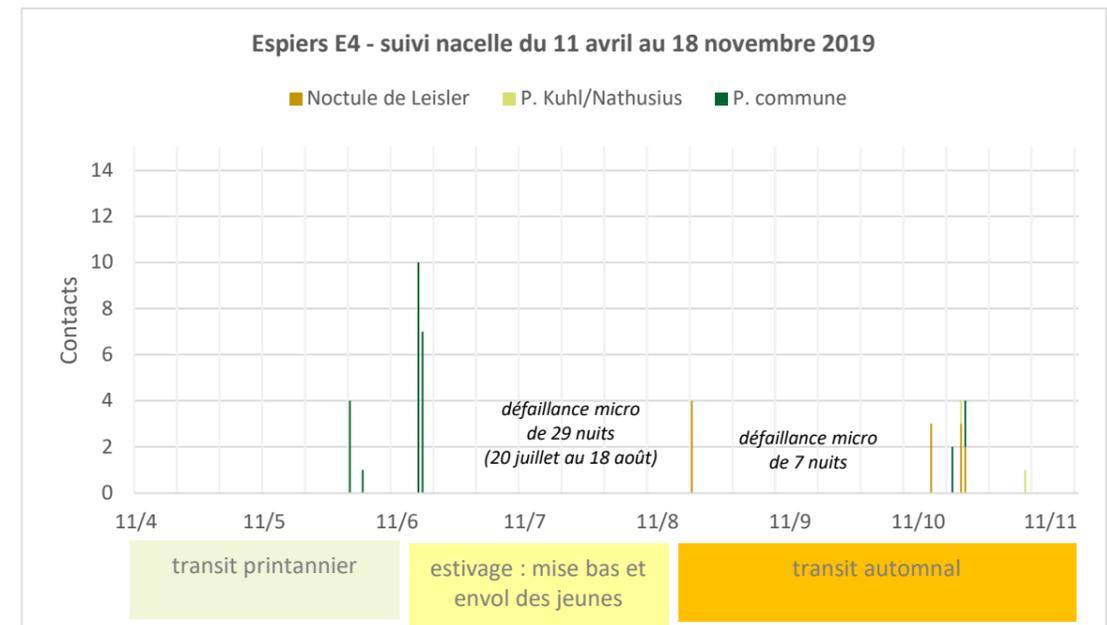


Figure 2 – Chronologie de l'activité quotidienne du suivi acoustique depuis la nacelle de E4

4.3.2.3 Distribution des contacts de chaque espèce selon la date et l'heure

Le graphique ci-dessous présente la distribution de tous les contacts en fonction de l'heure après le coucher du soleil. Les contacts sont surtout enregistrés sur les 7 premières heures de la nuit en juin n (pipistrelles). En octobre, cela va jusqu'à 9 h après le coucher. Les autres mois, le faible nombre de contacts ont été enregistrés en début de nuit.

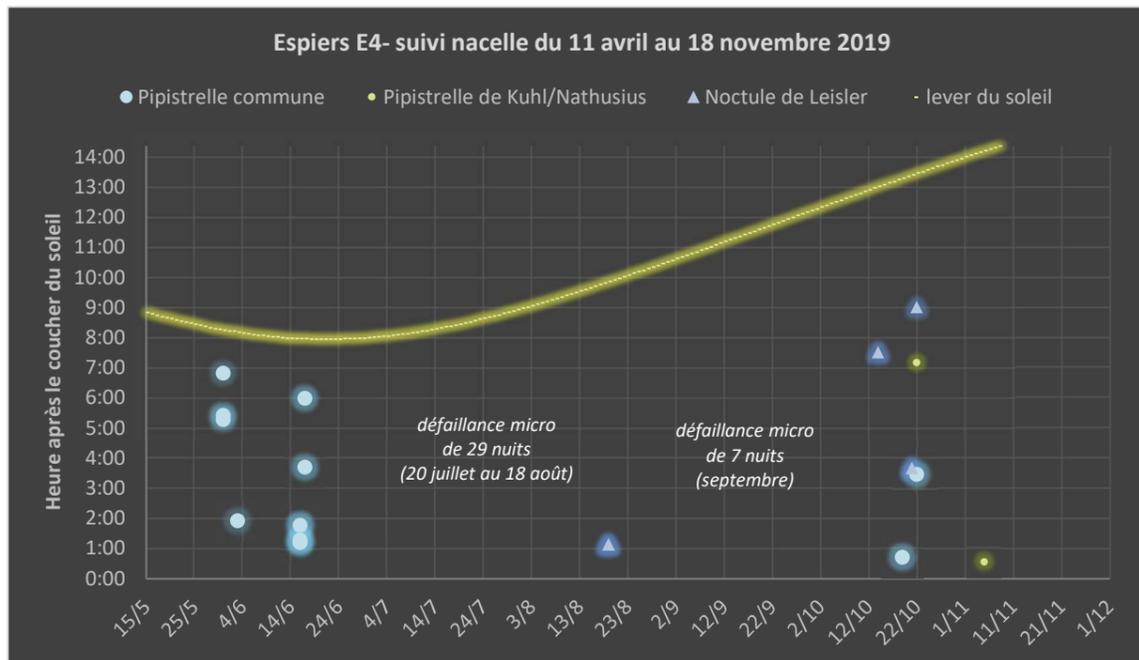


Figure 3 – E4 : Distribution des contacts en fonction de la date et de l'heure après le coucher du soleil

4.3.3 SYNTHÈSE ET ÉVALUATION DES ACTIVITÉS

4.3.3.1 Indicateurs de la fréquentation

Les tableaux suivants synthétisent l'ensemble de ces résultats à l'aide de plusieurs indicateurs :

- le nombre de nuits où le suivi a été opérationnel ;
- la moyenne par nuit des contacts (toutes espèces confondues) sur toutes les nuits suivies ;
- la moyenne par nuit des contacts des espèces dites migratrices* (noctules et Pipistrelle de Nathusius) sur toutes les nuits suivies ;
- le nombre de nuits avec au moins 1 contact enregistré (nuit positive) ;
- le nombre de nuits avec des totaux de contacts supérieurs ou égaux à 20 par nuit (pic) ;
- le nombre maximal de contacts (toutes espèces confondues) par nuit ;

L'ensemble des résultats indiquent des faibles activités ou quasi nulles malgré les quelques nuits non suivies à cause de défaillances du micro, et un très faible nombre de nuit avec au moins un contact. Il s'agit de quelques individus isolés, sauf en juin où quelques pipistrelles ont pu chasser autour de la nacelle temporairement en première partie de nuit.

Bilan statistique du suivi en nacelle 2019

Espiers E4	Nuits opérationnelles	Moyenne par nuit	Moyenne Noctule par nuit	Nuits avec au moins 1 contact	Nuits avec plus de 10 contacts	Nombre contacts max par nuit
Avril	20	0,0	0,0	0	0	0
Mai	28	0,1	0,0	1	0	4
Juin	28	0,6	0,0	3	1	10
Juillet°	19	0,0	0,0	0	0	0
Août°	13	0,3	0,3	1	0	4
Septembre	22	0,0	0,0	0	0	0
octobre	31	0,4	0,3	4	0	5
Novembre	13	0,1	0,0	1	0	1

°défaillance micro de 29 nuits (20 juillet au 18 août)

4.3.3.2 Évaluation par comparaison avec un référentiel d'activité (compilation des résultats en contacts par nuit) issus d'autres suivis en nacelle

Une approche basée sur l'agrégation de nombreux résultats, issus de nombreux suivis d'une grande région, permet d'établir des classes statistiques délimitées par des seuils que sont les quantiles des données (valeurs qui divisent un jeu de données en intervalles).

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

Les données de ces suivis ont été compilées et une méthode habituellement utilisée en statistique et théorie des probabilités a été appliquée : les quantiles. Ce sont les valeurs qui divisent un jeu de données en intervalles contenant le même nombre de données. Il y a donc un quantile de moins que le nombre de groupes créés.

Différentes valeurs ont par conséquent été obtenues pour les seuils des quantiles 25 %, 50 %, 75 % et 90 %. Ces 4 seuils permettent ainsi d'établir 5 classes d'activités pour chaque espèce allant de faible (nombre de contacts inférieurs au nombre défini pour le quantile 25 %) à très forte (nombre de contacts supérieurs au quantile 90 %).

Tableau 2 : Référentiel d'activité en altitude « Altisphère » - valeurs issues d'une compilation de 466 avec au moins 1 contact a été enregistré. Données pour 11 éoliennes réparties sur 8 sites différents implantés en milieu ouvert (2016 à 2019) dans le grand quart nord-ouest de la France

REFERENTIEL NACELLE Quart nord-ouest de la France en milieux ouverts		Seuils de nombre de contacts par nuit			
Espèce	Q25 %	Q50 %	Q75 %	Q90 %	
TOUTES ESPECES	2	4	10	28	
Noctule commune	2	4	9	34	
Noctule de Leisler	1	3	5	12	
Sérotine commune	0	0	0	1	
Sérotine / Noctules	1	2	6	17	
Pipistrelle commune	1	3	7	15	
Pipistrelle de Kuhl	1	3	5	9	
Pipistrelle de Nathusius	1	1	4	4	
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	1	1	2	6	
Murin indéterminé	0	0	0	1	

Le tableau ci-dessous répartit les résultats du suivi (nombre de nuits « positives » toutes espèces confondues) dans les différentes classes d'activité délimitées par les seuils du référentiel « Altisphère » correspondant. Le nombre de nuits « positives » supérieures au quantile 75 % est indicateur d'une activité particulièrement forte et remarquable.

Sur la période du suivi 2019 (174 nuits, dont 10 « positives »), 1 seule nuit en juin a été classée comme ayant une activité chiroptérologique sensiblement importante.

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

A partir de ce référentiel, le tableau ci-dessous présente **les résultats par espèce (nombre de contacts par nuit) sur toute la période du suivi.**

La seule espèce qui présente quelques cas d'activités fortes à très fortes¹² (quantiles de 75 à 100 %) est la Pipistrelle commune ; les autres espèces atteignent seulement des niveaux d'activité modéré au mieux (50 à 75 %).

¹² En fait, c'est la rareté d'occurrence d'un tel résultat qui est analysé ici. Exemple analogue : 30 °C au mois de novembre en Picardie est un événement rare... si pas très rare !

Évaluation des résultats par espèce sur l'ensemble du suivi en fonction du référentiel d'activité des suivis nacelles dans le nord-est de la France (Ecosphère, 2014-2018)

Espèce	Q1-25	Q25-50	Q50-75	Q75-90	Q90-100
Noctule de Leisler		1	3		
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	1				
Pipistrelle commune	1	2	1	2	
TOUTES	2	4	2	1	

Les résultats pour l'activité globale de ces suivis sont également classés mois par mois dans le tableau ci-dessous. Un seul cas d'activité, enregistré le 16 juin (Pipistrelle commune), est quasiment qualifiée de forte (Q75 à 90 %). Toutes les autres nuits ont des activités qualifiées d'assez fortes (Q50-75 %) à faibles (Q1-25 %).

Évaluation des résultats du suivi (toutes espèces) en fonction du référentiel d'activité des suivis nacelles dans le nord-ouest de la France (Ecosphère, 2014-2018)

Mois	Q1-25	Q25-50	Q50-75	Q75-90	Q90-100
Avril					
Mai		1			
Juin	1		1	1	
Juillet					
Août		1			
Septembre					
Octobre	1	2	1		
Novembre	1				
Décembre					

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

4.3.4 RÉPARTITION DE L'ACTIVITÉ SELON L'HEURE DE LA NUIT

Le tableau ci-dessous montre que plus de 90 % de l'activité globale sur l'ensemble du suivi a été enregistrée entre 30 min avant le coucher du soleil jusqu' à 7h30 après, notamment à cause d'un léger pic de noctules enregistré plus tardivement au mois d'octobre.

Pourcentages d'activité en fonction de l'heure après le coucher du soleil pour toute la période du suivi

Espiers E4	Avril	Mai	Juin	Juillet*	août	septembre	octobre	novembre	Total général
-30 min à +30 min	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,4	100,0	5,7
+30 min à +1h30 min	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,4	100,0	5,7
+1h30 min à +2h30 min	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,8	100,0	18,5
+2h30 min à +3h30 min	0,0	0,0	61,1	0,0	100,0	0,0	53,8	100,0	56,7
+3h30 min à +4h30 min	0,0	0,0	77,8	0,0	100,0	0,0	53,8	100,0	64,3
+4h30 min à +5h30 min	0,0	75,0	77,8	0,0	100,0	0,0	53,8	100,0	72,0
+5h30 min à +6h30 min	0,0	100,0	100,0	0,0	100,0	0,0	53,8	100,0	84,7
+6h30 min à +7h30 min	0,0	100,0	100,0	0,0	100,0	0,0	84,6	100,0	94,9
+7h30 min à +8h30 min	0,0	100,0	100,0	0,0	100,0	0,0	84,6	100,0	94,9
+8h30 min à +9h30 min	0,0	100,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0
+9h30 min à +10h30 min	0,0	100,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0

4.3.5 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITÉ SELON LES VITESSES DE VENT

Le graphique ci-dessous montre comment les contacts de chauves-souris se distribuent par rapport aux vitesses moyennes de vent enregistrées la nuit sur l'ensemble de la période de suivi.

La très grande majorité de la quarantaine de contacts (82,5 %) a été enregistrée à des vitesses moyennes inférieures à 7 m/s, et 62,5 % à 6 m/s. Il y a eu néanmoins 20 % d'activité enregistré (8 contacts) entre 6,5 et 7 m/s.

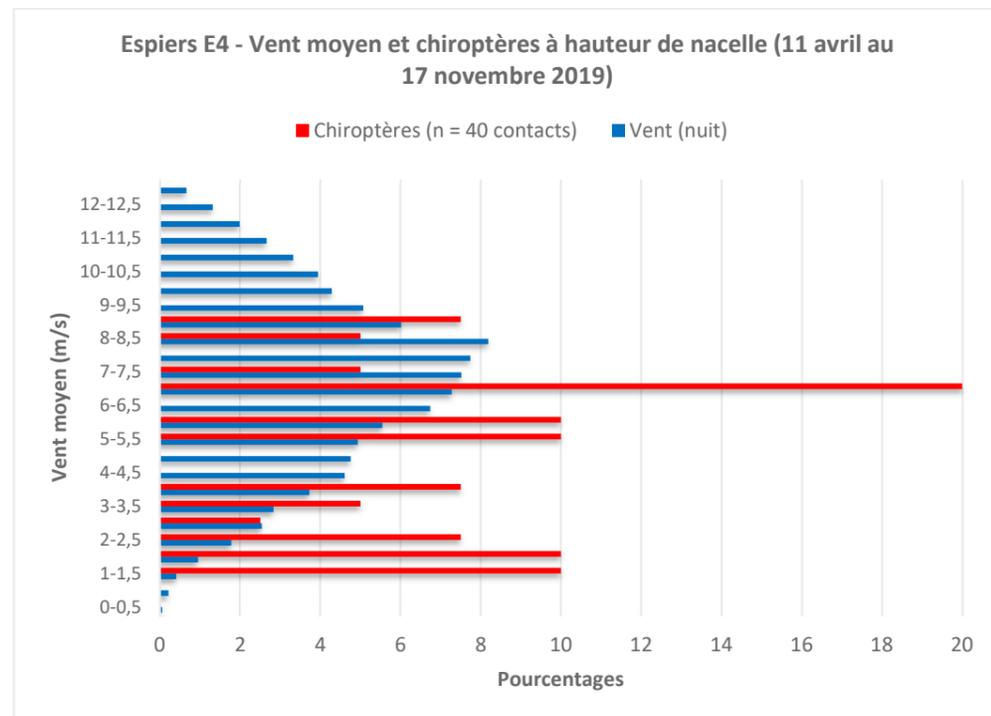


Figure 4 - Distribution de l'activité selon les vitesses moyennes de vent (de nuit seulement)

4.3.6 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITÉ SELON LA TEMPÉRATURE

Le graphique ci-dessous montre comment les contacts de chauves-souris se distribuent par rapport aux températures moyennes enregistrées la nuit sur l'ensemble de la période de suivi.

Tous les contacts ont été enregistrés à des températures nocturnes moyennes comprises entre 11 et 25°C, avec une répartition différente pour juin à août allant de 19 à 25 °C par rapport à octobre allant de 11 à 16°C.

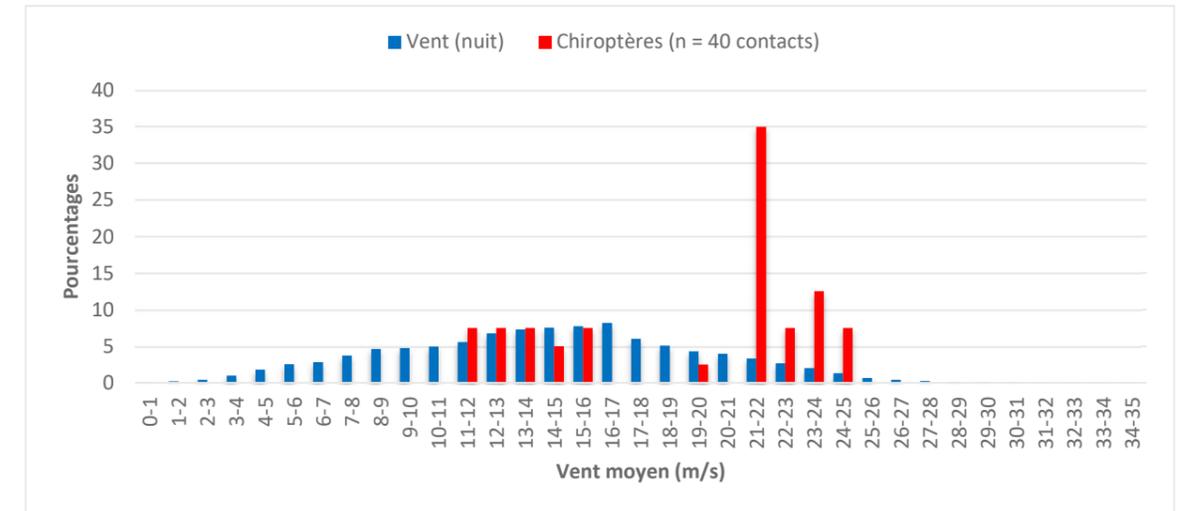


Figure 5 - Distribution de l'activité selon les températures moyennes de nuit seulement

4.4 SUIVI DE FRÉQUENTATION DE L'AVIFAUNE

4.4.1 L'ŒDICNÈME CRIARD

L'ensemble des passages effectués sur le parc éolien d'Espiers ont permis de mettre évidence un cantonnement régulier de l'Œdicnème criard au sein du parc. Les cantonnements se trouvent dans les parcelles présentes aux abords des éoliennes, mises en cultures tardives ou à faible hauteur de végétation (maïs, betterave, pois...), ou sur les plateformes.

4.4.1.1 Cantonnements observés

Dès la mi-avril, lors des passages sur site pour le suivi de mortalité, des premiers contacts de l'espèce ont été faits avec l'observation d'un ou deux individus.

Le premier suivi crépusculaire s'est déroulé au matin, le 23/04/2019. Lors de ce passage, deux individus ont été observés décollant de la friche en gestion. Partis dans les cultures alentours, ils ne sont pas retournés dans la friche jusqu'à la fin du point d'observation.

Les suivis de mortalité réalisés fin avril / début mai ont permis de noter la présence régulière d'au moins un individu au niveau de la plateforme de l'éolienne 4.



Friche conventionnée faisant l'objet du suivi, au 23/04/2019 (E. Brunet - Ecosphère)

Lors du deuxième passage, réalisé le 13/05/2019 en journée, deux individus ont été observés à proximité de l'éolienne 4, dont un partant du chemin d'accès à l'éolienne. L'observation de ce comportement a permis de cibler les recherches d'une nichée. Un nid d'Œdicnème criard a ainsi été trouvé à cette localisation. La nichée découverte comportait deux œufs, et était située à l'entrée de la plateforme de l'éolienne 4, à la bordure entre le chemin d'accès et la culture de pois adjacente (Photo ci-contre). Située le long du chemin d'accès à l'éolienne, le passage de véhicules à proximité de la nichée est régulier (chargé d'études réalisant les suivis de mortalité, agriculteurs, ouvriers pour la maintenance des machines...). La décision a donc été prise de baliser un périmètre autour du nid afin de protéger la nichée. Cette mesure est détaillée dans le paragraphe suivant.



Localisation du nid d'Œdicnème criard découvert le 13/05/2019 en bordure de plateforme de l'éolienne 4 (L. Boutault - Ecosphère)



Œufs d'Œdicnème criard (L. Boutault - Ecosphère)

Deux passages supplémentaires ont eu lieu les 27/05/2019 et 17/06/2019, réalisés en fin de journée au crépuscule. Le 27/05/2019, un maximum de 8 individus a été dénombré sur les plateformes ou dans les cultures en périphérie des éoliennes. Parmi eux, nous pouvons noter :

- La présence du couple nicheur déjà connu au niveau de la plateforme de E4 ;
- Un couple, avec un mâle chanteur, présent dans une culture de betteraves entre les éoliennes 1 et 3 et à proximité du poste électrique ;
- Quatre autres individus ont été observés cantonnés dans une parcelle de maïs au nord-ouest du parc, non loin de la friche en gestion, sans toutefois avoir d'observations ou de comportements permettant de préciser leur statut nicheur.



Œdicnèmes criards adultes observés dans une culture de maïs du nord du parc éolien (L. Boutault – Ecosphère)

Lors du **dernier passage spécifique œdicnème le 17/06/2019**, le couple nicheur sur E4 n'était plus présent. En revanche, **six individus ont été observés dans la parcelle de maïs au nord-ouest du parc éolien** dont deux présentant un possible comportement de couvain. L'état d'avancement de la culture, les affleurements calcaires et la distance d'observation maintenue afin de limiter le dérangement des individus n'ont pas permis de certifier la présence de nichées supplémentaires ou la présence de jeunes.

Le couple cantonné au niveau du poste électrique était toujours présent à cette date. Un adulte a été observé alarmant en vol dans ce secteur avant de se poser dans une zone de labour maintenue en friche (Photo ci-dessous). Le couple a continué d'être observé lors des passages sur site réalisés dans le cadre du suivi de mortalité. Une prospection à pied en journée au niveau de la friche exploitée par le couple n'a toutefois pas permis de détecter de nid.



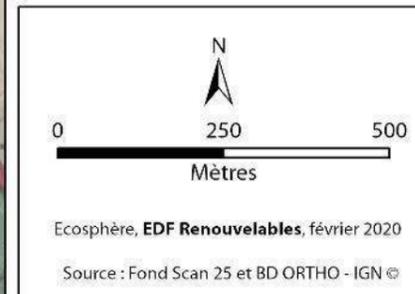
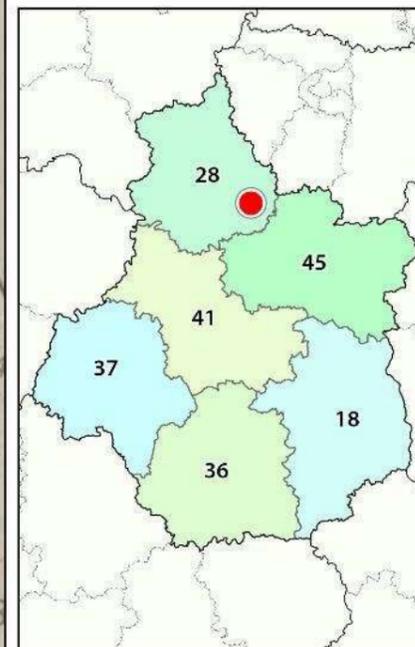
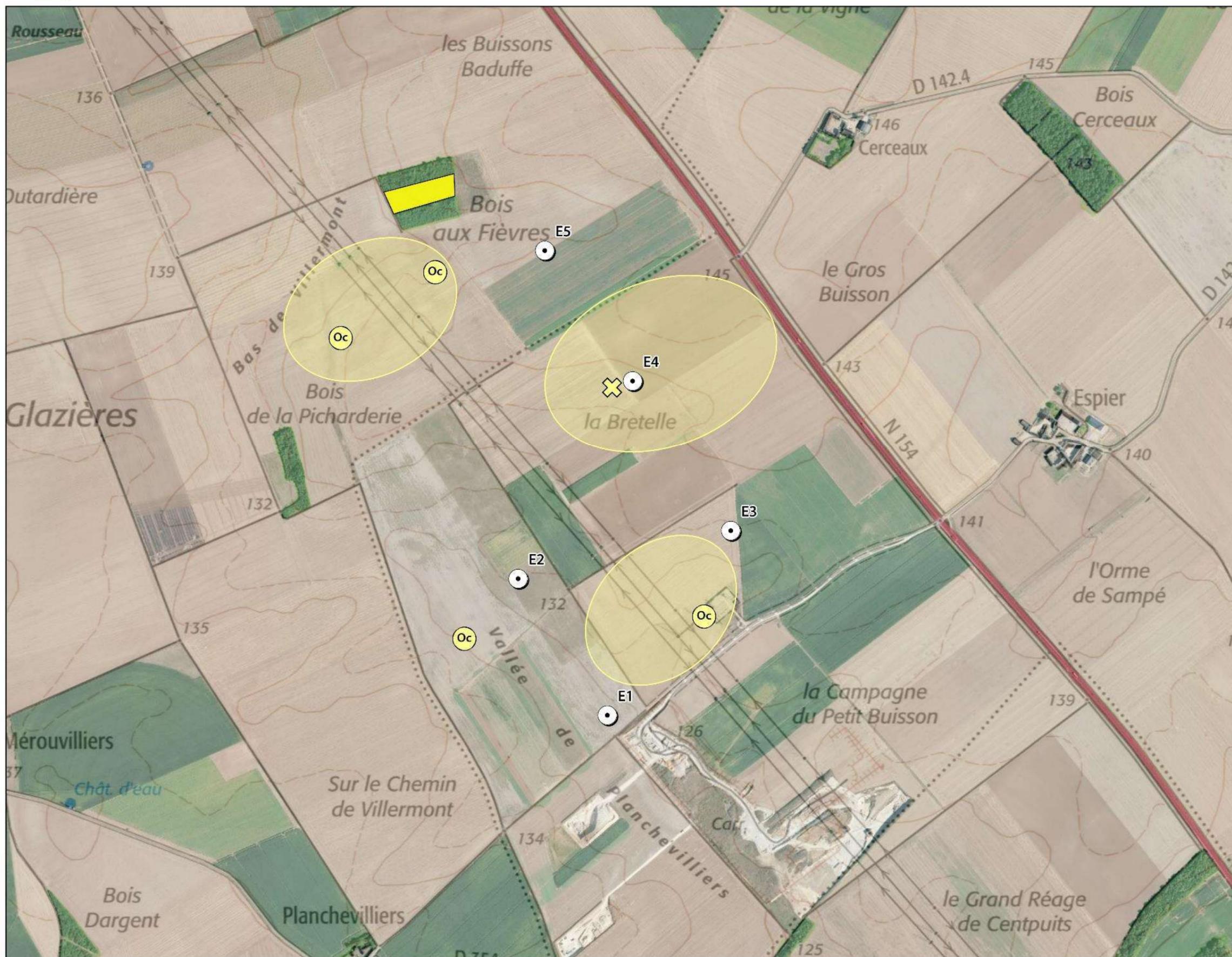
Parcelle maintenue en friche en bordure du poste électrique favorable à l'Œdicnème criard (L. Boutault – Ecosphère)

Il est à noter que **la présence d'une carrière au sud du parc éolien** apporte également des milieux favorables au cantonnement des œdicnèmes, notamment une parcelle maintenue en friche à végétation rase avec d'importants affleurements calcaires. A deux reprises au début du mois de juillet, deux individus ont été observés ou entendus dans ce secteur. **En fin de période de reproduction courant fin juillet /début aout, les individus présents sur le site étaient également cantonnés dans les parcelles entre les éoliennes 1 et 2** (après la fauche du blé).

Au total, ce sont donc 8 adultes qui ont été observés en période de reproduction dans le périmètre du parc éolien d'Espiers, dont **un couple nicheur certain** au niveau de l'éolienne 4, **un couple nicheur probable** entre les éoliennes 1 et 3 proches du poste électrique, ainsi que **deux autres couples cantonnés dans une culture tardive** au nord-ouest du parc (cf. carte suivante). A l'exception d'une observation faite en début de suivi au mois d'avril 2019, aucune autre observation d'Œdicnème criard n'a été faite dans la parcelle conventionnée située au nord du parc éolien et devant être maintenue en friche afin de favoriser la présence de l'espèce. Il s'avère que la végétation s'est développée sur cette parcelle au cours du printemps et de l'été (photo ci-dessous), devenant trop dense et trop haute et ne répondant plus aux exigences écologiques de l'Œdicnème criard.



Friche conventionnée au 29/07/2019 (L. Boutault – Ecosphère)



4.4.1.2 Suivi et protection de la nichée découverte

Le nid d'Œdicnème criard avec deux œufs localisé le 13/05/2019 à l'entrée de la plateforme de l'éolienne 4 présentait des œufs étant relativement chauds et indiquant donc l'activité d'incubation.

Suite à cette observation, l'agriculteur exploitant de la parcelle concernée en a été informé. Aussi, afin d'éviter une possible destruction de la nichée liée au passage régulier de véhicules à proximité (chargé d'études réalisant les suivis de mortalité, agriculteurs, ouvriers pour la maintenance des machines...), **le nid a été balisé le 17/05/2019**. Le balisage a été mis en place afin de délimiter un périmètre au sol autour du nid, ainsi qu'avec un piquet planté à environ 5 m ; tout en restant discret pour limiter l'impact visuel autour du nid et ainsi éviter le dérangement du couple (photo ci-dessous). Le couple a été revu durant les deux semaines suivant l'installation du balisage.



Balisage au sol de la nichée découverte sur le parc éolien d'Espiers en mai 2019 (L. Boutault – Ecosphère)

Le 29 mai, une photo des oisillons sortis de leurs coquilles mais toujours dans leur nid a pu être reprise par un membre du personnel d'EDF ER.

Au 03/06/2019, toute trace de la nichée avait disparue. A cette date, aucun adulte n'a été observé ou contacté aux alentours. Toutefois, les jeunes de cette espèce étant nidifuges (c'est-à-dire quittant le nid très peu de temps après l'éclosion), il est possible que le couple ait été présent dans les cultures alentours (de maïs notamment) mais non détectable car très discret en cette période.



Oisillons d'Œdicnème (EDF ER)

4.4.2 AUTRES ESPÈCES

Aucune autre espèce patrimoniale ou sensible n'a été notée nicheuse dans le secteur immédiat du parc éolien d'Espiers.

Toutefois, une femelle de **Busard Saint-Martin** a été observée régulièrement en chasse dans la partie sud du parc (autour des éoliennes 1, 2 et 3), avec des observations notées les 17/06/19, 1er et 12/08/19, et 16/09/19. Le 12/08/19, un mâle a également été observé en chasse entre les éoliennes 1 et 2. Il est donc très probable que l'espèce ait niché aux abords du parc éolien dans un périmètre de quelques kilomètres, avec un territoire de chasse s'étendant dans le périmètre du parc.

Le Faucon crécerelle était également présent au sein du parc éolien, un nid a été noté sur l'un des pylônes haute-tension traversant le parc. Plusieurs individus ont régulièrement été observés en chasse.

En période de migration, des observations ponctuelles de rapaces ont pu être faites lors des passages sur site dans le cadre du suivi de mortalité. L'axe de migration emprunté par les individus observés se situe principalement à l'ouest du parc :

- le 08/08/2019 : 3 **Busard des roseaux** type femelle en migration active à faible hauteur à l'ouest de E1/E2, 2 **Bondrées apivores** cerclant au sud-ouest de E1 ;
- le 26/08/2019 : un **Aigle Botté** cerclant au nord du parc vers la friche en gestion ;
- le 09/09/2019 : un **Busard des roseaux** femelle en migration active à hauteur de pôle à l'ouest de E1.

5. EVALUATION DES IMPACTS

5.1 ÉVALUATION DES RISQUES DE COLLISION SPÉCIFIQUES AU PARC D'ESPIERS

5.1.1 CHAUVES-SOURIS

Aucun cadavre de chauves-souris n'a été retrouvé au cours de 45 passages réalisés d'avril à octobre 2019. Par conséquent, l'évaluation ci-dessous se base uniquement sur les résultats du suivi acoustique en nacelle. Le tableau ci-dessous présente le niveau de risque de collision pour chaque espèce.

Statuts et enjeux des espèces de chauves-souris impactées

LC = préoccupation mineure ; NT = quasi-menacée

	LRE	LRN	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
				Portée de l'impact	Sensibilité à l'impact (maximum entre Dürr, jan. 20 et Eurobats, juin 18)	Intensité d'impact	Enjeu spécifique	Niveau d'impact mortalité
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	LC	NT	NT	Faible Contacts unitaires en août et octobre uniquement (migrateurs) 0 cadavres bruts	Forte (714 en Europe, dont 153 en France)	Moyenne	Moyen	Faible
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC	NT	LC	Faible Dizaines de contacts surtout en juin (Individus locaux issus de grandes populations) 0 cadavres bruts	Forte (2 388 en Europe, dont 995 en France)	Moyenne	Faible	Faible
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	LC	LC	LC	Très faible Seulement 1 contact en novembre 0 cadavres bruts	Forte (469 en Europe, dont 219 en France)	Faible	Faible	Négligeable
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	LC	NT	NT	Très faible Seulement 1 contact probable le 22 octobre (migrateur) 0 cadavres bruts	Forte (1594 en Europe, dont 272 en France)	Faible	Moyen	Négligeable

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

L'autre tableau ci-dessous détaille les risques de collision pour chaque mois du suivi à partir des résultats des activités enregistrés à hauteur de nacelle et les indicateurs détaillés précédemment (paragraphe 4.3)

Évaluation de risque de collision contextualisée par mois sur la base des activités enregistrées et la mortalité en 2019

	Critères d'évaluation	Niveau de risque de collision
Avril	Aucun contact, aucune mortalité	Négligeable
Mai	Seulement 4 contacts de Pipistrelle commune de niveau modéré sur une seule nuit, aucune mortalité	Négligeable
Juin	18 contacts de Pipistrelle commune répartis sur 3 nuits, dont 1 qui a atteint un niveau quasi fort d'activité le 16 ; l'absence de mortalité détectée en 2019 pourrait s'expliquer par des proportions de surface prospectées limitées (< 50 %) à cause des cultures, aucune mortalité	Faible
Juillet	Aucun contact, activité quasi nulle ; mais 12 nuits manquantes dû à une défaillance du micro, aucune mortalité	Faible à négligeable
Août	4 contacts de Noctule de Leisler seulement mais 18 nuits manquantes dû à une défaillance du micro, aucune mortalité	Faible probablement
Septembre	Aucun contact, activité nulle malgré 8 nuits manquantes, aucune mortalité	Négligeable
Octobre	8 contacts de Noctule de Leisler, 4 contacts de Pipistrelle commune et 1 seul de P. Kuhl/Nathusius répartis sur 4 nuits ; avec des niveaux d'activités faibles à modérés ; aucune nuit manquante, aucune mortalité	Faible
Novembre	1 seul contact de P. Kuhl/Nathusius, aucune mortalité	Négligeable

Note importante : Toutes ces données recueillies sur une seule année ne permettent pas de prévoir les activités futures (variations interannuelles) mais seulement d'évaluer a priori les conditions du risque de collision/barotraumatisme. Par contre, une étude britannique (Matthews et al., 2016) a montré que, bien qu'on ne puisse pas traduire directement par corrélation l'activité en nombre de cadavres, la proportion des groupes d'espèces est généralement conservée entre les activités enregistrées à hauteur de nacelle et les nombres de cadavres trouvés au sol.

5.1.2 OISEAUX

De nombreuses espèces d'oiseaux sont susceptibles d'entrer en collision avec les pales, notamment les rapaces de jour et les passereaux de nuit. Au cours du suivi réalisé en 2019, certaines espèces observées au sein ou aux abords du parc font partie de ces espèces susceptibles d'être impactées, à savoir par exemple le Faucon crécerelle, la Buse variable ou le Busard Saint-Martin. Malgré une fréquentation régulière, un seul cadavre de Faucon crécerelle a été découvert sur le parc. L'Édicnème criard semble quant à lui s'accommoder de la présence des éoliennes, plusieurs couples ayant été observés. Certains comportements de vol peuvent présenter un risque de collision (proche de la garde au sol), mais ceux-ci sont peu nombreux. Aussi, bien qu'aucun suivi de migration spécifique n'ai été réalisé, les observations faites durant les passages de mortalité ne montraient pas une fréquentation importante du parc. Les risques de collisions sont donc réduits.

En revanche, les risques de collisions sont plus importants pour les passereaux migrateurs nocturnes, comme le montrent les résultats de mortalité. Le Roitelet à triple bandeau, représentant la moitié de la mortalité constatée, est la 4^{ème} espèce de passereau la plus impactée au niveau européen (Durr, 2020).

Le tableau ci-dessous présente le niveau d'impact avéré du parc d'Espiers sur les oiseaux dont des cas de collision ont été relevés en 2019.

Statuts et enjeux des espèces d'oiseaux impactées

LC = préoccupation mineure ; NT = quasi-menacée ; VU = vulnérable ; NA = non applicable

	LRE	LRN nicheurs	LRN migrants	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
					Portée de l'impact	Sensibilité à l'impact (Durr 2019)	Intensité d'impact	Enjeu spécifique	Niveau d'impact constaté par la mortalité
Roitelet à triple bandeau <i>Regulus ignicapilla</i>	LC	LC	NA	LC	Moyenne 2 cadavres bruts de RTB (E4, 02/09/19 ; E2, 04/10/19)	Moyenne (518 en Europe, dont 201 en France pour les 2 espèces)	Moyenne	Faible	Négligeable
Roitelets non identifiés	-	-	-	-	5 cadavres non identifiés Individus migrants				
Faucon crécerelle <i>Falco tinnunculus</i>	LC	NT	NA	LC	Fort 1 cadavre brut (E4, 24/04/19) Individu local probable d'une petite population	Assez fort (598 cas en Europe, dont 105 en France)	Fort	Faible	Moyen
Etourneau sansonnet <i>Sturnus vulgaris</i>	LC	LC	NA	LC	Faible 2 cadavres bruts (E5, 23/09/19 ; E3, 31/10/19) Individus migrants	Faible (207 en Europe, dont 44 en France)	Faible	Faible	Négligeable
Gobemouche noir <i>Ficedula hypoleuca</i>	LC	VU	DD	EN	Faible 1 cadavre brut (E4, 05/09/19) Individu migrant	Faible (79 en Europe, dont 23 en France)	Faible	Faible	Négligeable

	LRE	LRN nicheurs	LRN migrants	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
					Portée de l'impact	Sensibilité à l'impact (Durr 2019)	Intensité d'impact	Enjeu spécifique	Niveau d'impact constaté par la mortalité
Hirondelle de fenêtre <i>Delichon urbicum</i>	LC	NT	DD	LC	Faible 1 cadavre brut (E3, 29/07/19) Individu migrant probable	Faible (298 en Europe, dont 12 en France)	Faible	Faible	Négligeable
Linotte mélodieuse <i>Carduelis cannabina</i>	LC	VU	NA	NT	Faible 1 cadavre brut (E3, 02/09/19) Individu migrant	Faible (49 en Europe, dont 7 en France)	Faible	Faible	Négligeable
Martinet noir <i>Apus apus</i>	LC	NT	DD	LC	Faible 1 cadavre (E5, 12/08/19) Individu migrant	Faible (407 en Europe, dont 125 en France)	Faible	Faible	Négligeable

L'autre tableau ci-dessous détaille les risques de collision pour chaque mois du suivi.

Évaluation du risque de collision contextualisé par mois sur la base de la sensibilité des espèces et les cas de mortalité découverts en 2019

	Critères d'évaluation (Cas de mortalité, surfaces prospectées, observation d'activité)	Niveau de risque de collision selon l'activité
Avril	1 Faucon crécerelle potentiellement nicheur (E4)	Moyen
Mai	Aucun cadavre, mais surfaces prospectées < 50 % Édicnème criard nicheur à proximité d'une éolienne	Négligeable à faible potentiellement
Juin	Aucun cadavre, mais surfaces prospectées < 50 % Édicnème criard nicheur à proximité d'une éolienne	Négligeable à faible potentiellement
Juillet	1 Hirondelle de fenêtre migratrice probable (E3)	Faible car espèce NT ou DD
Août	1 Martinet noir migrant (E5). Passage ponctuel en migration de Busards des Roseaux, Bondrées apivores. Un Aigle botté observé à proximité du parc fin août.	Faible
Septembre	4 Roitelets, 1 Linotte mélodieuse, 1 Gobemouche noir et 1 Etourneau sansonnet (E1, E3, E4 et E5). Passage en migration d'un Busard des roseaux	Faible car cumul d'espèces dont une DD
Octobre	3 Roitelets et 1 Etourneau sansonnet (E2, E3 et E4)	Faible
Novembre	Pas de suivi	Négligeable probablement

En conclusion, le niveau d'impact constaté par la mortalité en 2019, issu du croisement entre l'intensité de l'impact et de l'enjeu de conservation des espèces, est globalement de niveau négligeable à faible au vu des très grandes populations européennes, à l'exception du cas du Faucon crécerelle au printemps, dont le niveau d'impact est considéré comme moyen au vu de la faible densité des nicheurs locaux.

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

5.2 IMPACT INDIRECT DES ÉOLIENNES SUR LA FRÉQUENTATION DES HABITATS PAR LES CHIROPTÈRES ET LES OISEAUX

5.2.1 CHAUVES-SOURIS

Jusqu'à récemment, il y avait peu d'informations publiées sur l'impact des parcs éoliens en exploitation sur l'habitat des chauves-souris, si ce n'est à des échelles territoriales assez larges (Roscioni et al., 2014). Toutefois, Bach (2001) avait mis en évidence une diminution du nombre de sérotines communes chassant sur une zone bocagère après la mise en fonctionnement des éoliennes mais aussi une habituation pour les pipistrelles (Bach, 2002 in Million et al., 2015).

Néanmoins, des travaux de recherche récents ont été menés sur ce sujet au niveau d'un parc éolien de 30 éoliennes situé dans la Marne (51) sur la commune de Germinon et sur un site agricole de référence situé à 35 km plus au nord (Millon et al., 2015). Les auteurs ont ainsi montré qu'il y avait significativement moins d'activité des chauves-souris dans les zones de grandes cultures avec des éoliennes. Enfin, la présence ou non de gîtes dans les environs ne pouvait être testée ; ce qui peut éventuellement limiter la portée des résultats. Les auteurs ont aussi émis l'hypothèse que la relative désertion des parcs par certaines espèces n'empêchait pas les phénomènes d'attraction des turbines en elles-mêmes par d'autres. Ils ont par ailleurs montré l'effet positif des haies et des bandes enherbées sur le groupe des pipistrelles et celui des sérotines/noctules, ainsi qu'un effet positif des jachères sur le groupe oreillard/murins. Cependant, ces résultats n'étaient pas valides sur l'ensemble des saisons, voire étaient contradictoires.

Dans une thèse du Museum National d'Histoire Naturelle, Barré (2017) a mis en évidence des changements dans la fréquentation par les chiroptères sur un rayon atteignant un kilomètre autour du parc éolien. Ces changements augmentent au fur et à mesure que l'on s'approche des machines avec un phénomène de désertion avéré mais non expliqué qui concerne la quasi-totalité des espèces de chiroptères. Ces résultats, obtenus en Bretagne, sont néanmoins à prendre en compte en ayant bien en tête les éléments suivants :

- **l'échantillonnage était relativement faible** : 23 nuits d'écoute sur 29 parcs situés en Bretagne entre septembre et octobre 2016 avec la pose d'en moyenne 9 enregistreurs par nuit le long de haies ;
- **le travail n'a porté que sur une seule saison en transit postnuptiale**, pourtant la variabilité saisonnière des données est un phénomène déterminant dans les études acoustiques de chiroptères ;
- **une identification automatique des espèces ou groupes d'espèces a été pratiquée** (logiciel TADARIDA du MNHN), ce qui pose des problèmes de choix méthodologiques par exemple sur le seuil à partir duquel la donnée est jugée fiable et la quantité de données in fine utilisables. La prise en compte des différences de détectabilité (Barataud, 2015) entre les espèces ne semble pas avoir été réalisée ;

- **diverses covariables n'étaient pas précisées** : les informations sur l'état des haies, les conditions météorologiques, l'éclairage, proximité ou éloignement des gîtes, type de machine et ses caractéristiques (bruit, cut-in-speed, synchrone ou asynchrone, garde au sol...) sont manquantes et n'ont pas fait l'objet de tests spécifiques. Les particularités de l'étude sont donc multiples et une transposition à tout autre cas est très délicate.

Rappelons en particulier que les parcs sont implantés à distance des habitations où se situent de nombreux gîtes pour plusieurs espèces (pipistrelles, oreillards, murins, etc.), et que la prise en compte de ce facteur n'est pas expliquée.

Ainsi, les conclusions sur l'aversion des chiroptères pour les parcs éoliens sont encore difficiles à interpréter même si des aspects comme le bruit pourraient apporter des explications. Par ailleurs, cette aversion pour certaines espèces doit coexister avec les phénomènes d'attraction mieux connus pour les pipistrelles ou les noctules/sérotines qui génèrent les risques de collision. Enfin, l'impact réel de l'aversion est à relativiser en fonction de la quantité de territoires de chasse ou de corridors disponibles dans un rayon de quelques kilomètres autour des gîtes.

Cet impact sur les territoires de chasse, qui n'est que pour le moment potentiel, est à prendre en compte dans le cadre des mesures pour limiter la perturbation produite notamment par l'éclairage nocturne.

5.2.2 OISEAUX

Des inventaires, réalisés en parallèle par Ecosphère en 2019, visant à suivre la fréquentation de l'avifaune nicheuse sur le parc ont permis de noter les points suivants :

- **la diversité spécifique est globalement faible, limitée par la prépondérance des milieux de cultures agricoles** (céréales, betteraves, pois). En période de nidification le parc est principalement fréquenté par quelques passereaux (Alouettes des champs, hirondelles, Bruant proyer, bergeronnettes), des corvidés ou des pigeons ;
- **l'Œdicnème criard**, suivi spécifiquement lors de ces inventaires, est bien présent avec sein du parc, avec un cantonnement de quatre couples, dont un a été nicheur en bordure de plateforme sous l'éolienne E4. L'espèce ne semble pas subir de dérangement lié au fonctionnement des éoliennes. En revanche, la fréquentation régulière du parc les agriculteurs, ou plus ponctuelle des équipes de maintenance et des personnes chargées des inventaires de terrain est une plus grande cause de perturbation ;
- les rapaces diurnes sont observés régulièrement, sans que la fréquentation soit très importante. Un couple de Faucon crécerelle nichait sur un pylône haute-tension traversant le parc. Le Busard Saint-martin est probablement nicheur aux abords, plusieurs individus (mâle et femelle) ayant été observés chassant au-dessus des cultures.

En période de migration, aucun suivi spécifique n'a été réalisé. Toutefois, les observations faites lors des suivis de mortalité semblent montrer **une fréquentation diffuse et à faibles effectifs pour les rapaces**, les oiseaux arrivant du nord-nord-est et longeant principalement par le côté ouest du parc en période postnuptiale. La migration des passereaux n'a pas été étudiée, **les résultats de mortalité montrent toutefois une bonne fréquentation du site par ce groupe d'oiseaux, notamment ceux actifs de nuit.**

5.3 ÉLÉMENTS DE COMPARAISON AVEC L'ÉTUDE D'IMPACT (2014)

5.3.1 CHAUVES-SOURIS

Les enjeux concernant les chauves-souris étaient globalement faibles, avec une faible diversité composée de la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl/Nathusius, la Sérotine ; et un enjeu modéré pour la Noctule commune.

5.3.2 OISEAUX

Les enjeux concernant les oiseaux étaient globalement faibles, avec une diversité spécifique restreinte. Cela se retrouve lors du suivi post-implantation.

Les points de comparaisons suivants peuvent être établis :

- **En période de migration**, la fréquentation par le Busard Saint-Martin, la Bondrée apivore, l'Œdicnème criard, le Pluvier doré et le Vanneau huppé était notée. Ces espèces sont encore observées, à l'exception du Pluvier doré et du Vanneau huppé.
- **En période de nidification**, la zone d'étude présentait un enjeu moyen lié à la présence du **Busard Saint-Martin** nicheur au sud-ouest. Aucun site de nidification aux abords proches n'a été détecté en 2019, l'espèce fréquentant toujours le site comme territoire de chasse. L'**Œdicnème criard** est toujours présent sur site, nicheur à proximité des éoliennes. Le Busard des roseaux et le Busard cendré n'ont pas été réobservés en période de reproduction chassant dans la zone d'étude.
- **En période d'hivernage**, l'absence de suivi à cette période de l'année en 2019 ne permet pas d'établir de comparaison, les enjeux étant faibles lors de l'étude d'impacts.

Pour toutes ces espèces à enjeux, aucun cadavre n'a été découvert lors du suivi de mortalité.



Œdicnème criard (G. Baudouin)



Busard Saint-Martin mâle (L. Spanneut)

5.4 EFFETS CUMULÉS

Le parc éolien d'Espiers se situant dans un contexte de plaine agricole avec une forte densité de parcs éoliens dans un rayon d'une dizaine de kilomètres. Ainsi, les quelques cas de mortalité pris isolément peuvent avoir une contribution non négligeable si cumulée avec les autres parcs éoliens environnants au fil des années.

Cependant, l'étude d'impact du projet de ce parc avait considéré ces effets cumulés vis-à-vis d'un renforcement de l'effet barrière et d'une amplification du risque de collision comme faibles pour la faune volante.

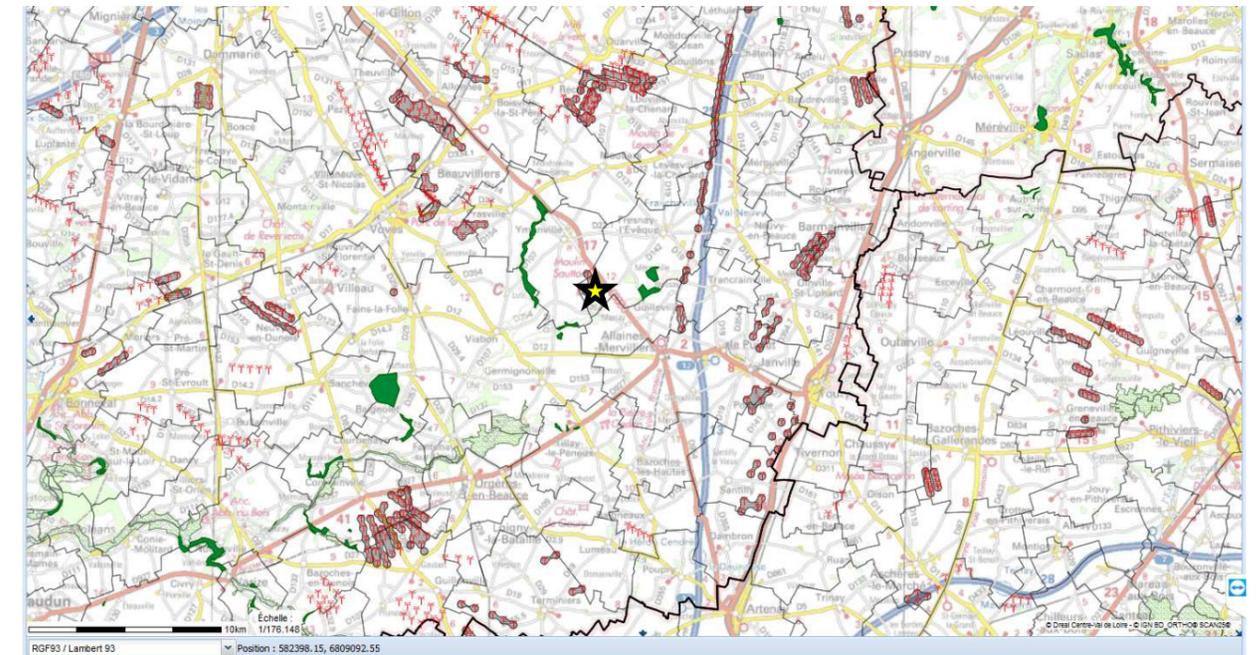


Figure 6 – Localisation des parcs éoliens selon le site web de la DREAL Centre Val-de-Loire dans la Beauce au nord d'Orléans.

6. MESURES DE RÉDUCTION DES RISQUES DE COLLISION

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

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

6.1 PROTECTION DES CHAUVES-SOURIS FRÉQUENTANT LE PARC PAR UN BRIDAGE NOCTURNE DIFFÉRENCIÉ

Aucun cadavre de chauves-souris n'ayant été trouvé, une protection spécifique ne semble donc pas nécessaire. Les résultats fournis par le suivi acoustique à hauteur de nacelle permettent de voir que les risques de collisions, sans être nuls, restent faibles de début août à fin octobre, et négligeable le reste de l'année.

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

Dans le cas de risques de collision indiqués par des activités et/ou des mortalités significatives, notre méthode s'appuie sur le principe de proportionnalité. Comme présenté dans le tableau ci-dessous, la proportion d'activité globale enregistrée lors des suivis acoustiques qui serait à protéger par le bridage est alors déclinée selon les niveaux de risque évalués mois par mois.

Tableau 3 : Proportions d'activité globale en fonction du niveau d'impact avéré ou risque d'impact déclinées par mois et éolienne

Niveau d'impact global retenu pour l'évaluation	Négligeable	Faible	Moyen	Assez fort	Fort	Très fort
Type de mesure	Pas d'obligation de mesure de régulation	Réduction pour protection de la biodiversité ordinaire	Réduction	Réduction	Réduction	Quasi-évitement
% contacts à protéger	N/A	50-70	70-80	80-90	90-95	95-100

Dans le cas présent du suivi acoustique de l'éolienne suivie E4, les quantités de contacts étant si faibles (moyennes mensuelles inférieures à 0,5 contacts par nuit) que cet indicateur n'est pas suffisamment robuste. Les préconisations de bridage détaillées ci-dessous sont ainsi ajustées en se basant sur les lignes directrices et la bibliographie. Les paramètres retenus devront ainsi être appliqués à toutes les éoliennes de ce parc.

Il est donc recommandé un bridage préventif jusqu'à 3 m/s tout au long de la nuit d'août à octobre, quelle que soit la température.

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

Algorithmes de bridage nocturne par période

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

	Bridage nocturne (vent à hauteur de nacelle)
Du 1 ^{er} Janvier au 31 juillet	Aucun bridage
Du 1 ^{er} août au 31 octobre	Mise en drapeau à 3 m/s toute la nuit
Du 1 ^{er} Novembre au 31 décembre	Aucun bridage

En cas de précipitations continues dans le temps pour une durée supérieure à 15 min et marquées en intensité (>5 mm/h soit 0,83 mm sur 10 min en moyenne), les mesures de bridage pourraient être levées quels que soient les autres paramètres étant donné que les chauves-souris sont généralement très peu actives dans ces conditions.

Étant donné l'homogénéité globale des habitats environnant le parc éolien d'Espiers (plaine agricole intensive), il est proposé de brider l'ensemble des éoliennes sur le même algorithme de bridage.

De plus, celui-ci sera partiellement bénéfique aux oiseaux migrateurs de nuit (passereaux), principales victimes des collisions.

6.2 CONTRÔLE DE L'ÉCLAIRAGE NOCTURNE

Chaque éolienne est équipée d'une lampe halogène blanche au niveau de sa porte d'accès, laquelle se déclenche grâce à un détecteur de mouvement pour permettre la montée des escaliers en sécurité de nuit. La durée pendant laquelle la lampe reste allumée ne devrait pas dépasser les deux minutes afin de limiter les risques de pollution lumineuse. En effet, en premier lieu les pipistrelles sont connues pour chasser les insectes volants se réunissant autour des halos lumineux, d'où des risques de collisions et de mortalité augmentés. D'autres espèces au contraire sont davantage lucifuges et évitent les points lumineux (murins, Barbastelle, oreillards...), ce qui crée un dérangement de ces espèces avec un risque de désertion de la zone.

6.3 GESTION DES HABITATS AUTOUR DES ÉOLIENNES

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

Les plateformes du parc éolien d'Espiers ne présentent pas de zones laissées volontairement en friche, réduisant déjà ce facteur de risque.

6.4 RÉDUCTION DES TURBULENCES AUX ABORDS DES PALES

Plusieurs constructeurs, dont Nordex, mettent en avant l'utilisation de **serrations** pour réduire le bruit du souffle, et aussi de **générateurs de vortex** pour réduire les effets de décrochages aérodynamiques au niveau des pales¹³ et donc augmenter de quelques pourcents le rendement de la machine.

La réduction des effets de turbulences pourrait aussi potentiellement réduire également les risques de barotraumatisme et de chute pour les chiroptères.

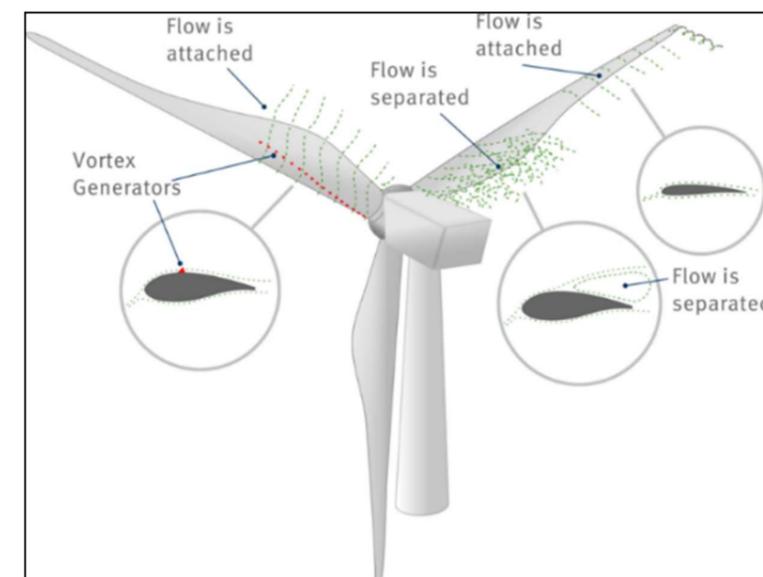
Les éoliennes Nordex N117 du parc d'Espiers sont équipés de générateurs de Vortex.



Serrations sur le bord de fuite d'une pale
(N. Flamand - Ecosphère)



« Vortex generator » pour éoliennes Nordex
(G. Marchais - Ecosphère)



Effet des « vortex generators » sur l'écoulement de l'air au niveau des pales
(source : <https://www.smart-blade.com/vortex-generators>)

¹³ Exemple : <https://www.vestas.com/en/campaignsites/aerodynamicupgrades/home#> (consulté le 16.04.19)

7. MESURES DE SUIVI

7.1 SUIVI DE LA MORTALITÉ

L'arrêté ministériel du 22 juin 2020 relatif à la notion ICPE-éolien, prévoit dorénavant que le suivi environnemental 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.

Dans le cas présent, il est donc préconisé de ne suivre que les mois d'août, septembre et octobre en 2021 qui vont faire l'objet d'un bridage nocturne préventif. D'autres recommandations seront élaborées sur la base des nouveaux résultats.

7.2 SUIVI DE LA NIDIFICATION L'ŒDICNÈME CRIARD

Les suivis réalisés en 2019 ont permis de mettre en évidence le cantonnement de **4 couples d'Œdicnèmes criards** au sein du parc éolien d'Espiers. Parmi eux, **un couple nicheur probable** était localisé dans la partie sud du parc entre les éoliennes 1 et 3. **Un autre couple nicheur certain** était cantonné au niveau de l'éolienne 4, la nichée se trouvant en bordure de plateforme.

La friche conventionnée située à 350 m au nord du parc et destinée à conserver un habitat favorable à l'espèce **s'est avérée peu attractive**. En effet, sur l'ensemble des passages effectués, une seule observation de deux Œdicnèmes criards a été faite dans cette zone, en tout début de saison lorsque la végétation était encore rase. Par la suite, la végétation s'est développée, devenant trop dense et trop haute pour l'installation de l'Œdicnème.

Afin que cette parcelle devienne réellement une zone de cantonnement potentiel pour l'Œdicnème criard, il serait plus intéressant de **mettre en place une friche ouverte avec la présence d'affleurements calcaires et maintien d'une végétation rase**. Aussi, la réalisation d'un second suivi d'activité de l'Œdicnème criard, une fois la friche rendue favorable à son installation, permettra de confirmer l'efficacité de cette mesure et de s'assurer d'un impact limité du parc éolien sur l'espèce.

8. BIBLIOGRAPHIE

ALERSTAM T. 1990. *Bird Migration*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

AHLEN et al., 2007. *Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia*. Report 5571, July 2007. Swedish Environmental Protection Agency. Bromma, Sweden. 37 p.

ARNETT 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, 44p.

ARNETT, E., JOHNSON G., ERICKSON W. & HEIN C. – 2013 - A synthesis of operational mitigation studies to reduce bat fatalities at wind energy facilities in North America. A report submitted to the National Renewable Energy Laboratory. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA. 38 p.

ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2015. *Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*. Collection Parthénope, éditions Biotope, Mèze. MNHN, Paris, 2^{ème} éd. 544 p.

AULAGNIER S., HAFFNER P., MITCHELL-JONES A. J., MOUTOU F. & ZIMA J., 2008. *Guide des mammifères d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient*. Delachaux & Niestlé, Paris, 272 p.

BAERWALD E.-F., D'AMOURS G.-H., KLUG B.-J. & BARCLAY R.M.R. 2008. *Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines*. Current Biology 18(16) : 695-696.

BARATAUD M. 2015. *Écologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse*. Biotope, Mèze; MNHN, Paris, 344 p.

BARRIOS L. & RODRIGUES A. 2004. *Behavioral and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines*. Journal of Applied Ecology 41, 72-81.

BEHR O., BRINKMANN R. & KORNER-NIEVERGELT F., 2011. – Akustische Erfassung des Fledermausaktivität an Winderngieanlagen. Dans : Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Göttingen : Umwelt und Raum Bd, p. 40-115.

BERNARDINO J., BISPO R., COSTA H. & MASCARENHAS M. 2013. *Estimating bird and bat fatality at wind farms: a practical overview of estimators, their assumptions and limitations*. New Zealand Journal of Zoology. Volume 40, Issue 1. pages 63-74.

BEVANGER K. et al. 2010. *Pre- and post-construction studies of conflicts between birds and wind turbines in costal Norway (Bird-Wind). Report on findings 2007-2010*. NINA Report 620.

BEUCHER Y., KELM V., ALBESPY F., GEYELIN M., NAZON L. & PICK D. 2013. *Parc éolien de Castelnau-Pégayrols (12). Suivi pluri annuel des impacts sur les chauves-souris*. Bilan des campagnes des 2ème, 3ème et 4ème années d'exploitation (2009-2011). 111p.

BIRDLIFE, 2004. *Birds in Europe. Population Estimates, Trends and Conservation Status*. BirdLife International, 374 p.

BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2015. Detailed regional assessment and species account from the European Red List of Birds. [on line : <http://www.birdlife.org/datazone/species/>]

BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2015. *European Red List of Birds*. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities.

BROWN R., FERGUSON J., LAWRENCE M., LEES D. & CUISIN M., 1989. *Reconnaître les plumes, les traces et les indices des oiseaux*. Bordas, Paris, 232 p.

CADE T.J. 1994. *Industry research : kenetech windpower*. In : proceeding of the national avian-wind power planning meeting, Denver, Colorado, July 1994. 179 p.

CARL G., THELANDER C.G. & RUGGES D.L. 2001. *Examining relationships between bird risk behaviours and fatalities at the altamont wind resource area : a second year's progress report*. In : proceeding of the national avian-wind power planning meeting, Carmel, California : 5-14.

CONSEIL DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES - 1979 - Directive 79/409/CEE du 2 avril 1979 concernant la conservation des Oiseaux sauvages (Directive "Oiseaux"). *Journal Officiel des Communautés européennes* du 25 avril 1979.

CONSEIL DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES - 1992 - Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des Habitats naturels ainsi que de la Faune et de la Flore sauvages. *Journal Officiel des Communautés européennes* N° L 206/7 du 22 juillet 1992.

DIETZ & VON HELVERSEN. 2004. Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe.

DIETZ C., VON HELVERSEN O. & NILL D., 2009. *L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord*. Delachaux & Niestlé, Paris, 400 p.

DUBOIS Ph.-J., LE MARECHAL P., OLIOSSO G. & YESOU P., 2008. *Nouvel inventaire des oiseaux de France*. Delachaux et Niestlé, Paris, 558 p.

DÜRR T., 2001. Flermäuse als Opfer von Windkraftanlagen – Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 10, 182.

DÜRR T., 2002. Eoliennes et Chauves-souris. *Nyctalus*, n°8 2002, cahier 2, p 115-118.

DÜRR T. 2017. *Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe*. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. NABU. Situation au 9 février 2017.

DÜRR T. 2017. *Vogelverluste an Windenergieanlagen / bird fatalities at windturbines in Europe*. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. NABU. Situation au 9 février 2017.

ECOSPHERE, 2012. *Projet d'implantation d'un parc éolien à Vatan (36) : Etude d'impact écologique 2012*. Ecosphère, Saint-Maur-des-Fossés, France. 172p.

ECOSPHERE. 2013. *Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions*. Rapport de stage de L. Jung et document interne actualisé.

ÉCOSPHÈRE. 2017. Liste des Oiseaux nicheurs de la région Centre-Val de Loire et statut de rareté - *Document interne actualisé*.

ÉCOSPHÈRE. 2017. Liste des Mammifères de la région Centre-Val de Loire et statut de rareté - *Document interne actualisé*.

EDKINS, 2014. Impact of wind energy development on birds and bats : looking into the problem. Prepared for FPL Energy. 45 p. https://www.researchgate.net/publication/238723871_IMPACTS_OF_WIND_ENERGY_DEVELOPMENTS_ON_BIRDS_AND_BATS_LOOKING_IN_TO_THE_PROBLEM

ERICKSON W. P. et al. 2001. *Avian collision with wind turbines : a summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the United states*. National Wind Coordinating Committee.

FAUNA HELVETICA. 2011. Mammifères de Suisse : clés de détermination : clé morphologique et clé des crânes de chiroptères.

FIERS, V., GAUVIT, B., GAVAZZI, E., HAFFNER, P. & MAURIN, H. 1997 - *Statut de la faune de France métropolitaine : statuts de protection, degrés de menace, statuts biologiques*. M.N.H.N. / I.E.G.B.- Service du Patrimoine Naturel / R.N.F. / Ministère de l'Environnement. Paris : 225 pp.

HAGEMEIJER W. J. & BLAIR M. J. (coord.), 1997. *The EBCC Atlas of European Breeding Birds. Their distribution and abundance*. Poyser, London, 920 p.

HAQUART A. et al., 2012. *Suivi annuel continu de l'activité des chiroptères sur 10 mats de mesure : évaluation des facteurs de risque lié à l'éolien*. Biotope, Bourges. 54p.

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

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

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

JOIRIS E. 2012. *High altitude bat monitoring*. Preliminary results Hainaut & Ardennes. CSD Ingenieurs. 69p.

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

LIMPENS H., BOONMAN M., KORNER-NIEVERGELT F., JANSEN E., VAN DER VALK M., LA HAYE M., DIRKSEN S. & VREUGDENHIL S., 2013. – Wind turbines and bats in the Netherlands - Measuring and predicting. Report 2013.12, Zoogdiervereniging & Bureau Waardenburg

MAMMEN U. K. et al. 2009. *Interactions of Red Kites and wind farms : results of radio telemetry and field observations. Birds of Prey and Wind Farms : Analysis of problems and possible solutions*. Documentation of an international workshop in Berlin 21-22 oct 2008. (H. Hötker, red) s. 14-21. NABU, Berlin.

MARCAIS G., 2011. *Projet d'implantation d'un parc éolien sur les communes de Saint-Civran, Chazelet et Sacierges-Saint-Martin. Rapport sur le suivi de l'activité chiroptérologique en hauteur (avril – octobre 2011)*. Ecosphère, Saint-Maur-des-Fossés, France. 49p.

MNHN & UICN, 2008. *Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine*. Paris, 14 p.

PERTHUIS A., 2002. *L'avifaune de la région Centre-Val de Loire : synopsis des connaissances.* Recherches Naturalistes en Région Centre-Val de Loire, 11 : 17-30.

PRATZ, 2012. *Note relative à la réalisation et au financement des suivis réglementaires de mortalité des parcs éoliens de la région Centre-Val de Loire.*

QUAINTENNE G., BROSSAULT P., 2013. *Les oiseaux nicheurs rares et menacés en France en 2012.* Ornithos 20-6. LPO.

RAMEAU, J.C., MANSION, D. & DUME, G., 1989. *Flore Forestière Française ; guide écologique illustré ; vol.1 : plaines et collines.* IDF, DERF et ENGREF - Dijon, 1785 pp.

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

ROCAMORA, G. & YEATMAN-BERTHELOT, D. – 1999 – *Oiseaux menacés et à surveiller en France. Listes rouges et recherche de priorités. Populations. Tendances. Menaces. Conservation.* Société d'Etudes Ornithologiques de France / Ligue pour la Protection des Oiseaux. Paris : 560 p.

RODRIGUES L., BACH L., DUBOURG-SAVAGE M.-J., GOODWIN J. & HARBUSCH C., 2008. Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. EUROBATS Publication Series No. 3 (version française). PNUE/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 55 pp.

RODRIGUES L. et al. 2015. Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. EUROBATS Publication series n°6. Revision 2014. PNUE/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 133 pp.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE POUR L'ETUDE ET LA PROTECTION DES MAMMIFÈRES (S.F.E.P.M.) - 1984 - *Atlas des Mammifères sauvages de France -* Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères, 229 pp.

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

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

YEATMAN-BERTHELOT, D. & JARRY, G., 1994. *Nouvel Atlas des Oiseaux nicheurs de France, 1985-1989.* Société Ornithologique de France, Paris 776 p.

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

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

ANNEXE 1 : DATES DE PROSPECTION DU SUIVI DE MORTALITÉ

Date	Tache	Intervenant	Conditions météorologiques
01/04/2019	Suivi de mortalité	Elodie BRUNET	15°C, vent faible, ensoleillé
08/04/2019	Suivi de mortalité Test de persistance	Elodie BRUNET	12 à 16°C, vent modéré, nuageux
09/04/2019	Test de persistance (J+1)	Elodie BRUNET	14°C, vent modéré, nuageux
12/04/2019	Test de persistance (J+4)	Elodie BRUNET	11°C, vent faible, ensoleillé
15/04/2019	Suivi de mortalité Test de persistance (J+7) Test de performance	Elodie BRUNET Manon ACQUEBERGE Léa BOUTAULT	15°C, vent faible, ensoleillé
18/04/2019	Test de persistance (J+10)	Elodie BRUNET	16°C, vent faible à modéré, ensoleillé
23/04/2019	Suivi de mortalité Test de persistance (J+14)	Elodie BRUNET	14°C, vent faible, couvert
30/04/2019	Suivi de mortalité	Elodie BRUNET	16°C, vent faible, ensoleillé
06/05/2019	Suivi de mortalité	Elodie BRUNET	14 à 17°C, vent faible à modéré, nuageux
13/05/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	17°C, vent fort, ensoleillé
20/05/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	20°C, vent modéré, couvert
27/05/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT Camille MARTIN	19°C, vent faible à modéré, couvert
03/06/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	17°C, vent faible, couvert avec légère pluie
11/06/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	8 à 16°C, vent faible, brouillard
17/06/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	19 à 26°C, vent faible, ensoleillé
24/06/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	30°C, vent fort, ensoleillé
01/07/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	19 à 23°C, vent faible à modéré, couvert
08/07/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	29°C, vent fort, ensoleillé
16/07/2019	Suivi de mortalité	Elodie BRUNET	25°C, vent faible, légère pluie
22/07/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	23 à 34°C, vent nul à faible, ensoleillé
29/07/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	21 à 29°C, vent modéré à fort, ensoleillé
01/08/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	20 à 29°C, vent faible, ensoleillé
05/08/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	20 à 29°C, vent faible à fort, ensoleillé
08/08/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	21 à 27°C, vent faible à modéré, partiellement couvert
12/08/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	13 à 19°C, vent modéré à fort, couvert
14/08/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	22 à 24°C, vent faible à fort, ensoleillé
19/08/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	17 à 22°C, vent modéré à fort, ensoleillé
22/08/2019	Suivi de mortalité	Elodie BRUNET	20 à 25°C, vent faible, ensoleillé
26/08/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	21 à 35°C, vent faible, ensoleillé
29/08/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	18°C, vent faible, ensoleillé
02/09/2019	Suivi de mortalité Test de persistance	Léa BOUTAULT	12 à 22°C, vent faible à modéré, ensoleillé
03/09/2019	Test de persistance (J+1)	Elodie BRUNET	22°C, vent faible, ensoleillé
05/09/2019	Suivi de mortalité	Elodie BRUNET	10 à 19°C, vent faible, partiellement couvert
06/09/2019	Test de persistance (J+4)	Léa BOUTAULT	19°C, vent modéré, ensoleillé

Date	Tache	Intervenant	Conditions météorologiques
09/09/2019	Suivi de mortalité Test de persistance (J+7)	Léa BOUTAULT	9 à 18°C, vent modéré, couvert
12/09/2019	Suivi de mortalité Test de persistance (J+10)	Léa BOUTAULT	12 à 20°C, vent faible à modéré, brouillard/nuageux
16/09/2019	Suivi de mortalité Test de persistance (J+14)	Léa BOUTAULT	12 à 30°C, vent modéré, ensoleillé
19/09/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	14 à 21°C, vent fort, ensoleillé
23/09/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	16 à 22°C, vent modéré, ensoleillé à nuageux
26/09/2019	Suivi de mortalité	Elodie BRUNET	17°C, vent modéré, nuageux
30/09/2019	Suivi de mortalité Test de performance	Léa BOUTAULT Manon ACQUEBERGE	12°C, vent modéré à fort, ensoleillé à couvert
04/10/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	15°C, vent fort, couvert avec pluie
07/10/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	8 à 14°C, vent faible à modéré, nuageux
10/10/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	12°C, vent modéré, nuageux
15/10/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	13°C, vent faible à fort, couvert
18/10/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	12°C, vent fort, couvert avec averses
21/10/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	11 à 18°C, vent faible à modéré, ensoleillé
24/10/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	15 à 17°C, vent fort, nuageux
28/10/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	9°C, vent modéré, couvert
31/10/2019	Suivi de mortalité	Léa BOUTAULT	12°C, vent modéré à fort, pluie

ANNEXE 2 : OCCUPATION DU SOL ET DÉTAIL DES SURFACES PROSPECTÉES PAR ÉOLIENNE AU COURS DU SUIVI

Pour chaque éolienne, les surfaces prospectées ont été différenciées par classes de visibilité : **B** = Bonne ; **Moy** = Moyenne ; **Nulle**.

Les « **temps** » ont été définis à partir des modifications de ces classes de visibilité tout le long du suivi. Un changement de visibilité pour un type d'habitat sur au moins une éolienne est considéré comme un changement d'intervalle. Cette dénomination est seulement faite pour faciliter les calculs a posteriori de la surface moyenne prospectée sur l'ensemble du parc, elle n'a pas de lien avec la chronologie de la mortalité constatée.

➤ Données brutes

Temps	Date	Observateur	E1_B	E1_Moy	E1_Nulle	E2_B	E2_Moy	E2_Nulle	E3_B	E3_Moy	E3_Nulle	E4_B	E4_Moy	E4_Nulle	E5_B	E5_Moy	E5_Nulle
1er	01/04/2019	Elodie BRUNET	plateforme		culture (céréales)	plateforme		culture (céréales)	plateforme betterave pelouse & friche		culture (céréales)	plateforme maïs	pois		plateforme		culture (céréales)
	08/04/2019	Elodie BRUNET	plateforme		culture (céréales)	plateforme		culture (céréales)	plateforme betterave pelouse & friche		culture (céréales)	plateforme maïs	pois		plateforme		culture (céréales)
	15/04/2019	Elodie BRUNET Léa BOUTAULT	plateforme		culture (céréales)	plateforme		culture (céréales)	plateforme betterave pelouse & friche		culture (céréales)	plateforme maïs	pois		plateforme		culture (céréales)
	23/04/2019	Elodie BRUNET	plateforme		culture (céréales)	plateforme		culture (céréales)	plateforme betterave pelouse & friche		culture (céréales)	plateforme maïs	pois		plateforme		culture (céréales)
	30/04/2019	Elodie BRUNET	plateforme		culture (céréales)	plateforme		culture (céréales)	plateforme betterave pelouse & friche		culture (céréales)	plateforme maïs	pois		plateforme		culture (céréales)
	06/05/2019	Elodie BRUNET	plateforme		culture (céréales)	plateforme		culture (céréales)	plateforme betterave pelouse & friche		culture (céréales)	plateforme maïs	pois		plateforme		culture (céréales)
2e	13/05/2019	Léa BOUTAULT	plateforme		culture (céréales)	plateforme		culture (céréales)	plateforme betterave pelouse & friche		culture (céréales)	plateforme maïs		pois	plateforme		culture (céréales)
	20/05/2019	Léa BOUTAULT	plateforme		culture (céréales)	plateforme		culture (céréales)	plateforme betterave pelouse & friche		culture (céréales)	plateforme maïs		pois	plateforme		culture (céréales)
	27/05/2019	Léa BOUTAULT Camille MARTIN	plateforme		culture (céréales)	plateforme		culture (céréales)	plateforme betterave pelouse & friche		culture (céréales)	plateforme maïs		pois	plateforme		culture (céréales)
	03/06/2019	Léa BOUTAULT	plateforme		culture (céréales)	plateforme		culture (céréales)	plateforme betterave pelouse & friche		culture (céréales)	plateforme maïs		pois	plateforme		culture (céréales)
3e	11/06/2019	Léa BOUTAULT	plateforme		culture (céréales)	plateforme		culture (céréales)	plateforme labour	betterave	culture (céréales) pelouse & friche	plateforme maïs		pois	plateforme		culture (céréales)
	17/06/2019	Léa BOUTAULT	plateforme		culture (céréales)	plateforme		culture (céréales)	plateforme labour	betterave	culture (céréales) pelouse & friche	plateforme maïs		pois	plateforme		culture (céréales)
	24/06/2019	Léa BOUTAULT	plateforme		culture (céréales)	plateforme		culture (céréales)	plateforme labour	betterave	culture (céréales) pelouse & friche	plateforme maïs		pois	plateforme		culture (céréales)
4e	01/07/2019	Léa BOUTAULT	plateforme		culture (céréales)	plateforme		culture (céréales)	plateforme labour		culture (céréales) pelouse & friche betterave	plateforme maïs		pois	plateforme		culture (céréales)
5e	08/07/2019	Léa BOUTAULT	plateforme culture (labour)			plateforme culture (labour)					tout (maintenance)	plateforme		pois maïs	plateforme		culture (céréales)
6e	16/07/2019	Elodie BRUNET	plateforme culture (labour)			plateforme culture (labour)			plateforme labour		culture (céréales) pelouse & friche betterave	plateforme		pois maïs	plateforme culture (labour)		
7e	22/07/2019	Léa BOUTAULT	plateforme culture (labour)			plateforme culture (labour)			plateforme labour pelouse & friche	culture (labour)	betterave	plateforme pois		maïs	plateforme culture (labour)		

Temps	Date	Observateur	E1_B	E1_Moy	E1_Nulle	E2_B	E2_Moy	E2_Nulle	E3_B	E3_Moy	E3_Nulle	E4_B	E4_Moy	E4_Nulle	E5_B	E5_Moy	E5_Nulle
13e	24/10/2019	Léa BOUTAULT	plateforme	culture (labour grossier)		plateforme	culture (labour grossier)		plateforme	culture (labour)	en récolte : betterave pelouse & friche labour	plateforme pois	maïs		plateforme culture (labour fin)		culture (repousses)
14e	28/10/2019	Léa BOUTAULT	plateforme	culture (labour grossier)		plateforme	culture (labour grossier)		tout			plateforme pois	maïs		plateforme culture (labour fin)		culture (repousses)
	31/10/2019	Léa BOUTAULT	plateforme	culture (labour grossier)		plateforme	culture (labour grossier)		tout			plateforme pois	maïs		plateforme culture (labour fin)		culture (repousses)

➤ Tableau simplifié des surfaces correspondantes aux habitats prospectés

Période	Temps	Nbr de passages	Surface (m ²)															% moyen de surface prospectée sur l'ensemble du parc :
			E1			E2			E3			E4			E5			
			Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	
1ère	1er	6	1958	9351	17%	1674	9635	15%	8564	2745	76%	11309	0	100%	1747	9562	15%	45%
	2e	4	1958	9351	17%	1674	9635	15%	8564	2745	76%	8605	2704	76%	1747	9562	15%	40%
	3e	3	1958	9351	17%	1674	9635	15%	7264	4045	64%	8605	2704	76%	1747	9562	15%	38%
	4e	1	1958	9351	17%	1674	9635	15%	3160	8149	28%	8605	2704	76%	1747	9562	15%	30%
	5e	1	11309	0	100%	11309	0	100%	0	11309	0%	1906	9403	17%	1747	9562	15%	46%
	6e	1	11309	0	100%	11309	0	100%	3160	8149	28%	1906	9403	17%	11309	0	100%	69%
	7e	2	11309	0	100%	11309	0	100%	7205	4104	64%	4610	6699	41%	11309	0	100%	81%
2ème	8e	1	11309	0	100%	11309	0	100%	7205	4104	64%	4610	6699	41%	1747	9562	15%	64%
	9e	4	11309	0	100%	11309	0	100%	7205	4104	64%	4610	6699	41%	11309	0	100%	81%
	10e	8	11309	0	100%	11309	0	100%	7205	4104	64%	4610	6699	41%	11309	0	100%	81%
	11e	8	11309	0	100%	11309	0	100%	7205	4104	64%	4610	6699	41%	11309	0	100%	81%
	12e	3	11309	0	100%	11309	0	100%	7205	4104	64%	4610	6699	41%	3855	7454	34%	68%
	13e	1	11309	0	100%	11309	0	100%	4871	6438	43%	11309	0	100%	3855	7454	34%	75%
	14e	2	11309	0	100%	11309	0	100%	11309	0	100%	11309	0	100%	3855	7454	34%	87%
		Moyenne :	74%			73%			65%			58%			61%			66%

ANNEXE 3 : SYNTHÈSE DES CADAVRES DÉCOUVERTS LORS DU SUIVI DE MORTALITÉ 2019

Ordre	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Age	Sexe	Date de découverte	Numéro éolienne	Distance au mât	Coordonnées X_L93	Coordonnées Y_L93	Statut	État	Visibilité	Cause de la mortalité	Découvreur	Identificateur	Contexte
OISEAU	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	+ 1A	?	23/04/2019	E4	74 m	608719,166	6794153,38	Local	Sec	Bonne	Collision	Elodie Brunet	Manon Acqueberge	SUIVI ICPE
OISEAU	Hirondelle de fenêtre	<i>Delichon urbicum</i>	VOL	?	29/07/2019	E3	50 m	609072,324	6793820,24	Migrateur	Sec	Bonne	Collision	Léa Boutault	Léa Boutault	SUIVI ICPE
OISEAU	Martinet noir	<i>Apus apus</i>	1A	?	12/08/2019	E5	47 m	608508,366	6794517,62	Migrateur	Décomposé	Bonne	Collision	Léa Boutault	Léa Boutault	SUIVI ICPE
OISEAU	Roitelet sp.	<i>Regulus sp.</i>	VOL	?	02/09/2019	E3	33 m	609054,365	6793739,57	Migrateur	Décomposé	Bonne	Collision	Léa Boutault	Léa Boutault	SUIVI ICPE
OISEAU	Linotte mélodieuse	<i>Carduelis canabina</i>	+ 1A	F	02/09/2019	E3	26 m	609074,341	6793790,76	Migrateur	Avancé	Bonne	Collision	Léa Boutault	Léa Boutault	SUIVI ICPE
OISEAU	Roitelet triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	VOL	M	02/09/2019	E4	23 m	608767,207	6794174,19	Migrateur	Décomposé	Bonne	Collision	Léa Boutault	Léa Boutault	SUIVI ICPE
OISEAU	Roitelet sp.	<i>Regulus sp.</i>	VOL	?	05/09/2019	E5	34 m	608503,453	6794556,88	Migrateur	Décomposé	Bonne	Collision	Elodie Brunet	Léa Boutault	SUIVI ICPE
OISEAU	Gobemouche noir	<i>Ficedula hypoleuca</i>	+ 1A	?	05/09/2019	E4	68 m	608767,242	6794124,15	Migrateur	Sec	Bonne	Collision	Elodie Brunet	Léa Boutault	SUIVI ICPE
OISEAU	Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	1A	F	23/09/2019	E5	20 m	608554,773	6794565,43	Migrateur	Avancé	Bonne	Collision	Léa Boutault	Léa Boutault	SUIVI ICPE
OISEAU	Roitelet sp.	<i>Regulus sp.</i>	VOL	?	30/09/2019	E1	51 m	608671,287	6793227,92	Migrateur	Décomposé	Bonne	Collision	Léa Boutault	Léa Boutault	SUIVI ICPE
OISEAU	Roitelet triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	VOL	M	04/10/2019	E2	26 m	608438,471	6793644,36	Migrateur	Avancé	Moyenne	Collision	Léa Boutault	Léa Boutault	SUIVI ICPE
OISEAU	Roitelet sp.	<i>Regulus sp.</i>	VOL	?	24/10/2019	E4	53 m	608731,378	6794177,9	Migrateur	Frais	Bonne	Collision	Léa Boutault	Léa Boutault	SUIVI ICPE
OISEAU	Roitelet sp.	<i>Regulus sp.</i>	VOL	?	28/10/2019	E4	67 m	608715,428	6794194,64	Migrateur	Frais	Bonne	Collision	Léa Boutault	Léa Boutault	SUIVI ICPE
OISEAU	Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	+ 1A	?	31/10/2019	E3	39 m	609053,602	6793733,08	Migrateur	Frais	Bonne	Collision	Léa Boutault	Léa Boutault	SUIVI ICPE

*Age : 1A = 1^{ère} année ; + 1A = plus d'un an ; VOL = volant, âge non identifiable

ANNEXE 4 : RÉSULTATS DES ESTIMATIONS DE LA MORTALITÉ RÉELLE OBTENUS À PARTIR D'EOLAPP

Présentation de quelques captures d'écran.

- Résultats obtenus pour l'ensemble du suivi (avril – octobre) et pour les oiseaux (n cadavres=14). Résultats présentés dans le tableau en partie 4.2.3.1.



Estimation des mortalités induites par les éoliennes

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :

Browse... cadavres_Espiers19.csv
Upload complete

Nb lignes lues = 45

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

Browse... persistence_last detection_Espiers_30leures.csv
Upload complete

Nombre de lignes lues = 30

Méthode de calcul des intervalles de confiance

Non-paramétrique
 Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =

4,8

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =

219

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

198

Pourcentage de la surface prospectée =

0,66

CALCULER

Données en entrée

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

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

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

1, 14, 14, 0, 1, ..., 4, 7, 4, 4, 14

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	24.56	10.59	50.41	14.55	39.01
Huso	37.78	17.52	66.75	23.67	55.18
Winkelmann	77.42	32.22	187.59	44.60	133.32
Jones	39.76	18.20	72.67	24.72	58.93

➤ Résultats obtenus pour l'ensemble du suivi (avril – octobre) sur l'éolienne E4 (n cadavres=5). Résultats présentés dans le tableau en partie 4.2.3.2.

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :

Browse... cadavres_Espiers19_E4.csv

Upload complete

Nb lignes lues = 45

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

Browse... persistence_last detection_Espiers_30leures.csv

Upload complete

Nombre de lignes lues = 30

Méthode de calcul des intervalles de confiance

Non-paramétrique

Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =

4,8

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =

219

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

198

Pourcentage de la surface prospectée =

0,58

CALCULER

Données en entrée

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

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

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

1, 14, 14, 0, 1, ..., 4, 7, 4, 4, 14

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	9.98	2.30	22.79	4.64	17.43
Huso	15.38	3.29	31.00	6.87	24.98
Winkelmann	31.62	7.30	83.72	14.30	58.09
Jones	16.21	3.49	33.66	7.38	26.60