



Parc éolien des Epinettes (28) : résultats du suivi environnemental 2020-2021



ENVOL
ENVIRONNEMENT

Mars 2022

 **énergie
environnement**

Fiche contrôle qualité

Destinataire du rapport :	BEAUCE ENERGIE
Site :	Parc éolien des Epinettes (28)
Interlocuteur :	Anaëlle HOUVERT
Adresse :	JP Energie Environnement 1, rue Célestin Freinet - Bât A - 2ème étage - 44200 NANTES
Email :	anaelle.houvert@jpee.fr
Téléphone :	06 38 22 00 78 / 02 14 99 11 55
Intitulé du rapport :	Parc éolien de Réclainville (28) : résultats du suivi environnemental 2020-2021
Rédacteur :	Camille Ferrant (Chargée de projets)
Superviseur :	Maxime Prouvost - Gérant / 06.10.20.25.86

Gestion des révisions

Version n°4 du 16 mars 2022
Nombre de pages : 84
Nombre d'annexes : 0



Sommaire

Liste des figures	6
Liste des cartes	8
PARTIE 1 : Introduction	9
1. Objectif de la mission et cadre réglementaire	9
2. Localisation du site	10
3. Note sur les caractéristiques des appareils et du contexte éolien	11
4. Présentation du contexte écologique	12
4.1. Contexte naturel et enjeux régionaux	12
4.2. Enjeux identifiés par l'étude d'impact.....	18
PARTIE 2 : Etude de la mortalité	20
1. Matériel et méthodes	20
1.1. Recherche des cadavres	20
1.1.1. Effort de surveillance	20
1.1.2. Surfaces et transects de prospection.....	22
1.1.3. Compilation des données	25
1.1.4. Modèles d'estimation du taux de mortalité	25
1.2. Détermination des coefficients de correction	27
1.2.1. Tests de persistance des cadavres (t).....	27
1.2.2. Tests d'efficacité des observateurs (Z)	28
1.2.3. Calcul du coefficient de correction surfacique (A)	29
1.3. Limites du suivi de mortalité.....	30
2. Résultats des expertises de terrain.....	31
2.1. Bilan des cadavres observés	31
2.2. Estimation de la mortalité	36
3. Analyse des résultats.....	38
3.1. Analyse des résultats des tests	38
3.1.1. Test observateur	38

3.1.2. Test de persistance	38
3.1.3. Pourcentage de prospection et taux de correction de surface	39
3.2. Analyse des cadavres.....	39
3.2.1. Age et sexe	39
3.2.2. Causes présumées de la mort.....	40
3.2.3. Distance au mât	40
3.2.4. Patrimonialité des espèces.....	40
3.2.5. Causes des interactions avec les éoliennes	42
3.3. Analyse des calculs de mortalité.....	43
3.3.1. Note sur les méthodes utilisées	43
3.3.2. Analyse temporelle des résultats	43
3.3.3. Analyse spatiale des résultats	46
Conclusion du suivi de mortalité	52
PARTIE 3 : Etude en continu de l'activité chiroptérologique en hauteur	53
1. Protocole d'écoute en continu en nacelle d'éolienne	53
1.1. Objectifs de l'expertise.....	53
1.2. Protocole de l'expertise	53
1.3. Analyse des enregistrements.....	55
1.4. Limites de la méthodologie	56
2. Résultats des écoutes en continu en nacelle	57
2.1. Inventaire complet des espèces contactées au niveau de nacelle	57
2.2. Étude de l'activité en période des transits printaniers au niveau de E5 (Epinettes).....	61
2.3. Étude de l'activité en période de mise-bas au niveau de E9 (MEMA I)	61
2.3.1. Répartition quantitative des espèces contactées en période de mise-bas	61
2.3.2. Étude de l'activité chiroptérologique journalière en phase de mise-bas	62
2.4. Étude de l'activité en période des transits automnaux au niveau de E5 (Epinettes).....	64
2.4.1. Répartition quantitative des espèces contactées en période des transits automnaux	64
2.4.2. Etude de l'activité chiroptérologique journalière en phase des transits automnaux	65

2.5. Corrélation de l'activité enregistrée au niveau de l'éolienne E5 avec certains paramètres	68
2.5.1. Dates d'activité par mois	68
2.5.2. Heures d'activité	68
2.5.3. Vitesses de vent	69
2.5.4. Températures	70
PARTIE 4 : Définition des effets résiduels et adaptation des mesures	74
1. Effets résiduels.....	74
1.1. Chiroptères.....	74
1.2. Avifaune	75
2. Recommandation de mesures complémentaires	75
2.1. Recommandation pour chiroptères	Erreur ! Signet non défini.
2.2. Recommandations pour les oiseaux	75
Conclusion générale	76
Annexe 1 : fiches standardisées de mortalité.....	78
Références bibliographiques	83

Liste des figures

Figure 1 : Localisation des zones de sensibilité pour les chiroptères (Calidris, 2014)	19
Figure 2 : Calendrier des passages par saison.....	20
Figure 3 : Calendrier des passages de recherche des cadavres.....	20
Figure 4 : Distances de découverte des cadavres de chiroptères (en haut) et d'oiseaux (en bas) en Champagne-Ardenne	22
Figure 5 : Illustration d'une aire de contrôle et des transects parcourus autour d'une éolienne.....	23
Figure 6 : Tableau de calcul des durées de persistance par éolienne.....	27
Figure 7 : Taux de découverte des cadavres par éolienne et par saison	28
Figure 8 : Surfaces prospectées autour des éoliennes	29
Figure 9 : Résultats des recherches de cadavres	31
Figure 10 : Liste des oiseaux trouvés lors des prospections (<i>statuts définis en page 36</i>).....	31
Figure 11 : Sensibilité à l'éolien des espèces d'oiseaux trouvées sur le site.....	31
Figure 12 : Principales espèces d'oiseaux retrouvées sous les éoliennes d'après la LPO, 2017	33
Figure 13 : Localisation des cadavres par rapport au mât et identifiants pour la cartographie	34
Figure 14 : Résultats des estimations de mortalité avifaune (en nombre de cadavres/éolienne pour la période étudiée).....	36
Figure 15 : Résultats des estimations de mortalité avifaune (en nombre de cadavres/période)	37
Figure 16 : Tableau de synthèse des cadavres observés.....	39
Figure 26 : Calendrier des durées d'échantillonnage selon les phases étudiées	53
Figure 27 : Inventaire complet des espèces enregistrées par les SM4Bat.....	57
Figure 28 : Détails des coefficients de détectabilité et des distances de détection des chiroptères en milieu ouvert (Barataud M. 2015)	58
Figure 29 : tableau de synthèse des cas de mortalité de chiroptères en Europe	59
Figure 30 : proportions des contacts localisés à plus de 25 m de hauteur par espèce (Haquart et al. 2014).....	60
Figure 31 : Répartition quantitative des chiroptères détectés au niveau de la nacelle de l'éolienne (activité corrigée)	61
Figure 32 : Représentation graphique des variations journalières de l'activité des chiroptères en période de mise-bas (en nombre de contacts).....	62
Figure 33 : Représentation graphique des variations journalières de l'activité des espèces présentes en période de mise-bas 2019 (en nombre de contacts).....	62
Figure 34 : Répartition quantitative des chiroptères détectés au niveau de la nacelle de l'éolienne (activité corrigée)	64
Figure 35 : Représentation graphique des variations journalières de l'activité totale des chiroptères en période des transits automnaux 2020 (en nombre de contacts)	65
Figure 36 : Représentation graphique des variations journalières de l'activité des espèces présentes en période des transits automnaux 2020 (en nombre de contacts)	66
Figure 37 : Nombre de contacts enregistrés en fonction du mois d'écoute	68

Figure 38 : Nombre de contacts enregistrés en fonction des heures de la nuit.....	68
Figure 39 : Représentation graphique du nombre d'occurrences des classes de vitesses de vent mesurées de nuit de mai 2020 à mai 2021	69
Figure 40 : Représentation graphique des variations de l'activité chiroptérologique en altitude en fonction des vitesses de vent (en nombre de contacts) en fonction des vitesses de vent (en nombre de contacts)	69
Figure 42 : Représentation graphique du nombre d'occurrences des classes de températures mesurées de nuit de mai 2020 à mai 2021	70
Figure 43 : Représentation graphique des variations de l'activité chiroptérologique en altitude en fonction des températures (en nombre de contacts).....	71
Figure 44 : Mise en corrélation de l'activité chiroptérologique avec les températures.....	71

Liste des cartes

Carte 1 : Localisation du parc éolien des Epinettes	10
Carte 2 : Contexte éolien immédiat	11
Carte 3 : Synthèse des enjeux issus de la bibliographie liés aux chiroptères	15
Carte 4 : Synthèse des enjeux issus de la bibliographie liés à l'avifaune	16
Carte 5 : Cartographie des habitats arborés et des secteurs de leur influence	17
Carte 6 : Cartographie des aires de contrôle autour des éoliennes.....	24
Carte 7 : Localisation des cadavres découverts.....	35
Carte 8 : Localisation des éoliennes équipées d'un enregistreur SM4Bat.....	54

PARTIE 1 : Introduction

1. Objectif de la mission et cadre réglementaire

L'arrêté du 26 août 2011 (version de l'arrêté à la date du lancement du suivi en 2020), dans son article 12, précise que pour une installation classée ICPE, « **au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis une fois tous les dix ans**, l'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs. Lorsqu'un protocole de suivi environnemental est reconnu par le ministre chargé des installations classées, le suivi mis en place par l'exploitant est conforme à ce protocole. Ce suivi est tenu à disposition de l'inspection des installations classées ».

Ce suivi doit également être conforme aux dispositions applicables aux ICPE relatives à l'étude d'impact. Ainsi, l'article R122-14 du code de l'environnement prévoit que : « - *La décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution du projet mentionne :*

1° Les mesures à la charge du pétitionnaire ou du maître d'ouvrage, destinées à éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine, réduire les effets n'ayant pu être évités et, lorsque cela est possible, compenser les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits ;

2° Les modalités du suivi des effets du projet sur l'environnement ou la santé humaine ;

3° Les modalités du suivi de la réalisation des mesures prévues au 1° ainsi que du suivi de leurs effets sur l'environnement, qui font l'objet d'un ou plusieurs bilans réalisés selon un calendrier que l'autorité compétente pour autoriser ou approuver détermine. Ce ou ces bilans sont transmis pour information par l'autorité compétente pour prendre la décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution à l'autorité administrative de l'État compétente en matière d'environnement. »

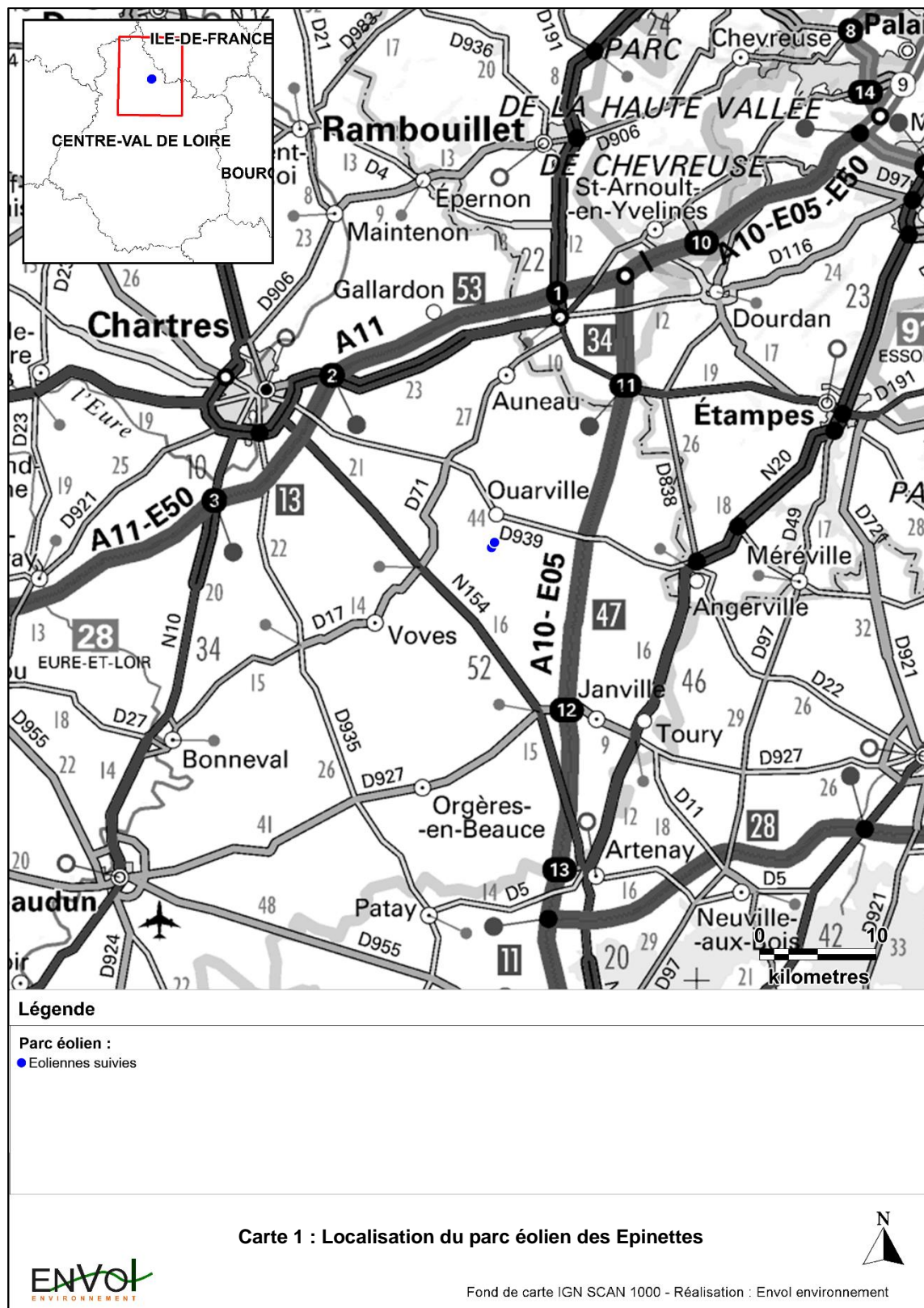
L'arrêté ICPE en date du 10 mars 2017 spécifiait la nécessité de réaliser un suivi de mortalité à raison de 2 passages par mois entre le 1^{er} mars et le 30 septembre conformément aux protocoles mis en place par le Ministère de l'environnement.

En 2018, l'État a publié un protocole standardisé de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, lequel a été respecté lors de la réalisation de cette étude.

En raison de l'épidémie de COVID 19 rencontrée au printemps 2020, les passages de terrain n'ont pas pu être réalisés à cette période et ont donc été reportés au printemps 2021. Le suivi s'est donc déroulé à cheval sur les années 2020 et 2021.

2. Localisation du site

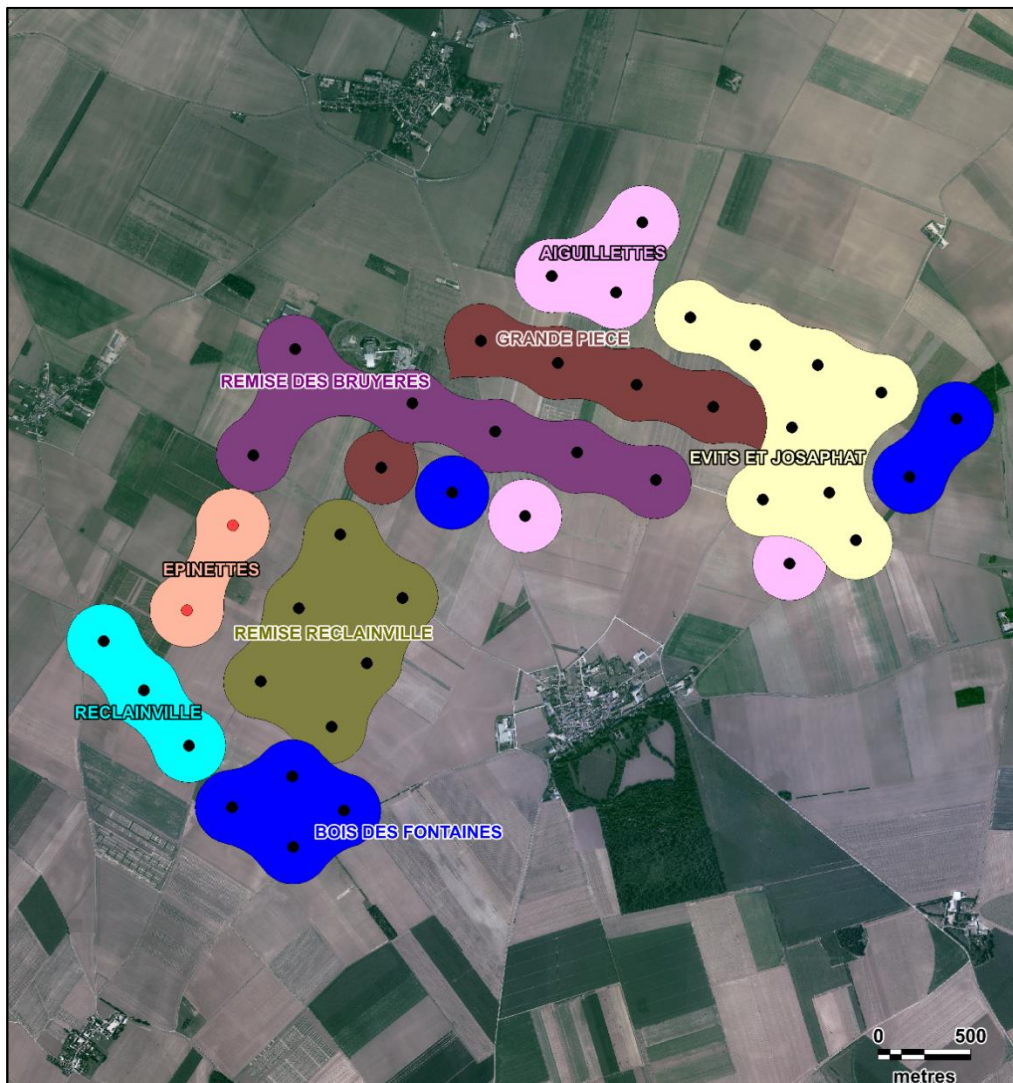
Le présent rapport a pour objet la présentation des résultats du suivi écologique du parc éolien des Epinettes, localisé à environ 23 km au sud-est de Chartres, en Eure-et-Loir (28).



3. Note sur les caractéristiques des appareils et du contexte éolien

Le parc éolien des Epinettes, mis en service en 2018, est constitué de 2 éoliennes. Les machines Vestas se caractérisent par un diamètre de 100 mètres et d'une puissance de 2,2 kW (The Wind Power).

Les éoliennes se situent au cœur d'un pôle de densification important en région Centre-Val-de-Loir, à l'ouest de Réclainville et à l'est de Louville-la-Chenard.



Légende

Parcs éoliens :

● Eoliennes suivies

● Autres éoliennes construites ou autorisées

Carte 2 : Contexte éolien immédiat



Fond de carte : DREAL CVDL - Réalisation : Envol environnement



4. Présentation du contexte écologique

4.1. Contexte naturel et enjeux régionaux

➤ Chiroptères

L'analyse de la bibliographie place les éoliennes suivies au sein d'une zone de sensibilité pour les chiroptères jugée modérée ou dont les connaissances sont insuffisantes (Carte 3). En ajoutant à cette cartographie les principaux cours d'eau et les Zones Spéciales de Conservation (ZSC, souvent définies pour les chauves-souris), il semblerait que les enjeux soient en effet modérés. Les chiroptères transitent généralement en suivant les vallées formées par le cheminement des cours d'eau et les éoliennes se situent plutôt en plein cœur d'habitats dégagés non humides. La migration doit alors être très faible, uniquement pratiquée par des espèces dites de haut vol comme les noctules ou la Pipistrelle de Nathusius qui sont aptes à survoler les cultures et donc à s'éloigner d'une trame arborée continue.

La première ZSC se situe à environ 6,8 kilomètres au sud des éoliennes (ZSC FR2400553), et accueille l'hibernation de la Barbastelle d'Europe, du Grand Murin, du Murin de Bechstein, du Murin à oreilles échancrées et du Grand Rhinolophe au sein de grottes non exploitées par le tourisme. Cette distance peut être parcourue assez aisément par des chauves-souris en chasse, mais les occupants de ce gîte ne seront cependant pas fréquemment observés à proximité immédiate des éoliennes en raison du manque de boisements et de haies formant un réseau continu. En effet, les espèces citées sont très dépendantes de la trame verte et bleue et ne s'éloignent que rarement des linéaires arborés (lisières, haies...). Il demeure cependant possible qu'en période de transit, quelques individus s'éloignant des principaux axes de migration passent par le parc pour rejoindre d'autres secteurs plus favorables.

Il est probable qu'assez peu d'espèces de chauves-souris occupent le secteur d'implantation des éoliennes. Les individus attendus se rapportent surtout aux noctules et aux pipistrelles, aptes à survoler les espaces ouverts et certaines étant même migratrices. Les murins et les rhinolophes, davantage liés aux espaces boisés, seront probablement absents des inventaires ou leur présence sera anecdotique. La migration est également supposée peu intense.

➤ Avifaune

Le parc éolien des Epinettes se trouve en plein cœur d'une Zone de Protection Spéciale pour les oiseaux (ZPS FR2410002, Carte 4), caractérisée par la nidification de plusieurs espèces emblématiques comme le Busard cendré, le Busard des roseaux, le Busard Saint-Martin, le Faucon pèlerin ou l'Œdicnème criard. Cette zone dénommée « Beauce et Vallée de la Conie » accueille surtout la nidification d'espèces choisissant de s'installer dans les cultures grâce aux vastes plateaux cultivés couvrant le territoire de la Beauce. Les secteurs humides présents plus au sud liés à l'existence d'un cours d'eau sont également favorables à d'autres espèces plus dépendantes de ce genre de paysage, le tout formant une mosaïque d'habitats très favorables aux oiseaux, d'où la définition d'une ZPS.

Les enjeux avifaunistiques sont donc potentiellement forts au niveau du parc éolien de Réclainville en raison de l'existence de la ZPS et de la localisation des éoliennes entre deux zones de sensibilité forte pour les oiseaux liées à des cours d'eau. Un nombre important d'espèces migratrices est donc susceptibles de transiter au niveau du parc éolien pour atteindre les vallées et surtout des oiseaux de grande envergure, capables de survoler les espaces ouverts en se détachant de la trame verte.

En phase estivale, les enjeux sont potentiellement élevés, voire même supérieurs à ceux en migration en raison de la nidification des trois espèces de busards hautement protégés en France et qui présentent une exposition aux risques de collision avec les éoliennes. Comme pour les chiroptères, le manque de boisements et de haies sur le site, à même de former un réseau continu, dissuadera un grand nombre de passereaux et d'autres espèces appréciant d'installer leurs nids dans les arbres. Néanmoins, tous les oiseaux de plaine nidifiant dans les cultures, les friches ou s'y nourrissant exclusivement seront sans nul doute présents.

La densité locale en éoliennes via l'existence du pôle de densification peut cependant gêner les espèces les plus sensibles au dérangement ou exigeant un paysage ouvert pour pouvoir se reproduire. Celles-ci se redirigeront potentiellement vers des territoires plus dégagés.

➤ Habitats

Quelques haies et bosquets plus ou moins denses existent aux alentours immédiats (Carte 5). Ces habitats sont favorables aux populations de chiroptères qui effectuent des déplacements locaux le long des linéaires arborés ou qui pratiquent une activité de chasse de par l'accumulation d'insectes généralement associée aux arbres. Ces éléments et leurs contours concentreront l'activité chiroptérologique, tandis que les milieux ouverts seront moins prisés.

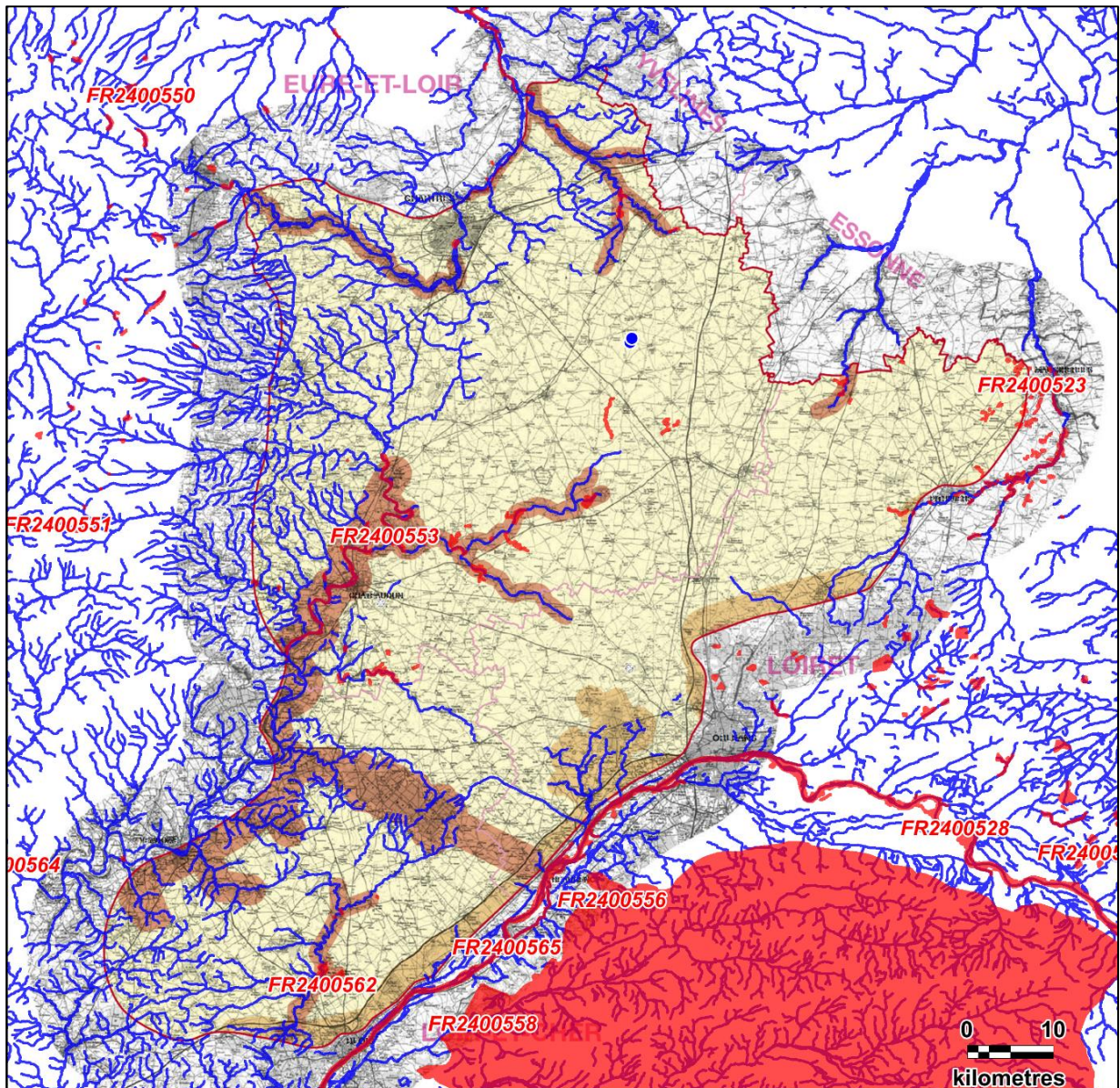
L'habitat le plus favorable aux chauves-souris s'apparente au grand bois du château de Louville-la-Chenard. Les potentialités de gîte et d'alimentation y sont au plus fort d'un point de vue local et il est même possible que des chauves-souris hibernent dans les sous-sols de l'édifice, chassant ensuite dans le parc. Les oiseaux appréciant d'installer leur nid à couvert se concentreront également à cet endroit. Les jardins arborés des communes de Réclainville et de Louville-la-Chenard, ainsi que les quelques bois du nord de l'aire, flanquant l'usine d'incinération, forment ensuite les secteurs certainement les plus fréquentés.

Globalement, le secteur du parc éolien est très peu marqué par la trame verte. Tous les éléments sont isolés et aucun réseau continu propice au cheminement de la faune (oiseaux comme chiroptères) ne se distingue. Si l'on crée une zone tampon de 200 mètres autour des éléments arborés présents au sein du secteur (zone au sein de laquelle l'activité faunistique se concentrera, EUROBATS¹), il apparaît que les deux éoliennes suivies se situent en dehors des secteurs préférentiellement fréquentés par la faune.

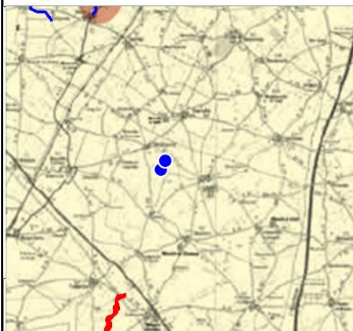
¹ Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens – EUROBATS, actualisation 2014

Le cortège faunistique attendu concerne donc surtout les oiseaux nidifiant dans les cultures (busards, Œdicnème criard, Faisan de Colchide, Bruant proyer, Perdrix grise...) ainsi que ceux se limitant à des motifs arborés épars pour s'installer et se nourrir ensuite dans les espaces ouverts (Buse variable, Faucon crécerelle, Linotte mélodieuse, Corneille noire, Pigeon ramier...). Les passereaux dépendants des arbres pourront tout de même être rencontrés mais seront plus occasionnels, demeurant le plus souvent dans les environs immédiats des haies et des bosquets dans lesquels ils se reproduisent (Bruant jaune, Chardonneret élégant, pics, Verdier d'Europe...). En migration, de grands oiseaux aux fortes capacités de déplacement sont attendus en raison de leur aisance à survoler tout type d'habitat sans se poser régulièrement et de l'attrait des paysages tapissant la ZPS (oiseaux d'eau tels que les goélands, busards, faucons, milans, Vanneau huppé, Pluvier doré...).

Le risque de mortalité concerne donc surtout les espèces réalisant la totalité de leur cycle biologique dans les espaces ouverts ainsi que les chauves-souris dites de haut vol.



Légende

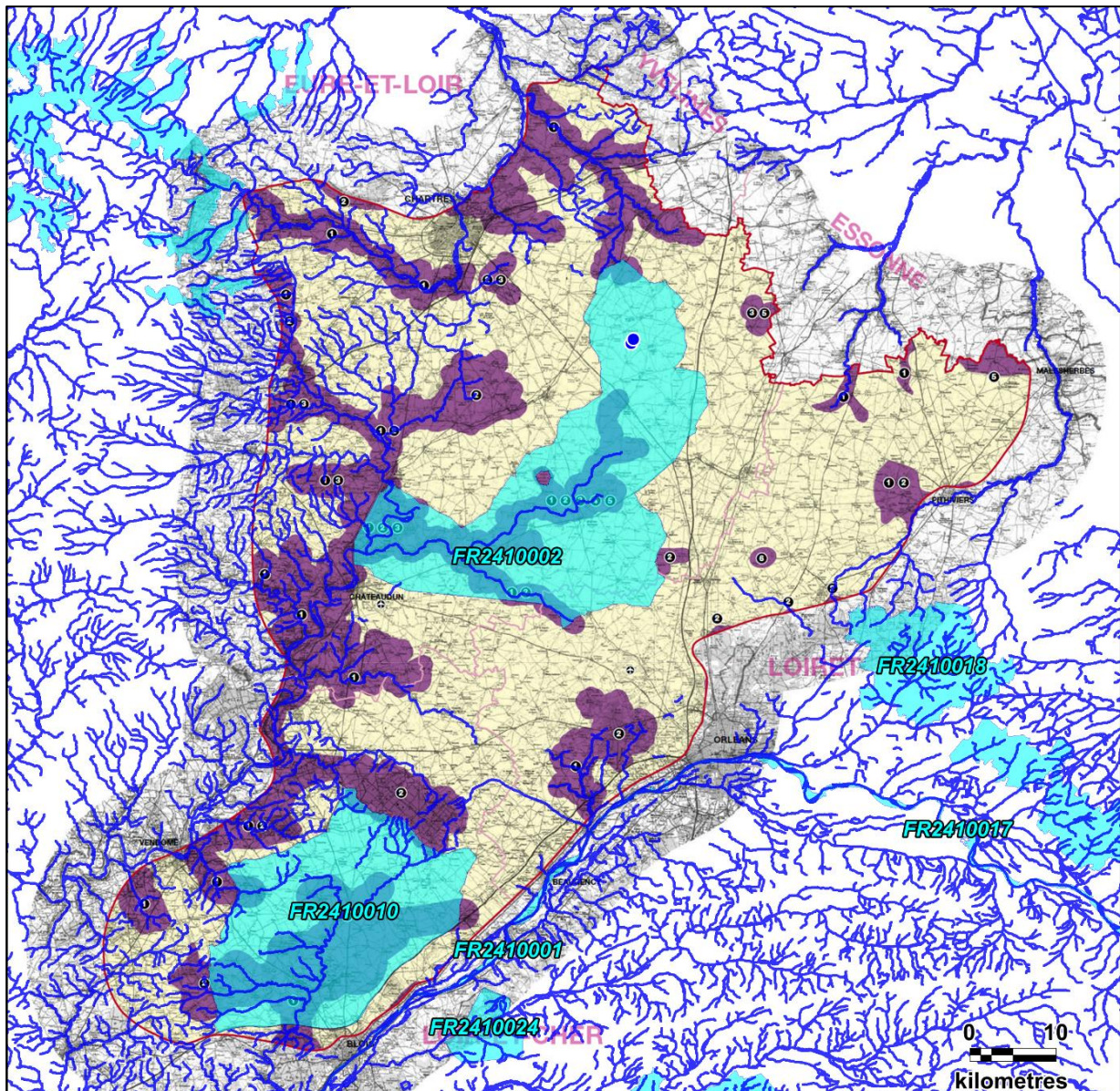


- Parc éolien :**
 - Eoliennes suivies
- Zones naturelles d'intérêt pour les chiroptères :**
 - Zones Spéciales de Conservation (ZSC)
- Réseau hydrographique :**
 - Cours d'eau
- Zones de sensibilité pour les chiroptères :**
 - Sensibilité forte
 - Sensibilité moyenne
 - Sensibilité modérée ou connaissances insuffisantes

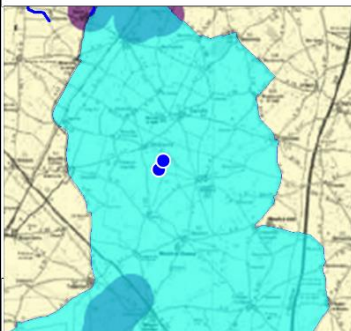
Carte 3 : Synthèse des enjeux issus de la bibliographie liés aux chiroptères



Fond de carte : Institut d'Ecologie Appliquée, BDCarthage - Réalisation : Envol environnement



Légende



Parc éolien :

- Eoliennes suivies

Zones naturelles d'intérêt pour les chiroptères :

- Zones de Protection Spéciales (ZPS)

Réseau hydrographique :

- Cours d'eau

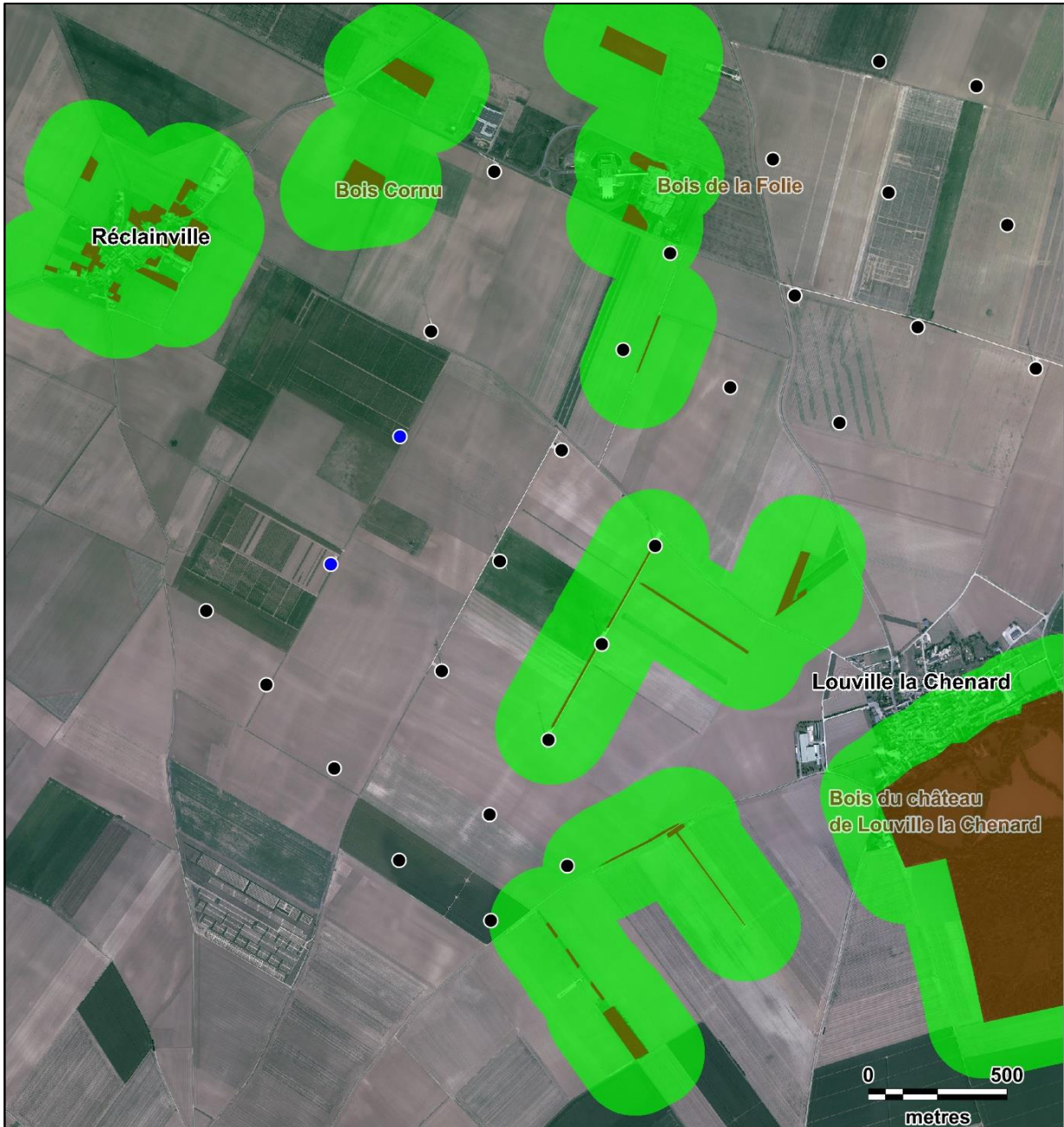
Zones de sensibilité pour l'avifaune :

- Zones de sensibilité avifaunistique avérée, à priori incompatible avec l'activité éolienne

Carte 4 : Synthèse des enjeux issus de la bibliographie liés à l'avifaune



Fond de carte : Institut d'Ecologie Appliquée, BDCarthage - Réalisation : Envol environnement



Légende

Parcs éoliens :

- Eoliennes suivies
- Autres éoliennes construites ou autorisées

Elements paysages favorables à la faune :

- Boisements, bosquets et haies
- Zone tampon de 200 mètres autour des boisements, bosquets et haies

Carte 5 : Cartographie des habitats arborés et des secteurs de leur influence



Fond de carte : Geoportail - Réalisation : Envol environnement

4.2. Enjeux identifiés par l'étude d'impact

L'étude d'impact initiale a été réalisée et coordonnée par le bureau d'études Tauw France (assisté de Calidris pour les volets écologiques) en 2016.

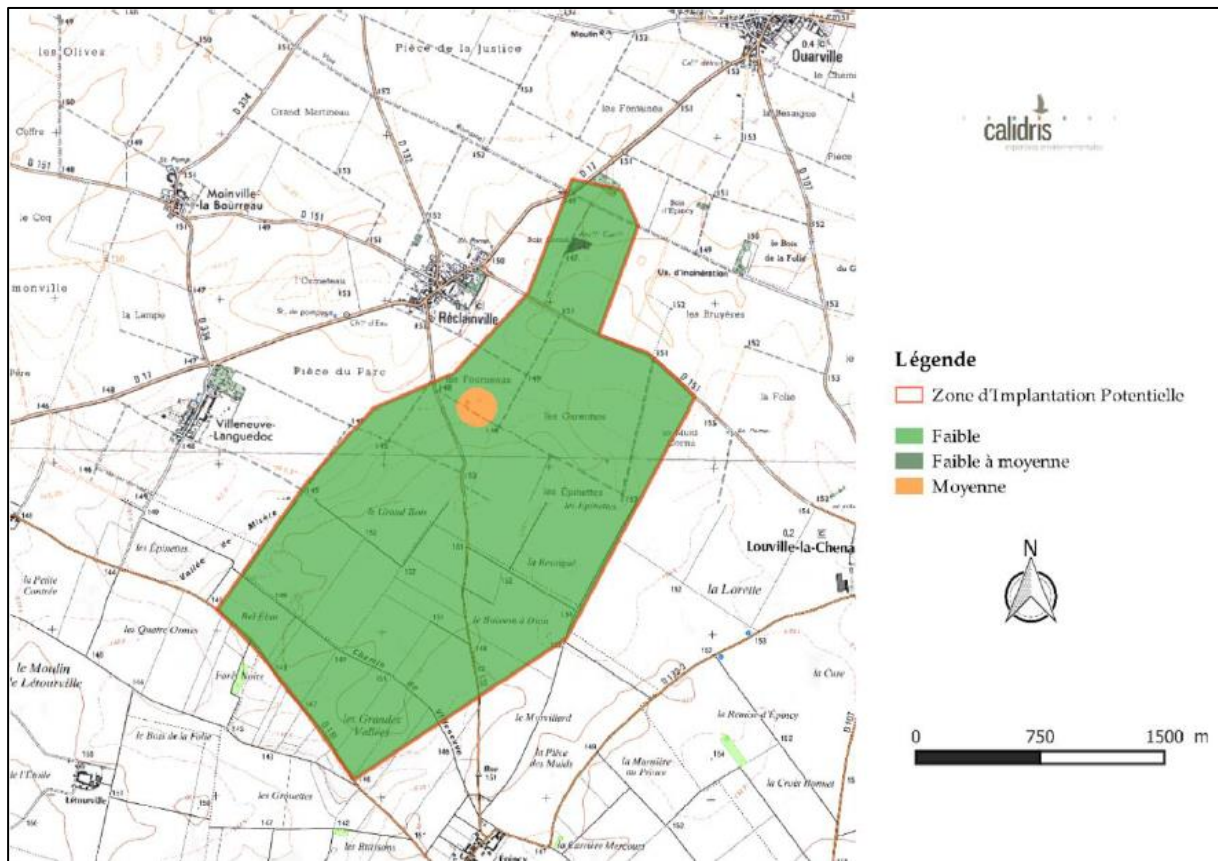
L'analyse globale a situé le projet au sein d'un espace cultivé ouvert de type « openfield », marqué par la rareté des milieux naturels ou boisés favorables au développement du grand éolien. Les inventaires avifaunistiques ont été réalisés sur un cycle biologique complet à raison de 13 visites sur site entre le 2 octobre 2013 et le 29 mai 2014.

Seules 6 espèces patrimoniales ont été rencontrées à l'issue des prospections :

- le Faucon émerillon en avril, hivernant rare mais potentiellement régulier sur site. Sa sensibilité à l'éolien sur le secteur avait été jugée faible.
- Le Busard des roseaux en automne, qui ne niche pas à proximité des sites visés par l'implantation des éoliennes en raison du manque d'habitats favorables à son installation. Sa sensibilité à la collision avait été caractérisée de faible.
- Le Busard Saint-Martin, à deux reprises : un mâle en avril et une femelle en mai. Sa sensibilité en période de travaux avait été jugée faible à modérée en raison du dérangement potentiel de nicheurs. En exploitation, l'enjeu était jugé faible.
- La Linotte mélodieuse en été, surtout au niveau d'une jachère. Jusqu'à 3 couples nicheurs ont été considérés, et des effets de dérangement avaient été admis si leurs habitats de prédilection étaient détruits vu la rareté des milieux équivalents aux alentours. Le risque de collision était également jugé faible.
- L'Œdicnème criard en mai, sous la forme d'un couple probablement nicheur. Sa sensibilité tenait davantage au dérangement (jugé faible à modéré) et à la destruction possible d'habitats favorables plus qu'à la collision car aucun rassemblement migratoire n'avait été observé.
- Le Pluvier doré, lors du printemps et de l'hiver sous la forme de groupes de taille variable. Les effectifs ayant demeuré faibles sur les saisons, la sensibilité de l'espèce avait été jugée faible voire nulle.

Pour les chiroptères, 6 visites de terrain ont été réalisées entre octobre 2013 et septembre 2014. Les espèces les plus présentes étaient la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl. La sensibilité chiroptérologique avait été jugée faible en raison de l'absence de zones favorables à leur gîte (arbres creux) à l'exception de 2 secteurs. Le premier correspondait à un petit boisement au nord et le deuxième à un emplacement d'entreposage de déchets organiques auquel un tampon de 100 mètres avait été appliqué (Figure 1). L'augmentation locale de la ressource alimentaire liée à la décomposition pouvait en effet créer une attraction supplémentaire et entraîner une fréquentation accrue.

Figure 1 : Localisation des zones de sensibilité pour les chiroptères. (Calidris, 2014)



L'étude préconisait alors l'interdiction de l'implantation d'aménagements susceptibles d'attirer les insectes (parterres fleuris), l'avifaune (buissons) et les chauves-souris à proximité immédiate des éoliennes ainsi que la réalisation d'un suivi de mortalité, ici présenté.

PARTIE 2 : Etude de la mortalité

1. Matériel et méthodes

Les suivis de mortalité sur les parcs éoliens ne permettent pas de relever tous les cadavres victimes de collisions ou de barotraumatisme avec les aérogénérateurs. Ils ne sont pas exhaustifs. La présente étude vise donc à estimer le nombre de chauves-souris et d'oiseaux victimes des éoliennes au cours d'une période donnée (exprimé en nombre d'individus/éolienne/temps). Afin d'obtenir la valeur la plus représentative possible, une évaluation de différents facteurs requis par les équations de calculs est nécessaire.

1.1. Recherche des cadavres

1.1.1. Effort de surveillance

Le suivi de mortalité a été réalisé entre le 25 mai et le 30 octobre 2020 puis entre le 8 mars et le 20 avril 2021. Les passages se sont déroulés à raison d'un passage de prospection tous les 10 jours environ sur ces deux intervalles. Au total, 20 passages ont été réalisés. Pour plus de précision des données d'estimations, les prospections ont été divisées en trois grandes « saisons ».

Figure 2 : Calendrier des passages par saison

Période considérée	Période d'étude	Intervalle entre 2 passages
Période estivale Semaines 20-33/2020	Du 25/05 au 06/08/2020 (Semaines 22-32/2020)	10,3 jours
Période automnale Semaines 34-44/2020	Du 17/08 au 29/10/2020 (Semaines 33-44/2020)	10,4 jours-
Période printanière Semaines 10-19/2021	Du 8/03 au 20/04 (Semaines 10-16/2021)	14 jours

Figure 3 : Calendrier des passages de recherche des cadavres

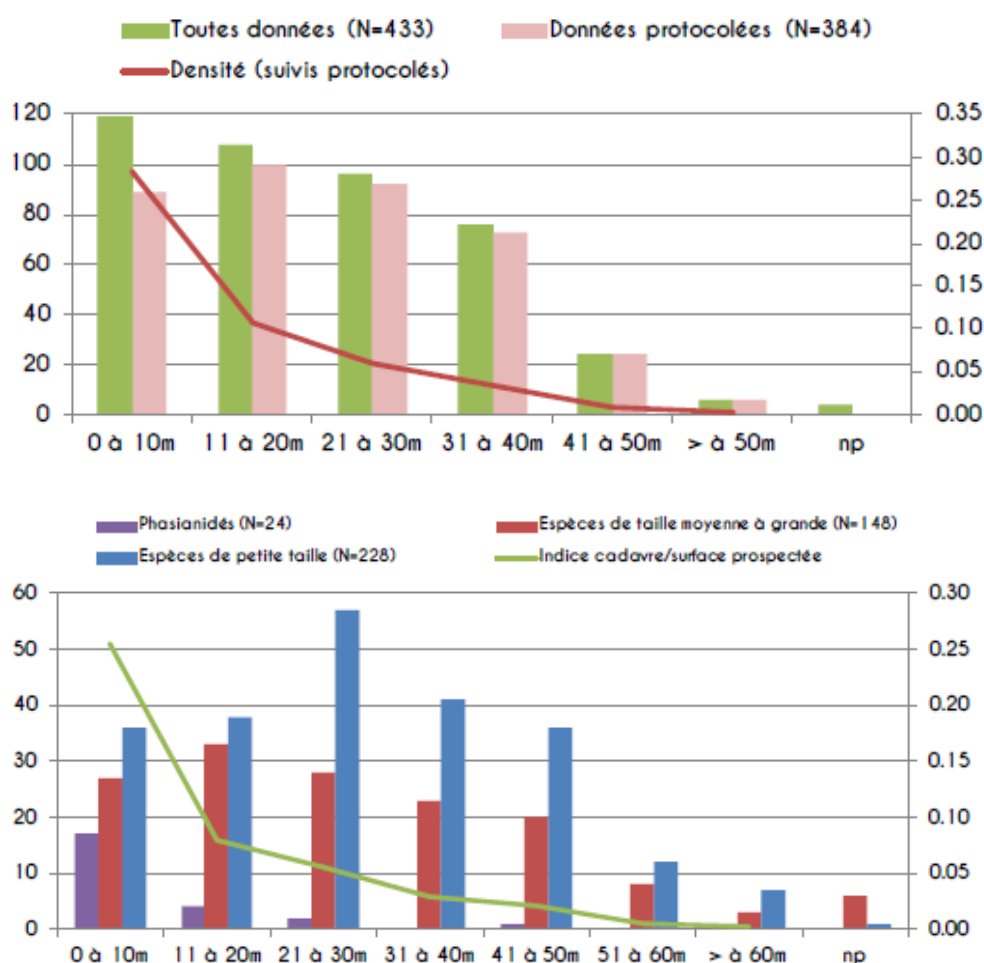
Thèmes d'étude	Dates	Conditions météorologiques
Recherches de cadavres, test observateur, dépôt des cadavres tests	25/05/2020	Peu nuageux, vent modéré, 15 à 24°C
Contrôle de la persistance des cadavres	26/05/2020	-
	27/05/2020	-
	28/05/2020	-
	02/06/2020	-
Recherches de cadavres	04/06/2020	Couvert, vent fort, 14 à 16°C
	15/06/2020	Nuageux, averses, vent modéré, 17 à 19°C

Thèmes d'étude	Dates	Conditions météorologiques
	25/06/2020	Nuageux, vent modéré, 23 à 35°
	06/07/2020	Dégagé, ensoleillé, vent faible avec rafales, 16 à 24°C
	16/07/2020	Très couvert, vent modéré, 17 à 21°C
	28/07/2020	Nuageux, vent fort à très fort, 15 à 26°C
	06/08/2020	Couvert, vent fort, 16 à 23°C
Recherches de cadavres	17/08/2020	Nuageux, vent modéré avec rafales, 15 à 26°C
	27/08/2020	Quelques nuages, vent modéré, 20 à 24°C
Recherches de cadavres, test observateur, dépôt des cadavres tests	07/09/2020	Dégagé, vent faible, 22°C
Contrôle de la persistance des cadavres	08/09/2020	-
	09/09/2020	-
	10/09/2020	-
	15/09/2020	-
Recherche des cadavres	17/09/2020	Dégagé, vent fort, 23 à 28°C
	28/09/2020	Couvert, vent faible à fort, 13 à 19°C
	08/10/2020	Couvert, vent fort, 13 à 18°C
	19/10/2020	Nuageux, vent modéré, 12 à 13°C
	29/10/2020	Couvert, vent modéré, 12 à 13°C
Recherches de cadavres	08/03/2021	Dégagé, vent modéré, 11°C
	22/03/2021	Nuageux, vent modéré, 12°C
	07/04/2021	Couvert, vent fort, 6 à 10°C
	20/04/2021	Nuageux, vent faible, 12 à 17°C

1.1.2. Surfaces et transects de prospection

L'étude de la mortalité s'est traduite par des recherches à vue autour des éoliennes. Le protocole appliqué a été celui préconisé par le protocole en vigueur en 2018 et par les publications d'Eurobats¹, à savoir réaliser des transects de prospection d'un minimum d'éloignement de 50 mètres du mât (carré de 100 m de côté). Cette distance permet d'après une étude menée en Champagne-Ardenne de couvrir au mieux la surface possible de chutes des cadavres².

Figure 4 : Distances de découverte des cadavres de chiroptères (en haut) et d'oiseaux (en bas) en Champagne-Ardenne

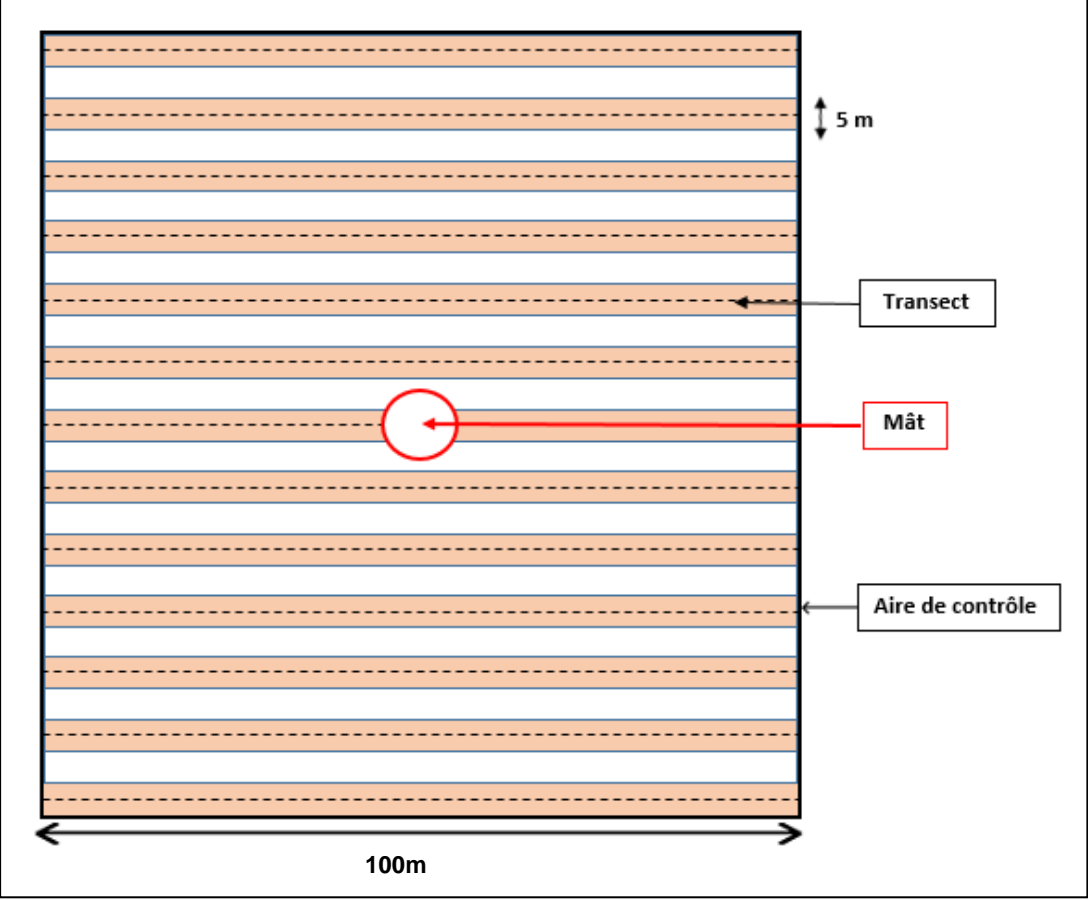


Des transects ont été délimités sous chaque éolienne, chacun d'entre eux étant parcouru d'un pas lent et régulier de manière à couvrir une bande de 5 mètres de large. Les deux éoliennes ont été prospectées.

¹ Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens – EUROBATs, actualisation 2014

² TERNOIS, Vincent. Impact du développement éolien sur les chiroptères et les oiseaux – état des lieux provisoire sur la mortalité connue en Champagne-Ardenne (actualisation 2018), 10p.

Figure 5 : Illustration d'une aire de contrôle et des transects parcourus autour d'une éolienne





Légende

Parcs éoliens :

- Eoliennes suivies
- Autres éoliennes construites ou autorisées

Protocole :

- ▭ Zones de recherche de mortalité

Carte 6 : Cartographie des aires de contrôle autour des éoliennes



1.1.3. Compilation des données

La position du cadavre (coordonnées GPS, orientation par rapport à l'éolienne, distance du mât), son état (cadavre frais, vieux de quelques jours, en décomposition, restes...) ainsi que le type de blessures et l'habitat où il a été trouvé ont été notés, photographiés et cartographiés. Pour chaque carcasse trouvée, les données suivantes ont été consignées :

- Date ;
- Eolienne ;
- Observateur ;
- Nom de l'espèce ;
- Etat du cadavre (frais, avancé, décomposé, sec) ;
- Cause présumée de la mort ;
- Type d'habitat entourant le cadavre ;
- Latitude et longitude (Lambert 93) ;
- Distance entre le cadavre et le mât de l'éolienne.

1.1.4. Modèles d'estimation du taux de mortalité

- **Indice d'Erickson (2000) :**

Cet indice intègre dans le calcul une durée de persistance moyenne des cadavres. Cette formule possède l'avantage de fonctionner même lorsque le taux de persistance vaut 0 (c'est à dire, même si les cadavres déposés disparaissent avant le passage suivant, LPO Drôme). La formule est la suivante :

$$N = \left(\frac{I \times C}{\bar{t} \times Z} \right) \times A$$

Avec :

I : Durée de l'intervalle de temps, équivalent à la fréquence de passage (en jours)

C : Nombre de cadavres comptés

Z : Efficacité de l'observateur ou le taux de détection

\bar{t} : Durée moyenne de persistance d'un cadavre en jours tel que :

$$\bar{t} = \frac{\sum(\text{nombre de cadavres restants } J + x \times x)}{\text{Nombre de cadavres au départ}}$$

A : Coefficient de correcteur surfacique tel que :

$$A = \frac{1}{\text{Taux de prospection}}$$

- **Indice de Jones (2009) :**

L'indice de Jones admet plusieurs postulats pour le calcul. Il considère que le taux de mortalité est constant sur l'intervalle de temps considéré, que la durée de persistance d'un cadavre suit une loi exponentielle négative et que la probabilité de disparition moyenne est identique quel que soit le moment au cours du temps (LPO Drôme). La variable P devient alors :

$$P = \exp(-0.5 \times I/\bar{t})$$

Ce qui donne :

$$N = \left(\frac{C}{Z \times \exp(-0.5 \times I/\bar{t}) \times \hat{e}} \right) \times A$$

Est également rajouté le terme d'intervalle effectif, puisque plus l'intervalle est long, plus le taux de persistance est faible. Cet intervalle effectif, noté \hat{I} , correspond à la durée au-delà de laquelle le taux de persistance p est inférieur à 1%. On notera que, dans l'équation, I prendra la valeur minimale entre I et \hat{I} .

Avec :

$$\hat{I} = -\log(0.01) \times \bar{t}$$

\hat{e} : Coefficient correcteur de l'intervalle : $\frac{\text{Min}(I;\hat{I})}{I}$

- **Indice de Huso (2010) :**

Tout en gardant l'hypothèse de Jones que la mortalité est constante au cours du temps, il considère que la probabilité de disparition à la moitié de l'intervalle n'est pas égale à la probabilité moyenne de persistance d'un cadavre p (LPO Drôme). On notera que dans l'équation, I prendra la valeur minimale entre I et \hat{I} .

Ce qui donne : $P = \frac{\bar{t} \times (1 - \exp^{-I/\bar{t}})}{I}$

Et donc :

$$N_{\text{estimé}} = \left(\frac{C}{Z \times \frac{\bar{t} \times (1 - \exp^{-I/\bar{t}})}{I} \times \hat{e}} \right) \times A$$

1.2. Détermination des coefficients de correction

1.2.1. Tests de persistance des cadavres (\bar{t})

Deux tests ont été réalisés, l'un au démarrage des prospections, l'autre à l'automne après les moissons afin de s'adapter aux fortes variations de hauteur des cultures. Au total, 12 cadavres d'un mélange de souris et de poussins pour varier la taille, la couleur et la forme des individus tests ont été déposés sous les éoliennes du parc éolien des Epinettes (6 sous 1 des 2 éoliennes à 2 reprises). Chaque carcasse déposée a fait l'objet d'une localisation par GPS et a été cherchée lors des trois jours suivant le dépôt puis lors de chaque passage de prospection jusqu'à disparition (ou jusqu'à disparition totale).

On suppose que le taux de persistance est constant sur la saison.

<p>Taux de persistance des cadavres :</p> $\bar{t} = \frac{\sum(\text{nombre de cadavres restants à } J + x \times x)}{\text{Nombre de cadavres déposés}}$

Figure 6 : Tableau de calcul des durées de persistance par éolienne

Saisons	Dates de prospection		Eoliennes		Total
			E5	E6	
Printemps et Eté	Cadavres déposés	25/05/2020	-	6	6
	Cadavres retrouvés	26/05/2020	-	6	6
		27/05/2020	-	5	5
		28/05/2020	-	4	4
		02/06/2020	-	1	1
		04/06/2020		0	0
	Taux de persistance (P)				6,00
Automne	Cadavres déposés	07/09/2020	-	6	6
	Cadavres retrouvés	08/09/2020	-	3	3
		09/09/2020	-	1	1
		10/09/2020	-	0	0
	Taux de persistance (P)			-	0,83

1.2.2. Tests d'efficacité des observateurs (Z)

Un test d'efficacité des observateurs a été réalisé à chaque saison. Il permet de déterminer le taux de découverte des cadavres.

L'objectif de cette démarche est d'estimer le pourcentage de chauves-souris ou d'oiseaux morts ayant échappé à la vue de l'observateur pour avoir une idée de leur efficacité.

Coefficient d'efficacité de l'observateur :

$$Z = \frac{\text{Nombre de cadavres retrouvés}}{\text{Nombre de cadavres déposés}}$$

L'efficacité des observateurs peut être influencée par plusieurs éléments :

- La composition du couvert végétal, sa hauteur et sa densité.
- La structure du sol (plateforme bétonnée, culture humide...).
- Les conditions météorologiques.
- L'expérience et la condition physique de l'observateur (qualité d'observation, fatigue, motivation, concentration).

À chaque test d'efficacité des observateurs, 6 cadavres d'un mélange de souris et de poussins ont été disposés aléatoirement dans les aires de contrôle d'1 des 2 éoliennes, choisie de manière à fournir un échantillon représentatif des différents habitats couvrant les surfaces de prospection. Les coordonnées GPS de chaque cadavre déposé ont été systématiquement relevées afin de pouvoir retrouver les individus non observés au terme du test. Immédiatement après le dépôt par l'enquêteur A, l'enquêteur B a effectué son protocole de prospection habituel en signalant sa découverte ou non des carcasses tests.

Figure 7 : Taux de découverte des cadavres par éolienne et par saison

Saisons	Dates de prospection		Eoliennes		Total
			E5	E6	
Printemps et Été	Cadavres déposés	25/05/2020	-	6	6
	Cadavres retrouvés		-	6	6
	Taux de découverte des cadavres (Z)		-	1,00	1,00
Automne	Cadavres déposés	07/09/2020	-	6	6
	Cadavres retrouvés		-	5	5
	Taux de découverte des cadavres (Z)		-	0,83	0,83

1.2.3. Calcul du coefficient de correction surfacique (A)

En raison de la présence de cultures parfois très denses, les aires de contrôle définies sous chaque éolienne n'ont pas toujours pu être entièrement prospectées. Un pourcentage de surface contrôlée, propre à chaque journée d'investigation et à chaque éolienne, a dans ce cas été déterminé, et l'indice de correction surfacique se base sur ce pourcentage de prospection.

Figure 8 : Surfaces prospectées autour des éoliennes

Saisons	Dates	Eoliennes	
		E5	E6
		Surface prospectée en %	
Eté	26/05/2020	30	60
	04/06/2020	30	60
	15/06/2020	30	60
	25/06/2020	30	25
	06/07/2020	30	25
	16/07/2020	30	25
	28/07/2020	90	60
	06/08/2020	90	60
Taux de prospection moyen		0,45	0,47
Coefficient de correction surfacique (A)		2,22	2,13
Automne	17/08/2020	90	60
	27/08/2020	90	60
	07/09/2020	80	100
	17/09/2020	80	100
	28/09/2020	80	100
	08/10/2020	100	100
	19/10/2020	100	100
	29/10/2020	100	100
Taux de prospection moyen		0,90	0,90
Coefficient de correction surfacique (A)		1,11	1,11
Printemps	08/03/2021	100	100
	22/03/2021	70	60
	07/04/2021	70	60
	20/04/2021	50	50
Taux de prospection moyen		0,73	0,68
Coefficient de correction surfacique (A)		1,37	1,47

1.3. Limites du suivi de mortalité

Il existe trois principaux facteurs qui mèneraient à une sous-estimation de la mortalité :

- La disparition des cadavres entre le moment où l'individu meurt et le moment de la recherche sur le terrain (prédation par les charognards, enfouissement par des insectes nécrophages et dégradation rapide). Ce taux de prédation dépend des saisons, des prédateurs présents, de leur spécialisation... **Ce biais est corrigé par l'utilisation d'un indice de persistance** (Figure 6).
- La difficulté à repérer les animaux, en particulier pour les animaux de petite taille et pendant les périodes où la végétation est la plus haute. L'efficacité de l'observateur peut dépendre de la croissance de la végétation, des capacités de l'observateur, de sa fatigue, des conditions météorologiques... L'efficacité de l'observateur, liée à la recherche de leurres ici représentés par des souris, peut entraîner un biais. En effet, les détectabilités des espèces varient selon leur taille ou la couleur de leur pelage, tandis que les tests sont faits uniformément sur des cadavres de souris identiques. **Ce biais est corrigé par l'utilisation d'un indice d'efficacité de l'observateur** (Figure 7).
- La réduction ponctuelle de la surface de prospection en fonction des conditions locales (zones inondées, forte densité des cultures...). Cette variable dépend de la hauteur des cultures pratiquées et de la topographie du site. Les pratiques agricoles, auxquelles la plupart des habitats prospectés sont soumis, tendent vers une modification complète du milieu. L'étude de la persistance des cadavres peut donc être fortement biaisée par le labour, tandis que la recherche des cadavres peut s'avérer impossible pendant les périodes où les cultures sont hautes. **Ce biais est corrigé par l'utilisation d'un indice de correction surfacique** (Figure 8).

Le suivi du parc éolien des Epinettes a été réalisé à cheval sur 2 années (2020 et 2021) en raison des restrictions de déplacement occasionnées par la crise sanitaire.

2. Résultats des expertises de terrain

2.1. Bilan des cadavres observés

A partir des passages de prospection réalisés en été, à l'automne et au printemps, 5 cadavres d'oiseaux ont été découverts.

Figure 9 : Résultats des recherches de cadavres

Période	Dates	Espèces	Stade	Sexe	Eolienne
Eté	25/05/2020	Hirondelle rustique	Adulte	Indéterminé	E5
Automne	17/08/2020	Bruant jaune	Adulte	Mâle	E5
	27/08/2020	Pigeon ramier	Indéterminé	Indéterminé	E6
	20/10/2020	Buse variable	Juvenile	Indéterminé	E5
	20/10/2020	Buse variable	Adulte	Indéterminé	E5

Les fiches de mortalité standardisées sont disponibles en annexe 1.

Figure 10 : Liste des oiseaux trouvés lors des prospections (statuts définis en page 36)

Espèces	Nbre de cadavres	CVDL ⁴	Liste Rouge France			Liste Rouge Europe	Directive Oiseaux	Statut juridique
			N ⁵	H	DP			
Bruant jaune	1	NT	VU	NA	NA	LC	-	PN
Buse variable	2	LC	LC	NA	NA	LC	-	PN
Hirondelle rustique	1	LC	NT	-	DD	LC	-	PN
Pigeon ramier	1	LC	LC	LC	NA	LC	OII, OIII	GC
Total	5							

N : Statut nicheur ; H : Statut hivernant ; DP : Statut « de passage »

Parmi les 4 espèces d'oiseaux trouvées sous les aérogénérateurs du parc éolien des Epinettes, 2 sont patrimoniales. Le **Bruant jaune** est l'espèce qui bénéficie du plus haut niveau d'attention car ses populations sont vulnérables en France et quasi-menacées en région. L'**Hirondelle rustique** est quasi-menacée en France. La Buse variable est quant-à-elle non menacée mais tout de même protégée, tandis que le Pigeon ramier est chassable.

Figure 11 : Sensibilité à l'éolien des espèces d'oiseaux trouvées sur le site

Espèces	Nombre de cadavres	Indice de vulnérabilité France ⁶	Sensibilité à la perte d'habitat ⁴	Sensibilité à la collision ⁴
Bruant jaune	1	3	X	Moyenne
Buse variable	2	2	-	Très élevée

⁴ UICN, CSRPN Centre-Val de Loire 2012 - Liste rouge des oiseaux de la région Centre-Val de Loire

⁵ UICN, MNHN 2016, La Liste rouge des espèces menacées en France – Oiseaux de France métropolitaine, 32p.

⁶ Guide de préconisation pour la prise en compte des enjeux chiroptérologiques et avifaunistiques dans les projets éoliens – région Hauts de France – septembre 2017

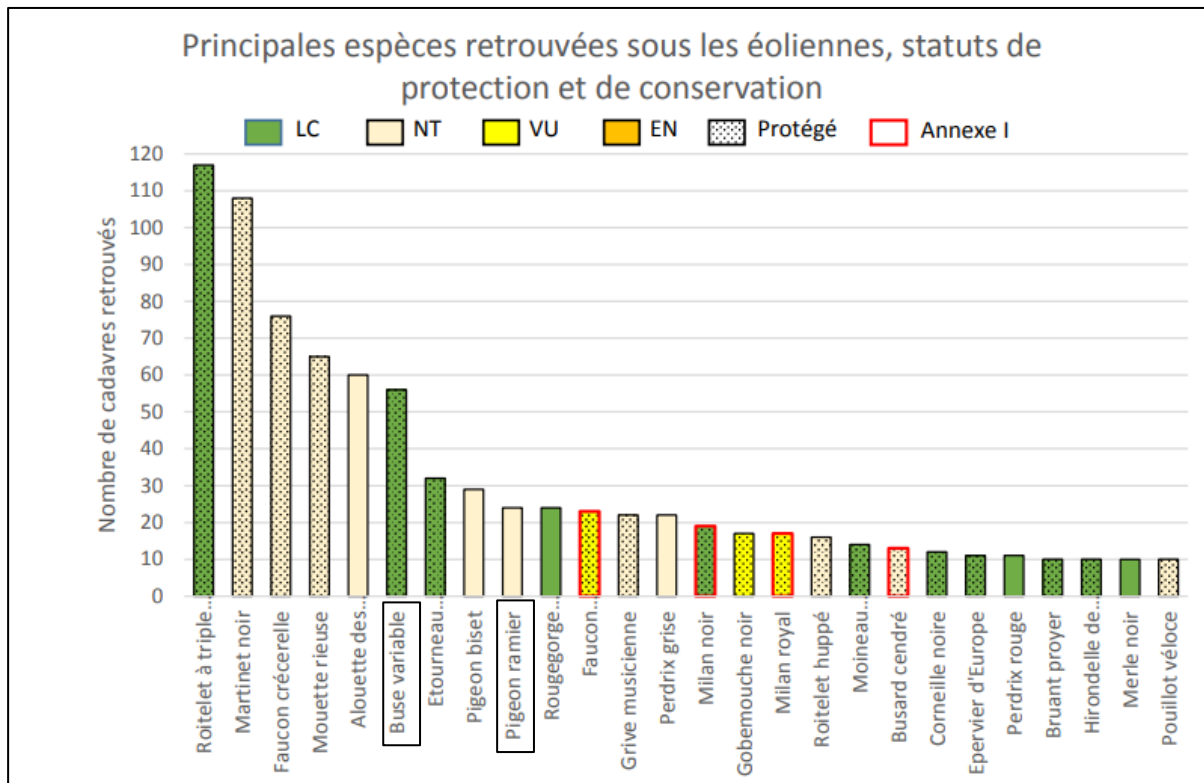
Espèces	Nombre de cadavres	Indice de vulnérabilité France ⁶	Sensibilité à la perte d'habitat ⁴	Sensibilité à la collision ⁴
Hirondelle rustique	1	1,5	-	Moyenne
Pigeon ramier	1	0,5	-	Elevée

La **Buse variable** est très sensible à la collision en raison de ses habitudes de vol. Ce rapace chasse souvent en larges cercles à hauteur de pales, tournoyant au-dessus de sa cible en y fixant sa concentration. Il est alors possible que l'individu se fasse aspirer ou précipiter vers l'éolienne en raison des changements de courants. La Buse variable figure en 6^{ième} position des espèces les plus souvent victimes de l'éolien en France d'après la LPO⁴.

Le **Pigeon ramier** présente une sensibilité élevée à la collision, en raison notamment de sa fréquentation quasi-exclusive des espaces cultivés. En effet, l'espèce installe son nid sur des arbres ou au sein de bosquets, mais se nourrit ensuite quotidiennement au sein des champs. Il se déplace donc très souvent sur un territoire assez vaste, pouvant englober plusieurs parcelles et le plus souvent en petits groupes. Son gabarit moyen l'entraîne également souvent à évoluer à des hauteurs de vol qui coïncident avec la fenêtre de rotation des pales des aérogénérateurs. Le Pigeon ramier se classe en 9^{ième} position des espèces les plus fréquemment impactées par le fonctionnement des éoliennes.

Le **Bruant jaune** et l'**Hirondelle rustique** sont modérément concernés par le risque de collision avec les éoliennes. Si l'Hirondelle rustique passe une bonne partie de son temps à voler, chassant les insectes parfois à haute altitude, le Bruant jaune se cantonne souvent aux environs des habitats arborés abritant son nid en été. En migration, les deux espèces peuvent s'exposer davantage car elles circulent toutes deux au-dessus des espaces ouverts en petits groupes. Bien que leur sensibilité soit classée en niveau modéré, celle de l'Hirondelle rustique est jugée supérieure en raison de ses déplacements à hauteur de pale à toute saison tandis que le Bruant jaune se déplace surtout à basse altitude en été. L'Hirondelle de fenêtre qui présente les mêmes caractéristiques écologiques générales que la rustique figure en position 24 du tableau présenté ci-après.

Figure 12 : Principales espèces d'oiseaux retrouvées sous les éoliennes d'après la LPO, 2017



Définition des statuts de conservation et de protection :

✓ Statut juridique

PN : Protégé.

GC : Gibier chassable

✓ Listes rouges européenne, nationale et régionale

VU : Vulnérable = espèce menacée de disparition.

NT : Quasi-menacé = espèce proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises.

LC : Préoccupation mineure = espèce pour laquelle le risque de disparition de France est faible.

NA : Non applicable.

DD : Données insuffisantes

Figure 13 : Localisation des cadavres par rapport au mât et identifiants pour la cartographie

Dates	Identifiants	Espèces	Eolienne	Distance au mât (m)
25/05/2020	H	Hirondelle rustique	E5	52
17/08/2020	BJ	Bruant jaune	E5	2
27/08/2020	P	Pigeon ramier	E6	45
20/10/2020	B	Buse variable	E5	20
20/10/2020	B2	Buse variable	E5	30



Légende

Parc éolien :

- Eoliennes suivies

Protocole :

- Zones de recherche de mortalité

Cadavres trouvés :

- ▲ En été
- ▼ En automne

Carte 7 : Localisation des cadavres découverts



Fond de carte : Geoportail - Réalisation : Envol environnement

2.2. Estimation de la mortalité

Le tableau ci-dessous présente les résultats des recherches de mortalité pour le parc étudié suivant les formules d'Erickson, Jones et Huso. Les moyennes par saison des indices calculés précédemment sont utilisées dans les calculs. Les estimations sont données en nombre de cadavres par éolienne pour la période suivie.

Notons que lorsqu'aucun cadavre n'a été détecté au cours de nos prospections, le **N_{estimé}** n'est pas calculable. Pour autant, cela ne signifie pas qu'aucun individu n'a été tué au cours de la saison par l'éolienne concernée. Une moyenne globale de mortalité attendue par éolienne par année sera discutée dans les analyses des résultats.

Figure 14 : Résultats des estimations de mortalité avifaune (en nombre de cadavres/éolienne pour la période étudiée)

Saison	Variables	E5	E6
Eté	C	1	0
	Z	1,00	1,00
	I	10,30	10,30
	î	12,00	12,00
	ê	1,00	1,00
	t	6,00	6,00
	A	2,22	2,13
	Erickson N_{estimé}	2,54	-
	Jones N_{estimé}	3,50	-
	Huso N_{estimé}	3,10	-
Automne	C	3	1
	Z	0,83	0,83
	I	10,40	10,40
	î	1,67	1,67
	ê	0,16	0,16
	t	0,83	0,83
	A	1,11	1,11
	Erickson N_{estimé}	49,92	16,64
	Jones N_{estimé}	12800,95	4266,98
	Huso N_{estimé}	311,50	103,83
Printemps	C	0	0
	Z	1,00	1,00
	I	14,00	14,00
	î	12,00	12,00
	ê	0,86	0,86

Saison	Variables	E5	E6
Printemps	t	6,00	6,00
	A	1,37	1,47
	Erickson N _{estimé}	-	-
	Jones N _{estimé}	-	-
	Huso N _{estimé}	-	-

Figure 15 : Résultats des estimations de mortalité avifaune (en nombre de cadavres/période)

Avifaune		Nombres de cadavres estimés		
		Eté	Automne	Printemps
		Période suivie 25/05-06/08 (11 semaines)	Période suivie 17/08-29/10 (11 semaines)	Période suivie 08/03-20/04 (7 semaines)
Parc entier	Erickson Nestimé	2,54	66,56*	-
	Jones Nestimé	3,50	17067,93*	-
	Huso Nestimé	3,10	415,34*	-

* la pertinence de ces résultats est jugée mauvaise et sera discutée dans la suite du document.

3. Analyse des résultats

3.1. Analyse des résultats des tests

3.1.1. Test observateur

Le test lié à l'efficacité de l'observateur est généralement mis en place deux fois par an (une fois au printemps et une fois à l'automne) de manière à s'adapter aux variations liées aux conditions météorologiques et à l'évolution des supports (hauteur de la végétation, état du sol...).

Pour rappel, 6 cadavres d'un mélange de souris et de poussins ont été placés au sein des carrés de prospection d'une des deux éoliennes par une personne A, et une personne B a effectué ses transects de recherche en essayant de les repérer comme elle repérerait un cadavre. Le taux d'efficacité observateur est globalement très bon (91,5%), supérieur au printemps/été (100%) par rapport à l'automne (83%). La végétation trop haute, trop dense, ou les conditions météo défavorables peuvent être à l'origine d'une variation de résultat. Nous précisons qu'au printemps/été, les tests se sont concentrés sur les parties accessibles à la prospection, à savoir majoritairement les plateformes qui offrent une vue très dégagée.

3.1.2. Test de persistance

Lors des 3 jours suivant le dépôt puis à nouveau lors de chaque passage de prospection (ou jusqu'à disparition totale), l'observateur a tenté de retrouver les carcasses tests grâce à leurs positions GPS. En règle générale, les cadavres disparaissent rapidement, que ce soit à cause de la prédation (par les renards, les rapaces, les corvidés, ou par l'attaque par les insectes nécrophages) ou éventuellement à cause des passages des engins agricoles dans les champs. En moyenne, environ la moitié des cadavres disparaissent dès les premières 24 heures d'après la bibliographie.

Pour les éoliennes des Epinettes, la persistance est drastiquement différente entre le printemps/été et l'automne.

Au printemps/été, après 24h, il restait encore la totalité des cadavres tests tandis qu'à l'automne, il n'en restait déjà plus que 50%. Après 48h, il ne restait plus qu'un cadavre en automne alors qu'en été, 5 persistaient encore.

Au final, au printemps/été, la persistance est estimée à 6 jours tandis qu'à l'automne, elle n'est que de 0,83 jour (20 heures environ).

Des empreintes de renards ont été relevées sur le site, et la présence de corneilles, corbeaux, rapaces et insectes nécrophages augmente la probabilité qu'un cadavre disparaisse rapidement. Il est possible qu'en été, en raison de la hauteur des cultures, la vue soit moins dégagée pour les prédateurs et qu'ils ne repèrent donc pas aussi facilement qu'à l'automne la présence de la ressource alimentaire. Il est également possible qu'en automne, en raison de la migration, les oiseaux se rassemblent en groupes de taille plus importante et que la pression de prédation d'espèces comme le Corbeau freux ou la Corneille noire, très opportunistes, fasse disparaître rapidement les cadavres frais.

3.1.3. Pourcentage de prospection et taux de correction de surface

De manière globale, se trouve sous une éolienne :

- une partie gravillonnée correspondant aux fondations du mât, au chemin d'accès et à la plateforme,
- une zone de terre meuble et une zone enherbée en friche se situant autour des fondations, souvent constituée de graminées plus ou moins hautes selon l'entretien,
- une zone d'activité agricole.

Les parties gravillonnées offrent une visibilité maximale (sol nu), tandis que les zones de friches, si elles ne sont pas entretenues, en offrent une plutôt médiocre. Si le surplomb de l'éolienne concerne des zones boisées, il est impossible de les prospector. La valeur du taux de prospection est donc spécifique à une éolienne pour une période donnée, ici : la saison.

Dans le cas du parc éolien des Epinettes, les 2 éoliennes se situent en plein champ. Théoriquement, l'entière étendue des carrés de prospection (1 hectare par machine) peut être parcourue. Cependant, les variétés cultivées à certains endroits, comme le blé ou la betterave, peuvent rendre la parcelle inaccessible. C'est pourquoi un indice de correction de surface (A) propre à chaque éolienne a été intégré dans tous les calculs. Au plus la surface réellement prospectée s'approche de la surface théorique, au plus les estimations sont précises, et au plus la surface prospectée est faible, au plus le risque d'erreurs par surestimation du calcul est grand.

A chaque saison, en raison de l'activité agricole des parcelles, une partie de la zone potentielle de chute des animaux tués par les éoliennes était parfois inaccessible. La surface prospectée s'est donc réduite à la partie gravillonnée, à la zone enherbée et aux parties labourées, réduisant parfois le pourcentage de parcelle réellement prospecté.

3.2. Analyse des cadavres

Figure 16 : Tableau de synthèse des cadavres observés

Espèces	Sexe	Stade	Cause supposée	Éolienne	Distance au mât (m)
Hirondelle rustique	Indéterminé	Adulte	Collision	E5	52
Bruant jaune	Mâle	Adulte	Collision	E5	2
Pigeon ramier	Indéterminé	Adulte	Collision	E6	45
Buse variable	Indéterminé	Adulte	Collision	E5	20
Buse variable	Indéterminé	Juvenile	Collision	E5	30

3.2.1. Age et sexe

Les observations anatomiques (plumage, couleurs...) et les mesures prises sur les cadavres en bon état tendent à démontrer que les individus trouvés étaient majoritairement des adultes. Ce constat peut également être aidé par la période de découverte et la connaissance de la phénologie des espèces. Une des deux buses trouvées en automne a tout de même été identifiée comme étant un juvénile de l'année.

Déterminer le sexe est compliqué, notamment chez les oiseaux dont le dimorphisme sexuel par les couleurs est très peu marqué. La Buse variable est très difficile à sexer en raison de son plumage extrêmement variable et non associé à un genre en particulier, tout comme l'Hirondelle rustique ou le Pigeon ramier. Le Bruant jaune présente en revanche de belles différences de couleurs entre le mâle et la femelle et a pu être identifié comme un mâle.

3.2.2. Causes présumées de la mort

D'une manière générale, les oiseaux meurent d'une collision avec les pales ou le mât, tandis que les chiroptères succombent aux effets d'un barotraumatisme. Les grands oiseaux présentent souvent des traces d'impacts comme des fractures, et il est fréquent de retrouver les dépouilles en plusieurs morceaux. Les gros oiseaux ont plus de chances d'être découverts que les petits car les prédateurs ont plus de mal à les emporter. Leurs plumes sont également plus grandes et présentent donc davantage de tissus non comestibles qui perdurent dans le temps. Un cadavre de Buse variable peut donc être encore visible plusieurs jours après sa mort et alors découvert en très mauvais état tandis que celui d'un petit oiseau est plus souvent soit trouvé frais avant d'être emporté soit pas du tout.

Les oiseaux découverts présentaient tous des traces d'impacts comme des fractures ouvertes ou une partie du corps sectionnée. Le Pigeon ramier a même été trouvé en plusieurs morceaux.

Des prédateurs naturels comme les renards ou les rapaces nocturnes et diurnes peuvent avoir soustrait ou abimé les cadavres, tandis que la chaleur, les mouches, asticots ou fourmis ont très certainement contribué à la dégradation des corps retrouvés.

Le passage d'engins agricoles peut également ensevelir ou disperser les corps.

3.2.3. Distance au mât

La distance moyenne au mât calculée est de 29,8 mètres. Il est difficile de tirer de quelconques conclusions sur la distance de découverte des dépouilles, d'autant que la visibilité sur la plateforme est supérieure à celle des cultures, ce qui biaise les résultats. Les corps peuvent être directement précipités au sol ou projetés, et des prédateurs peuvent les déplacer. Les grosses espèces sont également plus facilement détectées que les petites au sein des cultures et leur persistance est souvent supérieure (grâce à leur poids et à leur plus grand pourcentage de tissus imputrescibles comme les plumes et les os), ce qui entraîne également un biais.

3.2.4. Patrimonialité des espèces

Le **Bruant jaune** constitue l'espèce de plus haut niveau patrimonial découvert sous les éoliennes des Epinettes. En effet, ce passereau est la seule espèce vulnérable en France (en plus d'être quasi-menacée en région et protégée) du cortège victime du parc. Il est d'ordinaire peu concerné par le risque éolien car il s'éloigne assez peu des haies dans lequel il bâtit son nid. Il est assez peu regardant sur l'abondance de la trame verte mais exige tout de même de trouver des buissons ou quelques haies mêmes basses pour se reproduire et chanter de manière territoriale sur un promontoire. Son alimentation principalement composée de graines l'emmène cependant à fréquemment occuper les cultures, et il est donc possible que des individus circulent directement sous les éoliennes à toute saison.

La sensibilité à la collision augmente lors des migrations puisque le Bruant jaune est migrateur partiel et qu'à l'issue de la période de reproduction, l'espèce se regroupe pour former des colonies de quelques individus qui transitent sur une distance assez restreinte. Les déplacements en groupes à travers les paysages ouverts ainsi que le mauvais temps peuvent amener les migrateurs à abaisser leur altitude de transit et à les faire pénétrer dans la fenêtre de rotation des pales.

La migration débutant généralement en septembre, l'individu trouvé en août devait probablement être nicheur sur le secteur. La sensibilité locale du Bruant jaune est cependant jugée faible et la mortalité supposée anecdotique en raison de l'absence d'habitats particulièrement prisés par l'espèce aux environs immédiats des aérogénérateurs et de sa tendance très forte à se déplacer à basse altitude, surtout l'été.

L'**Hirondelle rustique** est quasi-menacée et protégée en France. Cet oiseau est migrateur et ne s'observe donc sur nos territoires qu'entre le printemps et l'automne. L'Hirondelle rustique se reproduit au sein de vieux bâtiments comme des granges et s'établit en colonies. Les individus chassent quotidiennement en groupe et virevoltent à des altitudes variables pouvant dépasser la hauteur totale des éoliennes en fonction de la disponibilité en insectes, elle-même dépendante des conditions atmosphériques. L'espèce passe donc l'immense majorité de son temps en vol, ce qui augmente mathématiquement son risque de collision. Lors des migrations, des groupes de plusieurs dizaines d'individus circulent au-dessus des espaces ouverts car ils ne sont pas absolument pas dépendants des arbres, ce qui les amène potentiellement à rencontrer plus d'éoliennes que les espèces suivant assidument la trame verte.

L'individu a été trouvé en été, le 25 mai, et était donc potentiellement nicheur sur site. Il est possible, vu la densité en éoliennes du secteur, que ces oiseaux soient exposés assez régulièrement à la collision lors de leurs sessions de chasse. L'unique cadavre découvert sous les aérogénérateurs des Epinettes indique cependant que les effets des 2 éoliennes suivies sur les populations de l'Hirondelle rustique doivent être contenus.

La **Buse variable**, comme tous les rapaces, est très sensible à la collision. Les habitats qui tapissent les environs des éoliennes sont assez favorables à son écologie puisque l'espèce nidifie au sein des bosquets et des haies même peu denses, puis chasse activement au niveau des cultures. Elle est sédentaire, c'est-à-dire qu'elle s'observe à toutes les saisons, prospectant très certainement quotidiennement le secteur à la recherche de proies. En période de migration, il est également possible que des migrateurs se joignent ponctuellement aux populations résidentes. Deux cadavres de l'espèce ont été trouvés sous les éoliennes suivies en automne. Le risque d'impact négatif entraîné par le fonctionnement du parc éolien apparaît plutôt contenu pour la Buse variable bien qu'un juvénile (dont l'origine locale ou migratrice reste impossible à déterminer) ait été découvert.

Enfin, le **Pigeon ramier** est très commun et abondant en France. C'est un gibier, il n'est donc pas protégé. L'espèce se reproduit au sein de bosquets ou de haies et se nourrit ensuite dans les cultures. Le pigeon évolue généralement en groupes même restreints (quelques individus) et son gabarit l'autorise à voler très facilement à hauteur de pales des éoliennes. Il couvre alors aisément un territoire composé de plusieurs parcelles et circule de champ en champ au gré de la disponibilité alimentaire. L'espèce est également migratrice et de très gros effectifs viennent gonfler les populations sédentaires, notamment en automne.

Des groupes composés parfois de plus d'un millier d'individus peuvent circuler le long des vallées, s'exposant alors plus facilement à la collision que des individus isolés.

Le cadavre découvert l'a été en été, le 27 août. Il est possible que l'individu ait été sédentaire et donc nicheur sur site, mais il est également possible qu'il ait été un migrateur un peu précoce. Dans les deux cas, les risques d'atteinte à l'état de conservation de l'espèce sont nuls sur le site des Epinettes.

3.2.5. Causes des interactions avec les éoliennes

➤ Oiseaux :

D'une manière générale, les passereaux migrant la nuit (Rougegorge familier, roitelets) sont, avec les rapaces, les individus les plus touchés par la mortalité éolienne en raison de leurs comportements déjà expliqués dans le rapport (chasse en paysage cultivé, techniques de vol...). Le fait que certains petits passereaux soient parfois retrouvés sans aucune trace de collision laisse supposer de la potentielle existence d'un effet de barotraumatisme, plus généralement documenté pour les chauves-souris. Les passereaux diurnes sont concernés par la collision lors de leur migration s'ils circulent en groupe car leur délai de réaction est considérablement augmenté par rapport à s'ils volaient seuls car leur attention est portée sur leurs voisins immédiats et non pas sur les éléments du paysage.

Les espèces qui se nourrissent d'insectes sont également particulièrement sensibles à l'éolien en raison de l'accumulation de ceux-ci aux abords des mâts des aérogénérateurs et de leur temps passé à voler pour les attraper.

Les oiseaux, comme les chiroptères, ne percutent pas toujours que les pales en fonctionnement, mais également les mâts, les nacelles ainsi que les mâts de mesure du vent. Le risque de collisions dépend de l'espèce, du nombre d'individus, du comportement mais également des conditions météorologiques (brouillard ou pluie qui rendent faible la visibilité du parc éolien par l'avifaune) et de la topographie du site (Drewitt et Langston 2006).

3.3. Analyse des calculs de mortalité

3.3.1. Note sur les méthodes utilisées

D'après une étude menée en région Rhône-Alpes¹ qui s'est penchée sur la justesse des différentes méthodes de calcul, il semblerait que l'indice d'Erickson ne soit pas pertinent lorsque la durée de persistance est trop élevée (ce qui n'est pas le cas ici). Les méthodes de Jones et de Huso, qui fonctionnent à chaque fois, seraient les plus proches de la réalité. Une standardisation des suivis de mortalité au niveau national permettrait de reconnaître l'utilisation préférentielle de l'indice de Huso et de proposer un protocole national répliquable.

Une étude menée par la LPO Vendée² confirme le choix de l'utilisation de cet indice, tandis que la LPO France préfère faire une moyenne des 4 indices calculés.

Nos analyses présenteront donc 3 indices, et les conclusions seront basées sur les calculs selon Huso.

3.3.2. Analyse temporelle des résultats

Cinq cadavres ont été trouvés sous les 2 éoliennes suivies. **L'automne est généralement la période la plus mortifère, ce qui ressort bien des résultats bruts (4 des 5 cadavres).**

Les variations de la mortalité dans le temps peuvent s'expliquer aussi bien par des facteurs liés à l'incertitude des prospections (indices liés à l'humain) qu'à des phénomènes naturels réels (météo, prédation, comportement...).

➤ Facteurs humains

- Des modifications d'efficacité de l'observateur. Ici, l'efficacité est de 83% en automne ce qui est très bon mais prouve que certains cadavres bien présents peuvent être manqués. Au plus ce taux diminue, au plus il provoque la perception par le calcul de la possibilité de passer à côté d'un cadavre et entraîne donc une surestimation des calculs.

- Des variations dans les surfaces réellement prospectées par rapport à celles théoriques (ici 70% au printemps, 46% en été et 90% en automne). En effet, les calculs supposent que des cadavres peuvent avoir été présents dans les parcelles non prospectées et intègrent cette potentialité dans les estimations finales. Le taux de prospection est jugé bon en automne, moyen au printemps et faible en été. Les estimations estivales sont donc surestimées en raison de l'influence de cet indice.

- Des variations de la pression de prédation en fonction des appareils ou des saisons qui diminuent alors la durée de persistance des cadavres, les faisant disparaître avant que nous ayons la chance de les trouver. Ici, en automne, la prédation semble plus faible que pendant le printemps et l'été mais le passage de prédateurs reste un facteur aléatoire impossible à prédire. C'est ce facteur qui a ici majoritairement entraîné la surestimation des calculs de mortalité en raison de l'intervalle trop important réalisé entre 2 passages.

¹ Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes, LPO Drôme, 2010

² Retour sur 10 années de suivi de mortalité en Vendée, LPO Vendée, 2013

➤ Facteurs naturels

- Des variations de la météo qui affectent la visibilité, comme l'humidité, la couverture nuageuse ou encore l'apparence du sol (inondations)...

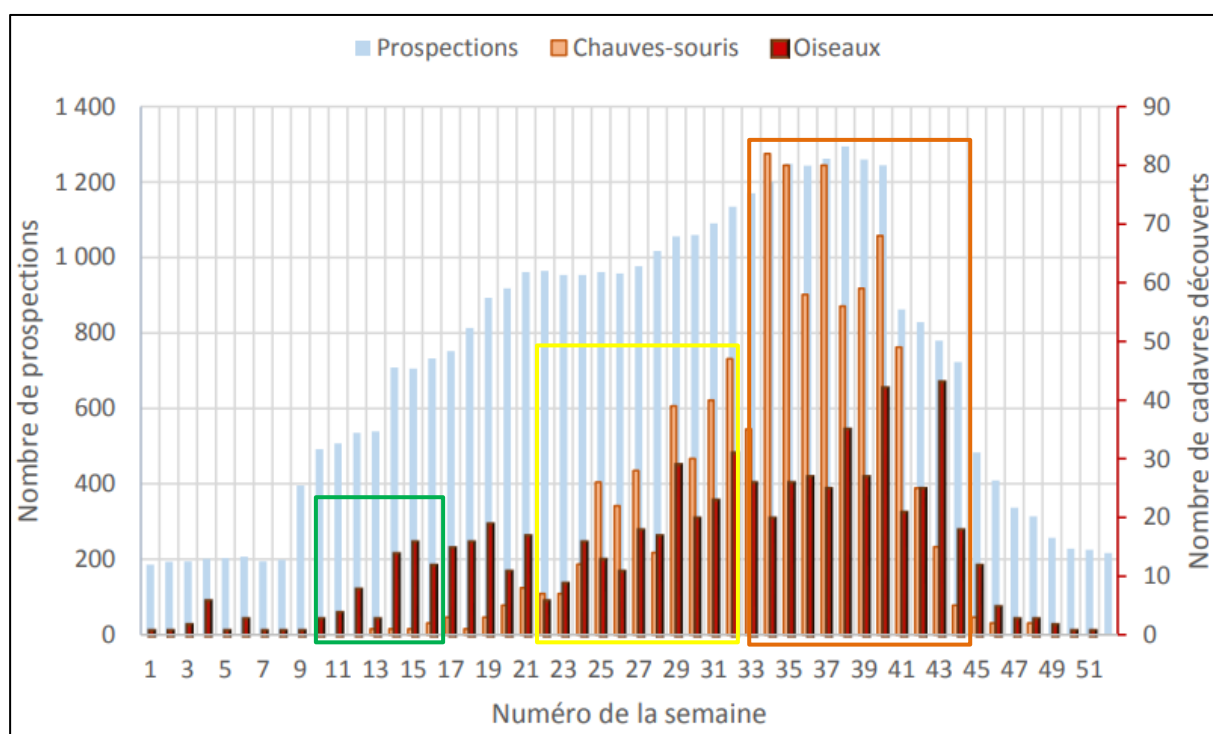
- Des modifications des comportements des individus, qui peuvent également expliquer les différences de mortalité d'une saison à l'autre. En effet, au printemps, la migration **aviaire** est réputée diffuse, les individus remontant vers leurs lieux de reproduction en répondant à un appel biologique qui leur est propre afin de trouver un partenaire et de s'installer de manière territoriale. A l'automne, c'est l'arrivée du froid qui cadence le départ des populations, qui ont tendance à se regrouper en colonies pour passer l'hiver entourées de leurs congénères. Les groupes circulent donc plus massivement et de manière plus ordonnée, dessinant des couloirs bien définis qui sont alors les plus à risques. Lors des périodes de migration active, les individus volent également davantage à hauteur des pales qu'en été ou hiver, et sont donc plus à même de percuter les éoliennes. En outre, les éoliennes se situent généralement dans des couloirs où les vents sont forts. Ces couloirs sont également utilisés par l'avifaune migratrice pour se faire porter, et ainsi limiter les dépenses énergétiques. Lors du printemps et de l'automne, ce sont donc surtout des oiseaux migrateurs qui sont percutés. L'été, ce sont davantage des espèces qui utilisent aussi bien des habitats semi-fermés que les habitats ouverts, comme les cultures, qui s'exposent au danger. C'est notamment le cas de toutes les espèces nidifiant dans les arbres et venant chercher leur nourriture dans les champs, les prairies, pâtures, friches et autres habitats plus clairsemés en réalisant de nombreux allers et retours journaliers entre ces entités. Les plus vulnérables en été sont surtout les espèces nidifiant directement au sein des cultures, habitats généralement supports de l'implantation des parcs éoliens.

Pour les **chiroptères**, au printemps, les individus sortent peu à peu de leur sommeil en fonction du retour des températures douces et donc du réveil de leurs proies (insectes notamment). Cette sortie de gîte hivernal ressemble à la migration pré-nuptiale des oiseaux, c'est-à-dire qu'elle s'opère graduellement selon les espèces et leurs exigences, les individus se dirigeant ensuite vers leurs gîtes de parturition pour mettre bas.

En automne, et en raison de la période d'accouplement (swarming), les individus volent davantage en petits groupes et de manière anarchique afin de trouver un partenaire, les rendant davantage susceptibles de percuter les pales des aérogénérateurs qu'aux autres saisons. Ils circulent également plus massivement pour rejoindre les gîtes d'hibernation où se mêlent volontiers les espèces présentant les mêmes exigences.

La période automnale est considérée la plus meurtrière pour les chauves-souris tandis que la mortalité des oiseaux est plus homogène, augmentant au cours de l'été jusqu'à la fin de l'automne (figure suivante).

Figure 17 : Distribution temporelle de découverte des cadavres (source : G. Marx 2017)



La mortalité observée sur le parc éolien des Epinettes est donc en adéquation avec les connaissances globales liées aux effets de collision et de barotraumatisme sur les 2 taxons.

L'étude printanière (semaines 10-16) n'a pas permis la découverte de cadavres. A cette période, le risque pour les chiroptères est minimal tandis que pour les oiseaux il concerne les migrateurs.

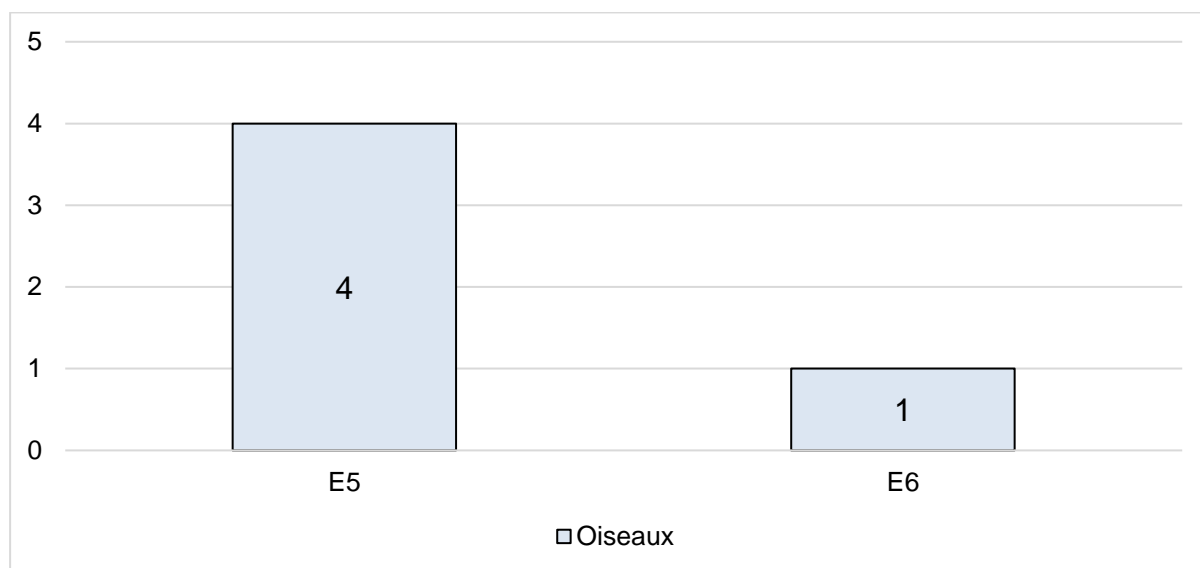
Les prospections estivales réalisées entre les semaines 22-32 ont montré la mortalité de l'Hirondelle rustique, espèce qui occupe quotidiennement les espaces ouverts pour sa chasse et se reproduit au niveau des fermes et granges des environs. Son occupation régulière et appuyée des cultures l'expose à la collision.

En automne (semaines 33-44), la mortalité brute a augmenté. Pour l'avifaune, des espèces ayant nidifié sur le site comme le Bruant jaune et la Buse variable mais également des migrateurs (Pigeon ramier) sont susceptibles de percuter les éoliennes dans le cadre de leurs activités quotidiennes, qu'elles soient de repos, de nourrissage ou de chasse. Les rapaces sont ainsi particulièrement impactés.

La période automnale est ainsi la plus mortifère. Elle concerne surtout des espèces qui viennent sur le site du printemps à l'automne pour se reproduire comme l'Hirondelle rustique mais également des sédentaires présents toutes l'année (Buse variable, Bruant jaune, Pigeon ramier).

3.3.3. Analyse spatiale des résultats

Figure 18 : Nombre de cadavres par éolienne



Les prospections ont montré une mortalité supérieure sous E5 par rapport à E6 (4 des 5 cadavres). **Les résultats, lissés sur la totalité de la période d'échantillonnage, montrent donc une dangerosité plus forte de cette éolienne par rapport à l'autre.**

Les raisons qui ont poussé les individus à s'approcher de cette éolienne en particulier et plus globalement des aérogénérateurs restent floues et mal connues, et sont donc très spéculatives. L'analyse des habitats ne peut expliquer cette différence puisque les 2 éoliennes sont situées en plein champ, et qu'aucun élément arboré ayant pu attirer les individus ne se situe à proximité. **Les machines sont situées en bordure ouest du pôle de densification et peuvent en revanche être concernées par un effet bordure.** Cela signifie que des individus peu enclins à circuler directement entre les éoliennes et donc à traverser le bloc d'aérogénérateurs peuvent plutôt choisir de le contourner. Ils longent alors les éoliennes situées aux extrémités jusqu'à l'atteinte d'un champ libre. Les éoliennes ainsi placées en bordure sont alors plus concernées par la mortalité car les individus s'approchent d'elles avant de finalement se rediriger.

3.3.4. Nuancement des résultats

Comme précisé dans les paragraphes précédents, **l'utilisation des différents indices que sont le taux d'efficacité de l'observateur, la durée de persistance et le pourcentage de prospection tente de palier certains biais inhérents à la méthodologie de terrain.** Cependant, ceux-ci peuvent quand même entraîner à leurs tours des biais de calculs menant à une surestimation du nombre de cadavres projeté. Dans le cas de la présente étude, la durée de persistance très faible mesurée en automne vis-à-vis de l'intervalle entre 2 passages de recherche mène obligatoirement à une estimation très haute du nombre de dépouilles manquées par l'observateur alors que dans la réalité, ce n'est pas forcément le cas.

En effet, certains cadavres ont été retrouvés dans un état avancé de putréfaction qui indique qu'ils n'étaient pas frais de la veille et que la prédation, bien que présente, n'est pas aussi soutenue que laissent penser les résultats des tests. Le biais principal tient du fait que les cadavres tests ont été déposés le même jour sur une surface assez réduite (autour des

éoliennes choisies) et qu'un prédateur, s'il passe par là, a tôt fait de tous les ramasser. La mortalité éolienne est plus disparate, tout comme la prospection des animaux de type renard, corneilles... et la prédation est donc moins forte.

Le graphique exposé page 75 montre également que la mortalité est globalement toujours supérieure en automne pour les 2 taxons, même si celle des oiseaux est légèrement plus linéaire que celle des chiroptères. Il est donc logique de penser que les estimations fournies ici pour les oiseaux en automne doivent en effet être supérieures à celles estivales mais sans connaître un pic aussi important.

Figure 19 : Influence des différents indices sur les projections calculées

Saison	Indices			Finalité
	Efficacité de l'observateur	Persistance	Surface prospectée	
Été	Bonne (100%)	Assez faible par rapport à l'intervalle : 6 jours pour 10,30 jours	Moyenne (46%)	Surestimation des cas
Automne	Bonne (83%)	Très faible par rapport à l'intervalle : 0,83 jours pour 10,4 jours	Bonne (90%)	Forte surestimation des cas
Printemps	Bonne (100%)	Assez faible par rapport à l'intervalle : 6 jours pour 14 jours	Bonne (70%)	Légère surestimation des cas

Il en résulte une surestimation générale des projections mais surtout en automne en raison de la prise en compte d'un indice très défavorable (la persistance) par rapport aux autres saisons ou les indices sont de meilleure qualité. Le parc est effectivement meurtrier en automne puisque les passages ont permis la découverte d'un nombre supérieur de cas par rapport à l'été, mais les calculs demeurent sans aucun doute très au-dessus de la réalité.

Figure 20 : Estimation de mortalité par pour le parc entier par taxon et par saison

Méthode	Printemps (Semaines 10-16/21)			Été (Semaines 22-32/20)			Automne (Semaines 33-44/20)		
	Avifaune	Chiroptères	Total	Avifaune	Chiroptères	Total	Avifaune	Chiroptères	Total
Erickson	-	-	-	2,54	-	2,54	66,56*	-	66,56*
Jones	-	-	-	3,50	-	3,50	17067,93*	-	17067,93*
Huso	-	-	-	3,10	-	3,10	415,34*	-	415,34*

Figure 21 : Estimation de mortalité par éolienne par taxon et par saison

Méthode	Printemps (Semaines 10-16/21)			Été (Semaines 22-32/20)			Automne (Semaines 33-44/20)		
	Avifaune	Chiroptères	Total	Avifaune	Chiroptères	Total	Avifaune	Chiroptères	Total
Erickson	-	-	-	1,27	-	1,27	33,28*	-	33,28*
Jones	-	-	-	1,75	-	1,75	8533,965*	-	8533,965*
Huso	-	-	-	1,55	-	1,55	207,67*	-	207,67*

* ces estimations sont jugées fortement surestimées et seront discutées dans la suite du document

Figure 22 : Estimation de mortalité pour le parc entier puis par éolienne par taxon

Méthode	Période totale					
	Parc entier			Par éolienne		
	Avifaune	Chiroptères	Total	Avifaune	Chiroptères	Total
Erickson	69,1	-	69,1	34,55	-	34,55
Jones	17071,43	-	17071,43	8535,715	-	8535,715
Huso	418,44	-	418,44	209,22	-	209,22

Les analyses d'après **Huso** (comme précisé en 3.3.1.) prédisent donc une mortalité globale élevée fortement influencée par les résultats automnaux atteignant les **415,34** cas de mortalité estimés sur la période totale, soit **207,67** par éolienne.

Les estimations sont très fortes et jugées peu probables. L'ensemble des analyses présentées précédemment montre en effet que la mortalité, bien que supérieure en automne par rapport aux autres saisons, doit en réalité être plutôt contenue.

Il est donc proposé de considérer que la persistance des cadavres en automne doit en réalité être supérieure à celle mesurée. La moyenne entre le taux mesuré en automne et celui obtenu pour le printemps/été est donc jugée plus cohérente, soit 3,42 jours.

Cela permet donc d'obtenir les tableaux suivants :

Figure 23 : Estimation de mortalité pour le parc entier par taxon et par saison (nuancée)

Méthode	Printemps (Semaines 10-16/21)			Eté (Semaines 22-32/20)			Automne (Semaines 33-44/20)		
	Avifaune	Chiroptères	Total	Avifaune	Chiroptères	Total	Avifaune	Chiroptères	Total
Erickson	-	-	-	2,54	-	2,54	16,22	-	16,22
Jones	-	-	-	3,50	-	3,50	37,09	-	37,09
Huso	-	-	-	3,10	-	3,10	25,90	-	25,90

Figure 24 : Estimation de mortalité par éolienne par taxon et par saison (nuancée)

Méthode	Printemps (Semaines 10-16/21)			Eté (Semaines 22-32/20)			Automne (Semaines 33-44/20)		
	Avifaune	Chiroptères	Total	Avifaune	Chiroptères	Total	Avifaune	Chiroptères	Total
Erickson	-	-	-	1,27	-	1,27	8,11	-	8,11
Jones	-	-	-	1,75	-	1,75	18,545	-	18,545
Huso	-	-	-	1,55	-	1,55	12,95	-	12,95

Figure 25 : Estimation de mortalité pour le parc entier puis par éolienne par taxon (nuancée)

Méthode	Période totale (semaines 14-43)					
	Parc entier			Par éolienne		
	Avifaune	Chiroptères	Total	Avifaune	Chiroptères	Total
Erickson	18,76	-	18,76	9,38	-	9,38
Jones	40,59	-	40,59	20,30	-	20,30
Huso	29	-	29	14,50	-	14,50

Pour les 2 éoliennes suivies et sur l'ensemble de la période suivie, l'estimation varie entre **18,76** (selon la méthode d'Erickson) et **40,59** cadavres (selon la méthode de Jones). La méthode de Huso donne un résultat intermédiaire, à savoir **29,00** cadavres. Ceci équivaut à entre 9,38 et 20,30 cas de mortalité par éolienne, ce qui semble plus cohérent avec le reste des analyses présentées.

Une moyenne des 3 indices élève le total de morts occasionnées par le fonctionnement du parc éolien à **29,45 cadavres pour la période étudiée** (pour 5 cadavres trouvés), pour une moyenne de **14,73 cadavres par éolienne**. Dans la logique d'homogénéisation des études demandées par la LPO, c'est l'indice de Huso qui est considéré le plus approchant de la réalité.

Les estimations prévoient ainsi environ 29,00 individus tués pour la période d'étude totale et pour les 2 éoliennes suivies, ou 14,50 individus tués en moyenne par éolienne.

La mortalité chiroptérologique est globalement très faible (aucun cadavre trouvé).

En finalité, l'étude prévoit la mort de de 29,00 individus pour les 2 éoliennes suivies du parc des Epinettes avec une réalité de mortalité des oiseaux beaucoup plus marquée que celles des chiroptères.

Le rapport de la LPO publié en 2017 estime qu'entre 0,3 et 18,3 **oiseaux** sont tués par éolienne et par an. Dans le cas du parc éolien des Epinettes, les 2 éoliennes se situent bien d'après nos analyses dans cette fourchette.

Conclusion du suivi de mortalité

Les analyses temporelles et spatiales montrent qu'au printemps, aucun individu ne semble avoir été victime du parc éolien. En été et en automne, les prospections ont en revanche permis la découverte de respectivement 1 et 4 oiseaux. La faible durée de persistance en automne (20 heures seulement contre 6 jours en été) alerte cependant sur une disparition possible des cadavres avant qu'ils ne puissent être découverts par les naturalistes à cette saison, entraînant des scores de mortalité élevés jugés fortement surestimés.

Le manque d'habitats favorables à la faune dans les alentours immédiats des 2 éoliennes suivies doit en réalité fortement réduire les probabilités de collision car un grand nombre d'espèces est très dépendant de la trame verte et ne s'en éloigne que peu. Le risque de mortalité concerne donc surtout des oiseaux de plaine, nidifiant ou se nourrissant au sein des cultures. Les passereaux sont jugés peu sensibles en été car ils évoluent surtout à ras du sol, et ce sont alors surtout des espèces présentant un gabarit supérieur (pigeons, corvidés, rapaces...) et évoluant donc plus facilement à hauteur de pale qui sont les plus exposés à cause de leur prospection d'un territoire plus vaste.

En automne, davantage d'espèces peuvent être concernées par un risque de collision, notamment en raison de la localisation du parc au sein d'une ZPS reliant deux vallées humides. **A nouveau, l'absence d'une trame verte continue réduit très certainement fortement la fréquentation des migrateurs qui en dépendent**, mais les oiseaux plus gros et plus à l'aise avec l'utilisation des espaces ouverts peuvent survoler le site et être victimes des éoliennes, d'autant plus que la densité en aérogénérateurs est assez forte localement.

Les calculs projettent une mortalité supérieure en automne par rapport aux autres saisons, ce qui est cohérent avec l'écologie globalement connue et admise de la mortalité aviaire. Le score initialement obtenu de 415,34 oiseaux tués pour les 2 éoliennes (d'après Huso) sur la saison est cependant très surestimé en raison de l'utilisation d'un indice de persistance aberrant, corrigé selon les connaissances de terrain et les résultats globalement obtenus lors d'études menées sur des situations identiques. **Les calculs corrigés (toujours d'après Huso) projettent alors 25,90 oiseaux tués en automne ou 29,00 pour la période totale, ce qui est jugé plus cohérent.**

Les effectifs découverts tendent de plus à montrer qu'aucun effet significatif du fonctionnement du parc éolien des Epinettes n'est pressenti sur les populations des espèces victimes du parc cette année. En effet, l'unique cadavre trouvé du Bruant jaune, de l'Hirondelle rustique et du Pigeon ramier indique une mortalité probablement contenue de ces oiseaux localement. Les 2 dépouilles de Buse variable trouvées en automne (un adulte et un juvénile) ne permettent pas de statuer sur l'origine des individus (locale et donc sédentaire ou migratrice) mais ne remettent pas en cause l'état de santé des populations de ce rapace en France.

Le suivi n'a pas permis la découverte de cadavres de chiroptères. Les résultats des écoutes ultrasonores en altitude permettront de voir si l'activité est effectivement faible à hauteur de nacelle et que les risques de mortalité le sont également ou si des cadavres ont pu exister mais n'ont pas été découverts en raison par exemple de la pression de prédation trop forte.

PARTIE 3 : Etude en continu de l'activité chiroptérologique en hauteur

1. Protocole d'écoute en continu en nacelle d'éolienne

1.1. Objectifs de l'expertise

Des écoutes en continu à hauteur de la nacelle de l'éolienne E5 ont été réalisées entre le 15 mai et le 17 octobre 2020 puis entre le 16 mars et le 27 mai 2021.

L'objectif de cette expertise a été la qualification et quantification de l'activité chiroptérologique autour du rotor d'une des éoliennes du parc suivi. Les résultats, analysés par saison, permettent de quantifier plus précisément les risques de mortalité des chauves-souris au niveau du parc des Epinettes.

1.2. Protocole de l'expertise

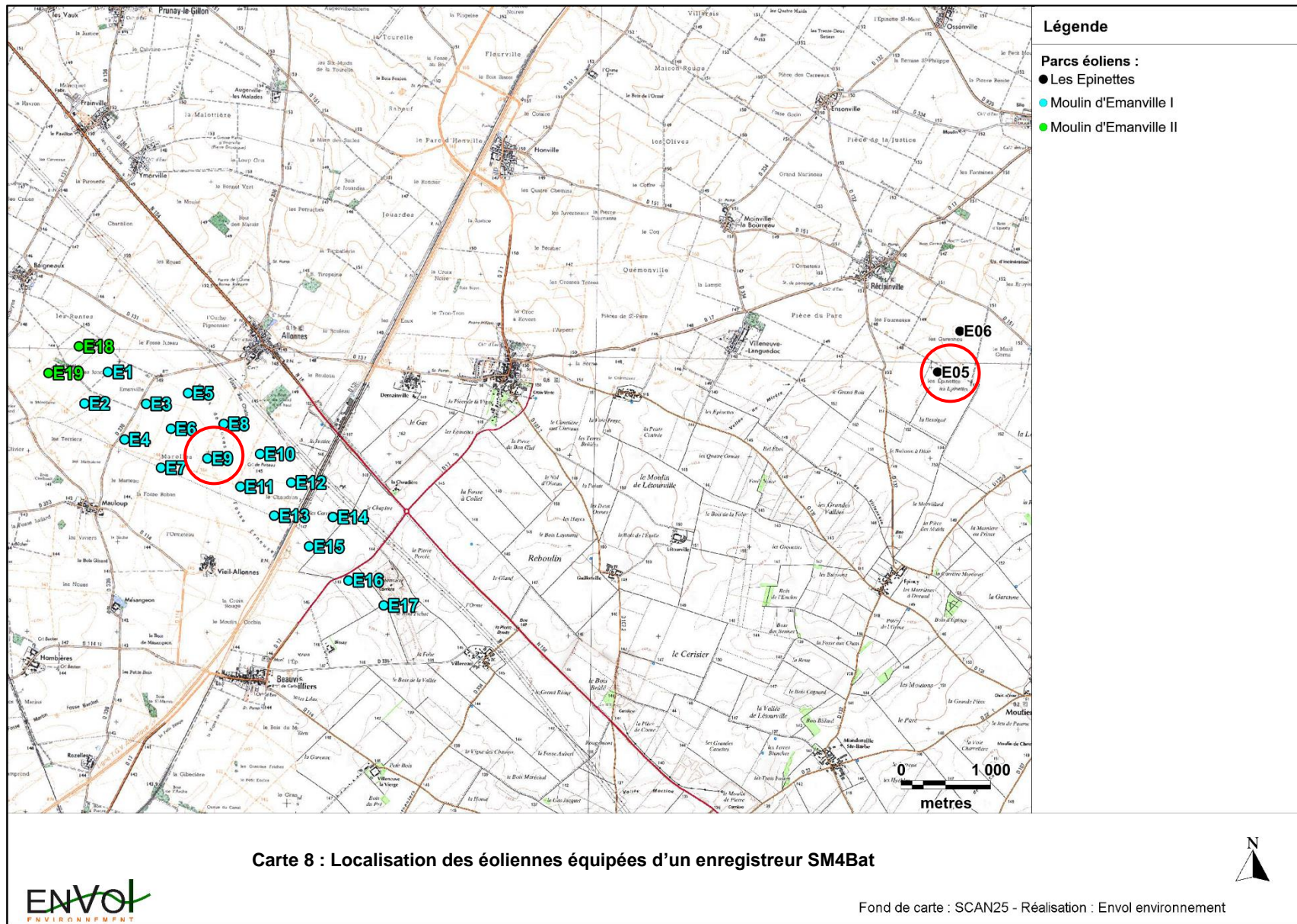
Le 15 mai 2020, un détecteur SM4Bat a été positionné au niveau de la nacelle de l'éolienne E5 du parc éolien des Epinettes. L'appareil a étudié la fréquentation du parc éolien par les chauves-souris jusqu'en mai 2021.

En raison de problèmes techniques, l'enregistrement n'a pas fonctionné jusqu'au 18 août 2020 et la saison estivale n'a donc pas pu être échantillonnée. Etant donné l'existence d'une campagne identique au niveau du parc éolien de Moulin d'Emanville I situé à proximité du parc éolien des Epinettes (les 2 éoliennes des Epinettes sont précisément éloignées de 8,4 km du parc éolien de Moulin d'Emanville I) et compte tenu de l'homogénéité des milieux, les résultats obtenus pour ce parc ont été utilisés **pour la période de mise-bas uniquement**.

La durée d'écoute totale a été de 207 nuits équivalent à 2 036,36 heures d'enregistrement.

Figure 26 : Calendrier des durées d'échantillonnage selon les phases étudiées

Période	Saison	Nombre de nuits d'écoute	Temps d'écoute total (en heures)
Du 16 mars au 27 mai 2021 (Epinettes)	Transits printaniers	72	750,40
Du 1 juin au 14 août 2020 (MEMA I)	Mise-bas	75	619,63
Du 18 août au 17 octobre 2020 (Epinettes)	Transits automnaux	60	666,33
		207	2 036,36



1.3. Analyse des enregistrements

Le logiciel *Sonochiro*, créé par le bureau d'études Biotope permet l'identification automatique des détections acoustiques enregistrées par le SM4Bat. Utilisant la méthode des algorithmes, le logiciel est capable d'analyser les paramètres des signaux émis par les chauves-souris. Différents paramètres sont analysés (durée du signal, puissance maximale du signal, fréquence terminale du signal, amplitude du signal, durée entre deux signaux successifs...) puis comparés à la base de données. Cette base de données permet ainsi la discrimination de la plupart des espèces ou groupes d'espèces.

Le programme *Sonochiro* inclut :

- Un algorithme de détection et de délimitation des signaux détectés.
- Une mesure automatique, sur chaque cri, de 41 paramètres discriminants (répartition temps/fréquence/amplitude, caractérisation du rythme, ratios signal/bruit...).
- Une classification des cris basée sur les mesures d'un large panel de sons de référence. La classification s'appuie sur la méthode des forêts d'arbres décisionnels (« random forest ») qui semble la plus performante pour la classification des signaux d'écholocation de chauves-souris (*Armitage & Ober, 2010*). Contrairement aux autres méthodes de classification (réseaux de neurones, analyses discriminantes...), elle tolère bien la multiplicité des types de cris par espèce. De plus, elle permet d'obtenir, pour chaque cri, une probabilité d'appartenance à chaque espèce potentielle.
- Une identification à la séquence de cris, incluant l'espèce la plus probable et un indice de confiance de cette identification. Dans le cas où certaines espèces présentes sont peu différenciables entre elles, les séquences sont alors identifiées au groupe d'espèces également assorti d'un indice de confiance.
- Un algorithme détectant la présence simultanée de deux groupes de cris attribuables à deux espèces aisément différenciables, permettant dans ce cas de proposer une identification supplémentaire de l'espèce dont le signal passe en arrière-plan sur la fenêtre de visualisation des signaux enregistrés via le logiciel Batsound.

- Traitement et analyse des résultats issus de *Sonochiro*

Basé sur le calcul d'algorithmes, le logiciel *Sonochiro* compare les signaux enregistrés aux signaux issus d'une base de données largement documentée (détenue par le bureau d'études Biotope). La classification des signaux dans telle ou telle catégorie d'espèces est réalisée par une multitude de comparaison des signaux. La fiabilité du résultat est également précisée, ce qui rend l'analyse relativement précise.

Le risque d'erreurs est considéré comme fort pour une valeur comprise entre 0 et 2. Le risque d'erreurs est modéré pour une valeur comprise entre 3 et 5. Une valeur comprise entre 6 et 8 correspond à un risque d'erreurs faible tandis qu'un indice supérieur à 8 indique un risque d'erreurs très faible. Dans ces conditions, la qualité de l'enregistrement et l'indice de confiance annoncé ont orienté notre étude de la façon suivante :

* Pour le groupe des Murins :

- Peu importe l'indice espèce, la moitié des pistes est vérifiée manuellement tandis que nous appliquons ce que nous avons vérifié sur l'autre moitié des pistes

* Pour le groupe des Pipistrelles :

- Indice espèce compris entre 5 et 10 : le nom de l'espèce défini par le logiciel est validé après vérification de quelques pistes

- Indice espèce compris entre 0 et 4 : Un plus grand nombre de pistes est vérifié pour corroborer ce qu'a défini le logiciel

* Pour le groupe des Noctules et des Sérotines :

- Indice espèce compris entre 5 et 10 : le nom de l'espèce défini par le logiciel est validé après vérification de quelques pistes

- Indice espèce compris entre 0 et 4 : Un plus grand nombre de pistes est vérifié pour corroborer ce qu'a défini le logiciel

* Pour le groupe des Rhinolophes, toutes les pistes ont été vérifiées

* Pour la Barbastelle d'Europe :

- Indice espèce compris entre 5 et 10 : le nom de l'espèce défini par le logiciel est validé après vérification de quelques pistes

- Indice espèce compris entre 0 et 4 : Un plus grand nombre de pistes est vérifié pour corroborer ce qu'a défini le logiciel.

1.4. Limites de la méthodologie

Dans le cadre de l'étude chiroptérologique par mise en place d'un protocole de détection automatique, deux limites au protocole d'étude ont été mises en évidence :

- 1- La capacité de détection de l'appareil : les détecteurs SM4Bat sont en mesure de capter les émissions ultrasoniques dans un rayon approximatif de 10 à 150 mètres selon les espèces présentes (Figure 33). La situation fixe de l'appareil à un endroit précis de la zone d'étude n'a donc pas permis la détection des passages des chauves-souris en dehors de l'aire de réception des microphones de l'appareil.
- 2- La présence de parasites : la présence de bruits matériels et notamment la rotation de l'éolienne peuvent être source de parasites. Dans ce cas, les analyses peuvent être moins précises voire impossibles.

2. Résultats des écoutes en continu en nacelle

Cette partie présente les résultats des écoutes ultrasonores en continu enregistrées par le détecteur SM4Bat installé au niveau du rotor de l'éolienne E5 du parc éolien des Epinettes au printemps et en automne ainsi que celui installé sur l'éolienne E9 du parc voisin de Moulin d'Emanville I en été. **Les données relatives à la phase de mise-bas sont donc présentées à titre indicatif mais ne sont pas le reflet exact de l'activité estivale des chiroptères au niveau du parc éolien des Epinettes.**

2.1. Inventaire complet des espèces contactées au niveau de nacelle

L'activité corrigée (contacts/h corrigés) mentionnée dans le tableau suivant correspond au nombre de contacts rapporté au nombre d'heures d'écoute par saison, corrigé par les coefficients de détections propres à chaque espèce. Le détail des statuts de conservation et de protection ainsi que des coefficients de détectabilité sont disponibles à la suite du tableau.

Figure 27 : Inventaire complet des espèces enregistrées par les SM4Bat

Nom vernaculaire	Saisons échantillonnées						Listes rouges			Directive Habitats
	Transits printaniers		Mise-bas		Transits automnaux		France	Europe	Centre Val-de-Loire ¹	
	Micro nacelle		Micro nacelle		Micro nacelle					
	Contacts	Contacts/h corrigés	Contacts	Contacts/h corrigés	Contacts	Contacts/h corrigés				
Noctule commune	-	-	1	0,000	14	0,005	VU	LC	NT	IV
Noctule de Leisler	-	-	15	0,008	12	0,006	NT	LC	NT	IV
Pipistrelle commune	-	-	23	0,037	6	0,009	NT	LC	LC	IV
Pipistrelle de Nathusius	-	-			4	0,004	NT	LC	NT	IV
Sérotine commune	-	-			14	0,005	NT	LC	LC	IV
Total saisonnier	-	-	39	0,045	36	0,024				
Nombre d'espèces	-		3		4					
Total	75									

En **gras**, les espèces patrimoniales.

¹ UICN, CSRPN Centre-Val de Loire 2012 - Liste rouge des chauves-souris de la région Centre-Val de Loire

Définition des statuts de protection et de conservation :

- ✓ Directive Habitats-Faune-Flore

Annexe IV : protection stricte (intérêt communautaire).

- ✓ Liste rouge nationale (2017) et régionale (2012)

VU : Vulnérable (espèce dont le passage dans la catégorie des espèces en danger est jugé probable dans un avenir proche en cas de persistance des facteurs qui sont cause de la menace).

NT : Quasi menacée (espèce proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises).

LC : Préoccupation mineure (espèce pour laquelle le risque de disparition de France est faible).

Figure 28 : Détails des coefficients de détectabilité et des distances de détection des chiroptères en milieu ouvert (Barataud M. 2015)

Intensité d'émission	Espèces	Distance détection (m)	Coefficient de détectabilité
Moyenne	Pipistrelle commune	30	1
	Pipistrelle de Nathusius	30	1
Forte	Sérotine commune	40	0,63
Très forte	Noctule de Leisler	80	0,31
	Noctule commune	100	0,25

En Europe, parmi les 10 567 cadavres découverts et compilés (T. Dürr - octobre 2020), les espèces impactées sont réparties comme suit :

Figure 29 : tableau de synthèse des cas de mortalité de chiroptères en Europe

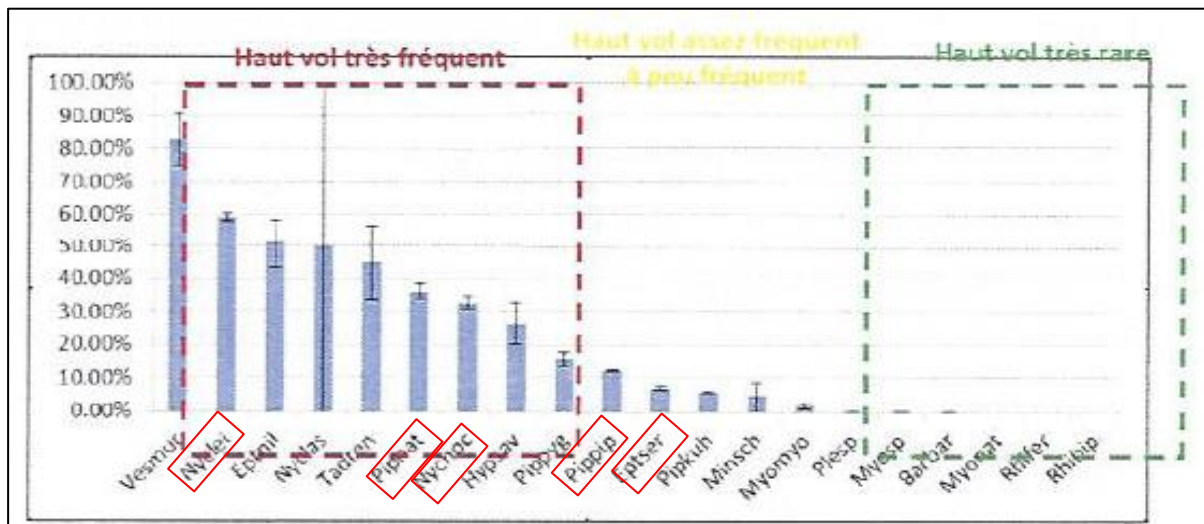
Espèces	%	Espèces	%
Pipistrelle commune	22,73	Minioptère de Schreibers	0,12
Pipistrelle de Nathusius	15,12	Murin de Daubenton	0,10
Noctule commune	14,57	Murin sp.	0,09
Pipistrelle sp.	6,93	Oreillard gris	0,08
Noctule de Leisler	6,72	Oreillard roux	0,07
Pipistrelle de Kuhl	4,39	Grand Murin	0,07
Pipistrelle pygmée	4,20	Petit Murin	0,07
Pipistrelle commune/pygmée	3,85	Barbastelle d'Europe	0,06
Vespère de Savi	3,22	Murin à moustaches	0,05
Sérotine bicoloré	2,01	Murin à oreilles échancrées	0,05
Sérotine commune	1,15	Murin des marais	0,03
Sérotine isabelle	1,12	Murin de Natterer	0,03
Sérotine commune/isabelle	1,08	Murin de Brandt	0,02
Molosse de Cestoni	0,79	Grand Rhinolophe	0,01
Sérotine de Nilsson	0,42	Murin de Bechstein	0,01
Grande Noctule	0,38	Rhinolophe de Méhely	0,01
Noctule sp.	0,21	Rhinolophe sp.	0,01

En orange, les espèces effectivement contactées via les écoutes en continu sur les sites des Epinettes et de Moulin d'Emanville I

Cinq espèces de chiroptères ont été inventoriées durant cette campagne de prospections : les noctules commune et de Leisler, les pipistrelles commune et de Nathusius ainsi que la Sérotine commune. Toutes sont patrimoniales en raison de leurs statuts de conservation défavorables en France et/ou en région (Figure 27).

La présence de toutes ces espèces était attendue compte tenu des résultats de l'étude bibliographique et de l'analyse des habitats. Elles sont aptes à survoler les espaces ouverts et sont majoritairement connues pour réaliser régulièrement des vols de haute altitude, les espèces sont indiquées par un code à 6 lettres : les 3 premières lettres du genre et les 3 premières de l'espèce et celles détectées sont encadrées en rouge).

Figure 30 : proportions des contacts localisés à plus de 25 m de hauteur par espèce (Haquart et al. 2014)



Trois des cinq espèces inventoriées via les écoutes en continu (Noctule commune, Noctule de Leisler et Pipistrelle de Nathusius) sont des espèces dites « migratrices » qui sont capables de transiter à haute altitude sur de très grandes distances, dépassant parfois le millier de kilomètres. Elles forment avec la Pipistrelle commune les espèces les plus impactées par les éoliennes en Europe (Figure 29).

Globalement, l'activité à hauteur de nacelle enregistrée pour les trois périodes confondues a été faible mais localisée, s'échelonnant de moins de 0,001 à 0,037 contact par heure en fonction de l'espèce. Il est cependant probable que des fenêtres de circulation, notamment des espèces migratrices, ressortent des analyses plus détaillées.

Le premier contact a été enregistré le 10 juin pour E9, le dernier le 16 octobre pour E6.

2.2. Étude de l'activité en période des transits printaniers au niveau de E5 (Epinettes)

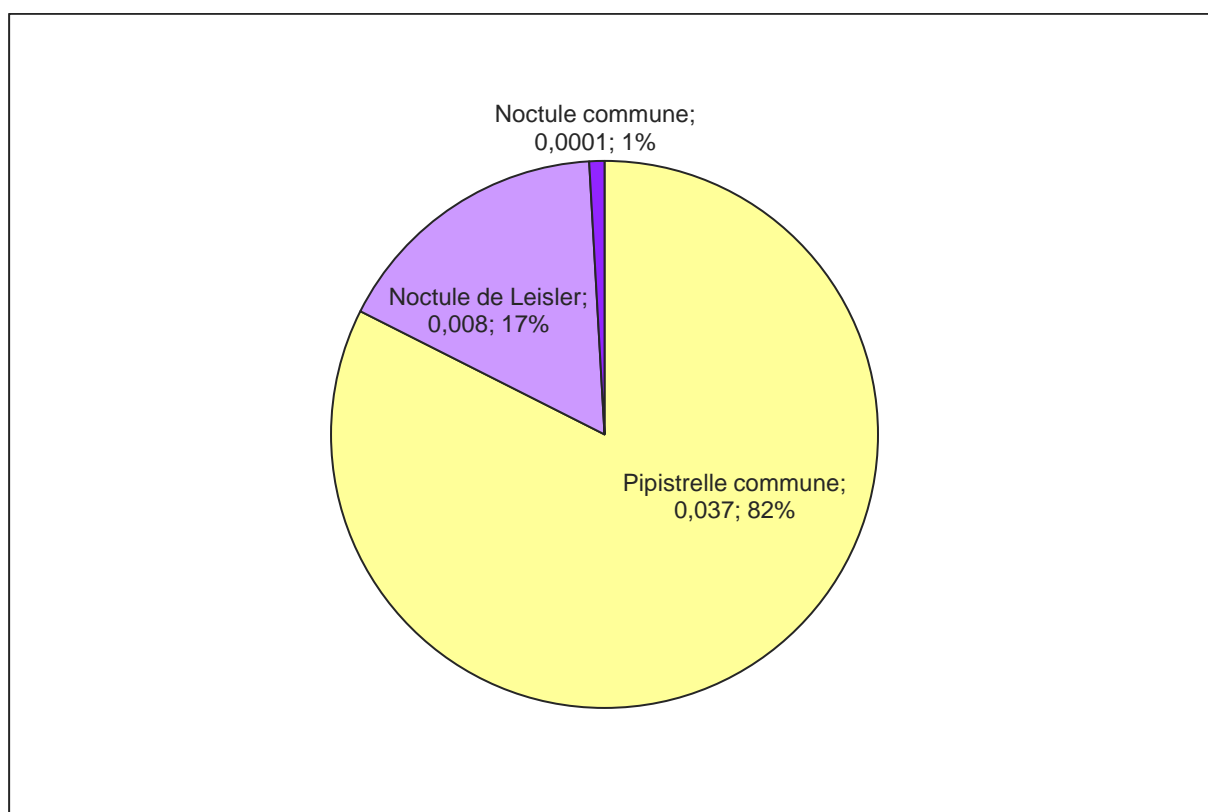
Malgré le bon fonctionnement du dispositif d'écoute en altitude, aucun contact de chiroptère n'a été enregistré en hauteur lors de la période des transits printaniers du 16 mars au 27 mai 2021. Ces résultats sont jugés valables et reflètent donc bien l'activité extrêmement réduite des chauves-souris sur le secteur au printemps. Aucune corrélation ne peut cependant être apportée entre l'activité en hauteur et celle au sol. L'absence de contact en nacelle n'implique pas nécessairement qu'aucune chauve-souris n'a circulé plus bas.

Le risque de mortalité et de barotraumatisme est donc extrêmement faible lors des transits printaniers, qualifié de non significatif.

2.3. Étude de l'activité en période de mise-bas au niveau de E9 (MEMA I)

2.3.1. Répartition quantitative des espèces contactées en période de mise-bas

Figure 31 : Répartition quantitative des chiroptères détectés au niveau de la nacelle de l'éolienne (activité corrigée)



En période de mise-bas, l'activité chiroptérologique est largement dominée par la Pipistrelle commune qui totalise 82% des contacts. Sa présence était attendue puisque c'est l'espèce la plus commune et la plus abondante en France. Les noctules font leur apparition en fin d'été, début août. Leur fréquentation en fin de saison peut indiquer un démarrage de la fenêtre de migration de ces deux espèces puisque celles-ci entament leur transit dès le mois d'août.

2.3.2. Étude de l'activité chiroptérologique journalière en phase de mise-bas

Figure 32 : Représentation graphique des variations journalières de l'activité des chiroptères en période de mise-bas (en nombre de contacts)

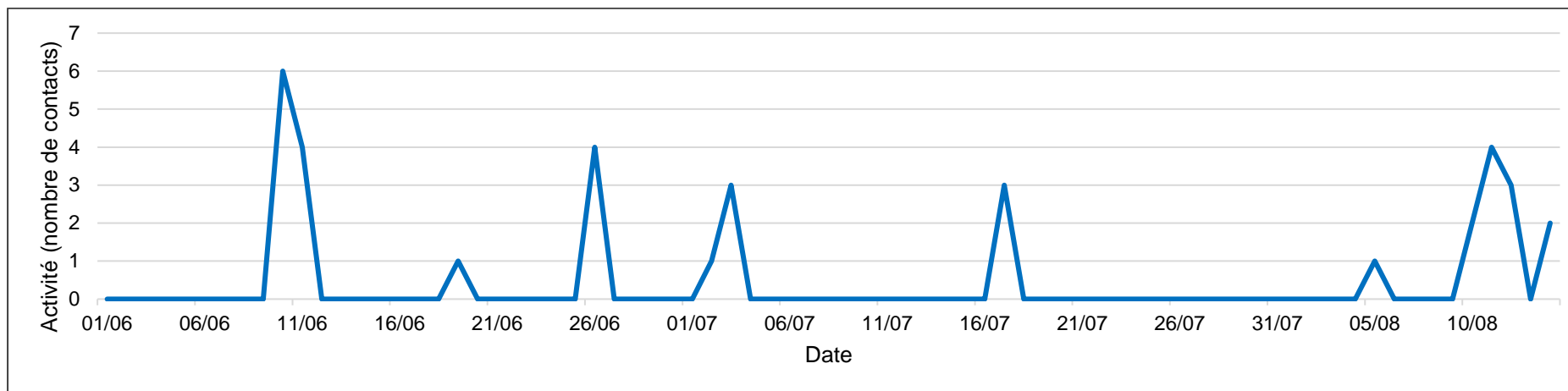
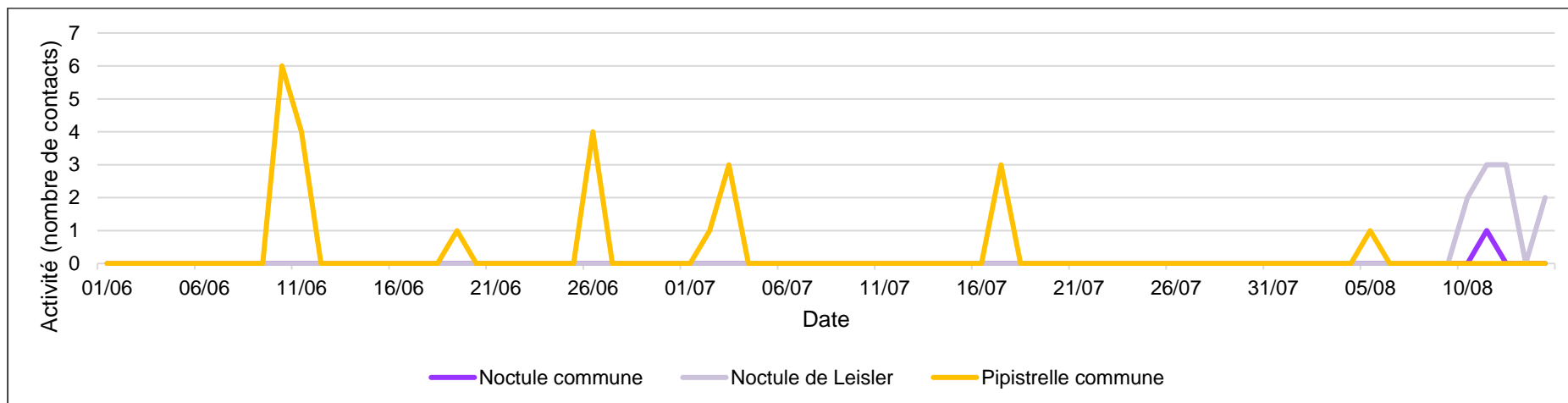


Figure 33 : Représentation graphique des variations journalières de l'activité des espèces présentes en période de mise-bas 2019 (en nombre de contacts)



Les graphiques ci-dessus mettent en évidence une activité assez régulière bien que peu importante de la Pipistrelle commune sur la saison. Au début, elle seule occupe l'espace, présentant quelques nuits d'activité supérieure comme par exemple le 10 juin où 6 contacts ont été enregistrés en altitude. Dès le 10 août, elle est rejointe par les noctules dont la phénologie connue permet d'affirmer que les individus étaient en migration. Le nombre de contacts observé indique l'existence d'une voie de migration qualifiée de tertiaire, c'est-à-dire concernée par un flux faible et diffus de transit.

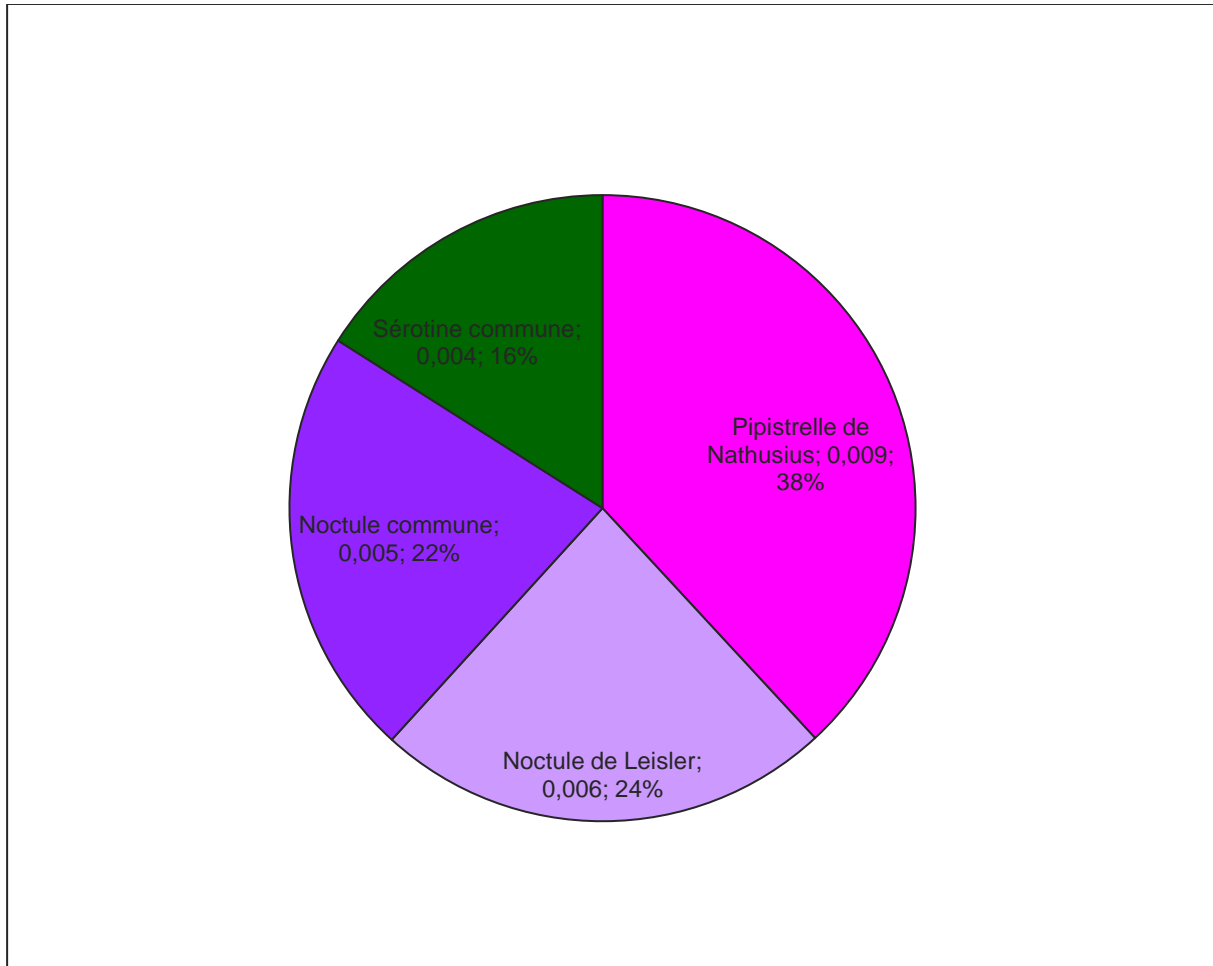
L'activité chiroptérologique est globalement faible bien que forcément supérieure à celle des transits printaniers, à priori nulle. Elle est dominée par la Pipistrelle commune et ne met pas en évidence de fréquentation particulière pouvant indiquer une reproduction (et donc l'existence d'un gîte de mise-bas) dans les environs.



2.4. Étude de l'activité en période des transits automnaux au niveau de E5 (Epinettes)

2.4.1. Répartition quantitative des espèces contactées en période des transits automnaux

Figure 34 : Répartition quantitative des chiroptères détectés au niveau de la nacelle de l'éolienne (activité corrigée)



L'activité enregistrée lors des transits automnaux est globalement faible avec au maximum 0,009 contact corrigé par heure pour la Pipistrelle de Nathusius. Seules des espèces migratrices ou capables de les accompagner sur une portion de chemin ont été détectées à cette période. Étonnamment, la Pipistrelle commune n'a pas été détectée.

2.4.2. Etude de l'activité chiroptérologique journalière en phase des transits automnaux

Figure 35 : Représentation graphique des variations journalières de l'activité totale des chiroptères en période des transits automnaux 2020 (en nombre de contacts)

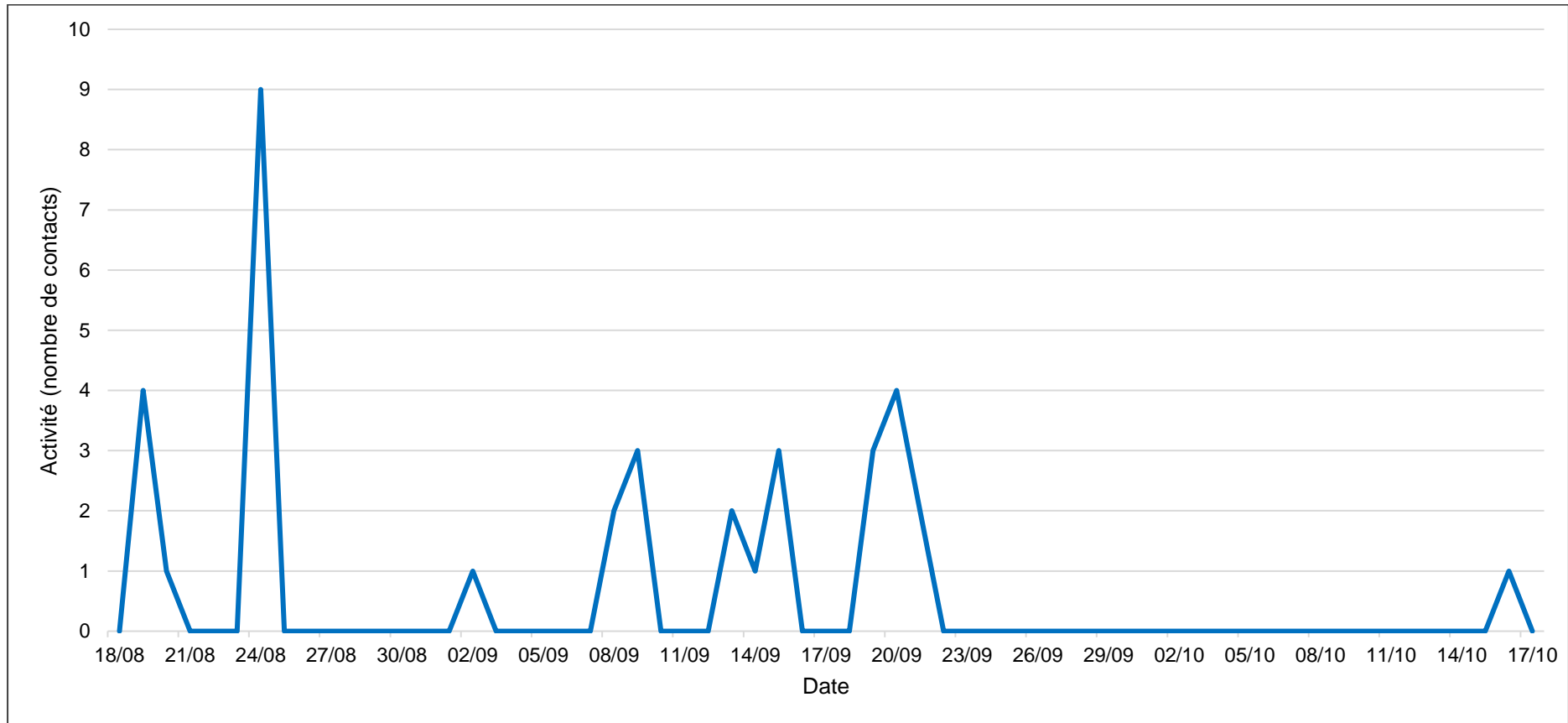
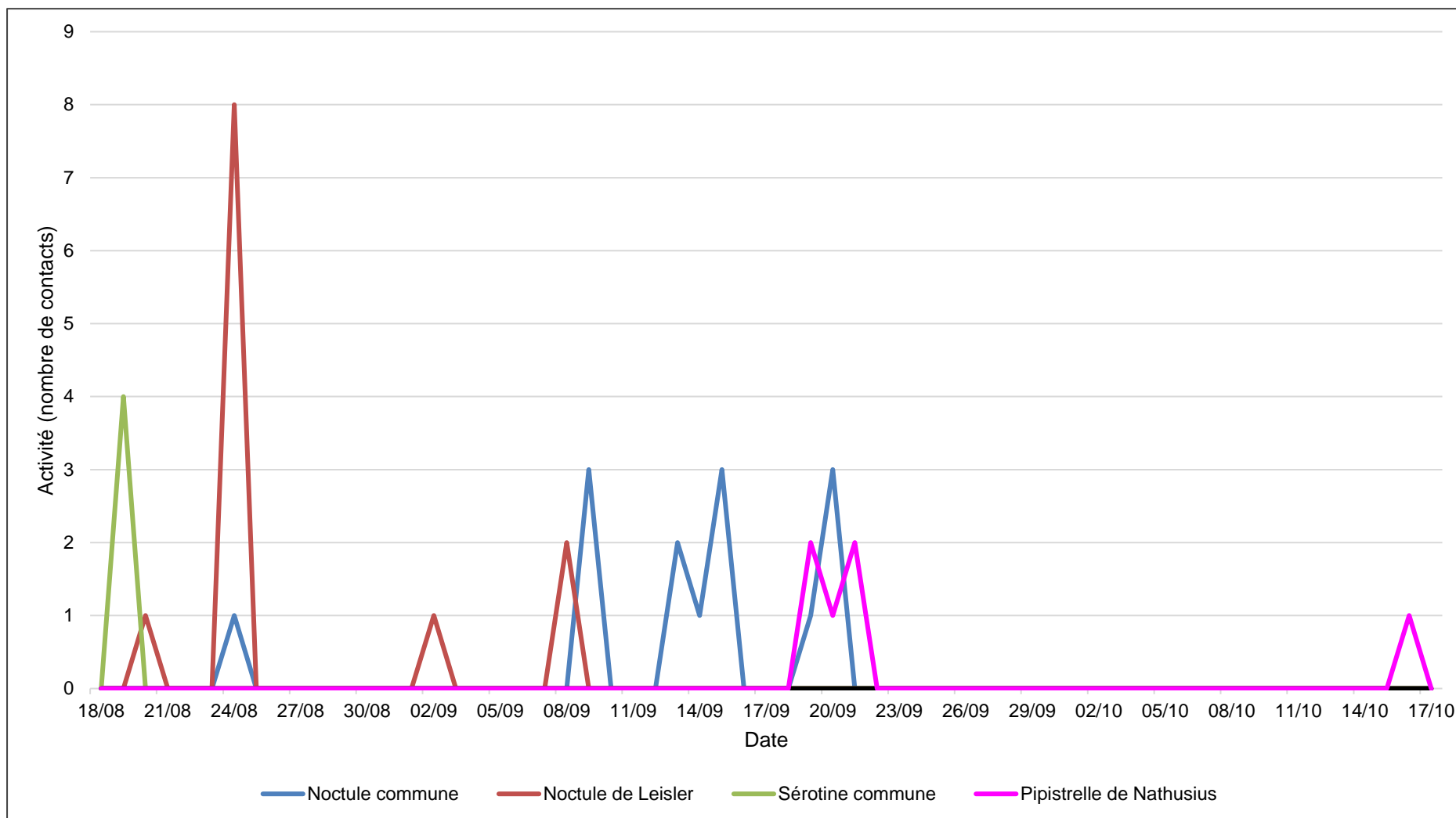


Figure 36 : Représentation graphique des variations journalières de l'activité des espèces présentes en période des transits automnaux 2020 (en nombre de contacts)



En période des transits automnaux, l'activité atteint un maximum de 8 contacts par nuit le 24 août, exclusivement réalisés par la Noctule de Leisler, ce qui demeure faible.

Les noctules migrent généralement tôt dans la saison, dès début août et jusqu'à la mi-septembre. Le graphique montre bien une augmentation de leur fréquentation dès le 20 août jusqu'au 20 septembre. Le passage de la Leisler semble légèrement plus précoce que celui de la commune dont la fenêtre de circulation s'est surtout centrée entre le 9 et le 20 septembre. Un couloir de migration tertiaire, c'est-à-dire caractérisé par un flux diffus et peu important, peut alors être défini pour le parc des Epinettes. La Noctule commune et la Noctule de Leisler sont, rappelons-le, respectivement les 3^{ème} et 4^{ème} espèces les plus impactées par l'éolien en Europe (Figure 29). La migration reste cependant très peu marquée sur le secteur.

La Pipistrelle de Nathusius migre plus tardivement que toutes les autres espèces. Son activité est vraiment anecdotique mais a sans aucun doute été réalisée par des individus en migration. Elle peut migrer jusqu'à la fin du mois d'octobre et c'est d'ailleurs par un contact de l'espèce le 16 octobre que s'est terminée l'année d'enregistrement.

La Sérotine commune n'a été détectée que le 19 août lorsque 4 contacts ont été enregistrés. Ceux-ci ne reflètent rien de particulier et indiquent juste que l'espèce est susceptible de passer à proximité des éoliennes suivies. Sa présence est très limitée et aucun couloir de migration de l'espèce ne se dessine localement.

Etonnamment, la Pipistrelle commune n'a pas été détectée lors des transits automnaux. Sa présence est néanmoins toujours jugée possible en altitude à cette période.

L'activité chiroptérologique enregistrée concerne donc majoritairement des espèces migratrices, ce qui démontre bien l'existence de voies de circulation locales. Il est possible que d'autres espèces soient détectables à plus basse altitude, au ras du sol, mais l'absence globale d'habitats propices à l'alimentation entraîne surtout un simple survol du site. Les individus ne font donc que passer, ne s'intéressant pas particulièrement aux habitats qui couvrent les alentours qui leur sont de toute manière peu favorables.



Noctule commune - R. Bron

2.5. Corrélation de l'activité enregistrée au niveau de l'éolienne E5 avec certains paramètres

2.5.1. Dates d'activité par mois

Figure 37 : Nombre de contacts enregistrés en fonction du mois d'écoute

Mois de l'année	Epinettes (E5)		MEMA I (E9)	
	Nombre de contacts	Pourcentage	Nombre de contacts	Pourcentage
Avril	0	0	0	0
Mai	0	0	4	4,2
Juin	-	-	15	15,6
Juillet	-	-	7	7,3
Août	14	38,9	42	43,8
Septembre	21	58,3	25	26,0
Octobre	1	2,8	3	3,1
Total	36	100%	96	100%

Il est difficile de déterminer la période la plus propice à l'activité chiroptérologique au niveau des Epinettes en raison de la défaillance de l'appareil d'écoute lors des mois de juin et de juillet. En revanche, les analyses montrent que les mois d'avril et d'octobre sont très peu concernés par le passage des chiroptères. Les résultats obtenus au niveau de MEMA I corroborent ces conclusions puisque l'activité s'est elle aussi concentrée sur **les mois d'août et de septembre**.

2.5.2. Heures d'activité

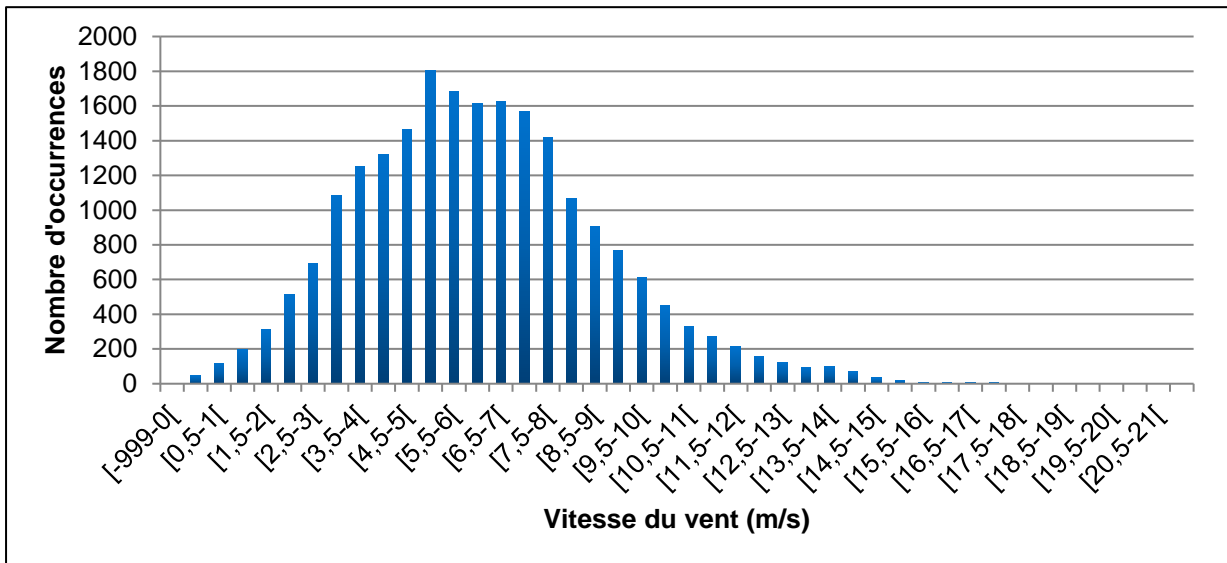
Figure 38 : Nombre de contacts enregistrés en fonction des heures de la nuit

Heure	Epinettes (E5)		MEMA I (E9)	
	Nombre de contacts cumulés	Pourcentages cumulés	Nombre de contacts cumulés	Pourcentages cumulés
Du coucher à +1 heure	3	8,33	6	6,25
Du coucher à +2 heures	16	44,44	40	41,67
Du coucher à +3 heures	19	52,78	63	65,63
Du coucher à +4 heures	29	80,56	71	73,96
Du coucher à +5 heures	29	80,56	82	85,42
Du coucher à +6 heures	33	91,67	88	91,67
Du coucher à +7 heures	33	91,67	89	92,71
Du coucher à +8 heures	35	97,22	92	95,83
Du coucher à +9 heures	35	97,22	95	98,96
Du coucher à +10 heures	36	100,00	96	100,00
Total	36	100,00	96	100,00

L'analyse horaire montre que l'activité a surtout eu lieu pendant les 6 heures qui ont suivi le coucher du soleil (91,67%). Encore une fois, les mêmes conclusions peuvent être tirées de l'analyse des données obtenues au niveau du parc de MEMA I (91,67% des contacts ont eu lieu entre le coucher et + 6h.). Ce facteur est le plus difficile à appréhender car il dépend énormément de la météo.

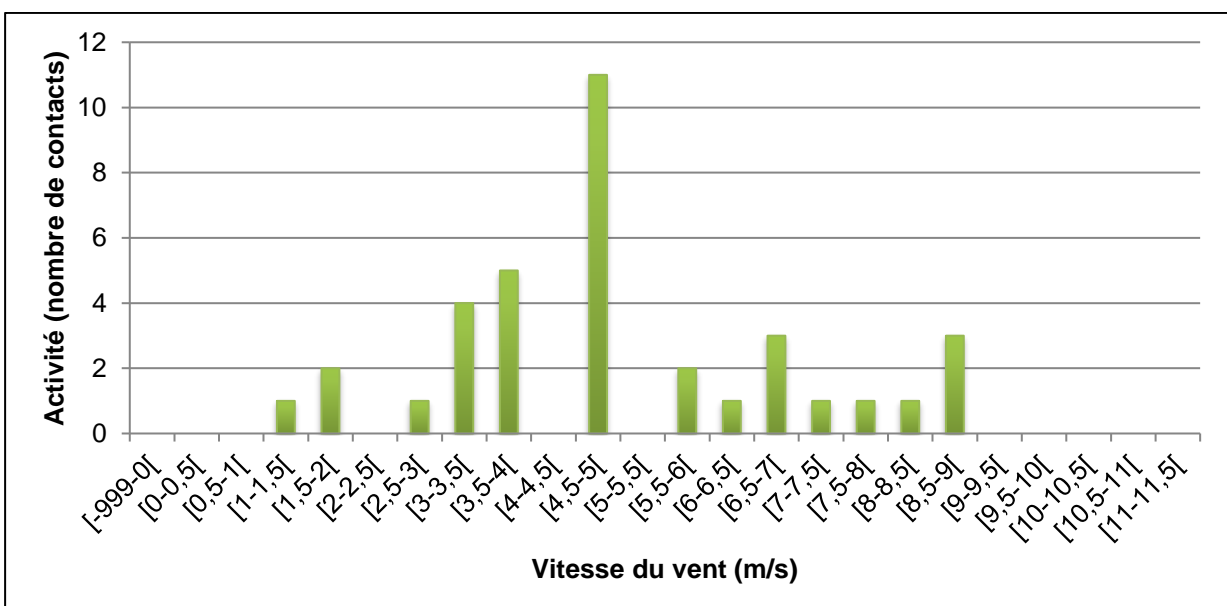
2.5.3. Vitesses de vent

Figure 39 : Représentation graphique du nombre d'occurrences des classes de vitesses de vent mesurées de nuit de mai 2020 à mai 2021



Les chiroptères sont très sensibles au vent. C'est pourquoi, une corrélation entre l'activité et ce paramètre météorologique est indispensable. Il est intéressant de mettre en relation ces deux variables pour déterminer pour quelles vitesses de vent l'activité diminue de façon notable.

Figure 40 : Représentation graphique des variations de l'activité chiroptérologique en altitude en fonction des vitesses de vent (en nombre de contacts) en fonction des vitesses de vent (en nombre de contacts)



Les données montrent que 11,11 % des contacts ont été enregistrés pour des vitesses de vent supérieures à 8 m/s et que l'activité se concentre plutôt sous les 5 m/s (66,67% des contacts enregistrés). Il est alors possible d'établir un tableau de répartition de l'activité chiroptérologique selon les classes de vitesse de vent :

Figure 41 : Mise en corrélation de l'activité chiroptérologique avec les vitesses de vent

Classe de vitesse du vent (en m/s)	Nombre de contacts	Pourcentages	Pourcentages cumulés
$X < 3$	4	11,11	11,11
$3 \leq X < 5$	20	55,56	66,67
$5 \leq X < 6$	2	5,56	72,23
$6 \leq X < 7$	4	11,11	83,34
$7 \leq X < 8$	2	5,56	88,9
$X \geq 8$	4	11,10	100,00
Total	36	100,00	100,00

Les données chiroptérologiques prises en compte ici ne concernent que les enregistrements obtenus au niveau de l'éolienne E5 du parc éolien des Epinettes. Les résultats concernant l'éolienne E9 du parc voisin de Moulin d'Emanville I ne sont en effet donnés qu'à titre indicatif et ne peuvent pas être pris en compte dans l'analyse des variables propres au parc des Epinettes.

2.5.4. Températures

Figure 42 : Représentation graphique du nombre d'occurrences des classes de températures mesurées de nuit de mai 2020 à mai 2021.

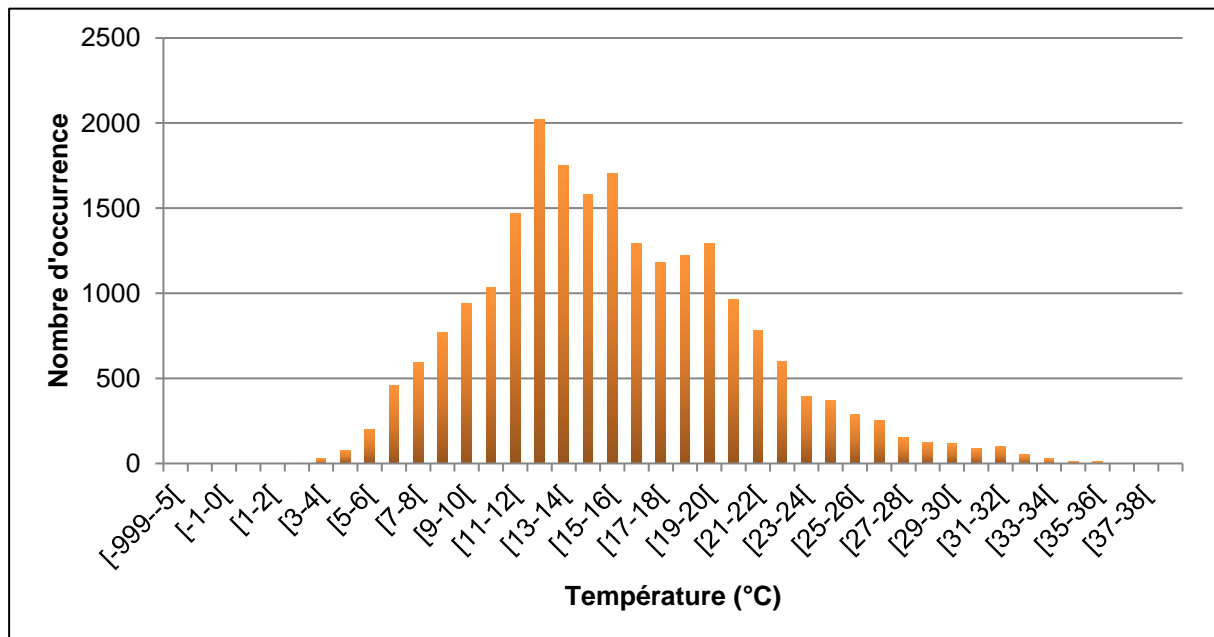
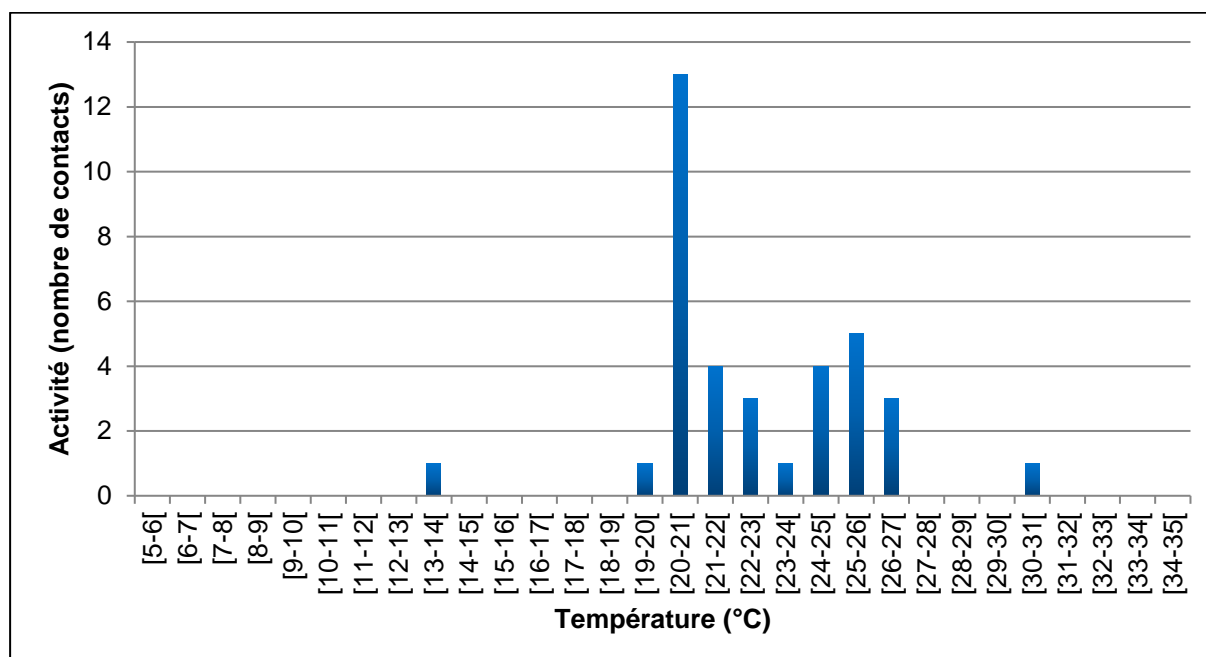


Figure 43 : Représentation graphique des variations de l'activité chiroptérologique en altitude en fonction des températures (en nombre de contacts)



Les données montrent que l'activité se répartit de 13 à 30°C, les chauves-souris préférant surtout sortir entre 19 et 26°C.

Les individus circulent donc préférentiellement pour des températures chaudes puisque 94,44 % des contacts ont été enregistrés pour des températures supérieures ou égales à 20°C. Les chauves-souris sont donc plus sensibles au froid qu'à la chaleur, ce qui s'explique par une dépense énergétique trop importante pour voler par temps froid par rapport au succès de chasse (rareté des insectes par basse température).

Figure 44 : Mise en corrélation de l'activité chiroptérologique avec les températures

Classe de températures (en °C)	Nombre de contacts	Pourcentage
$X < 10$	-	-
$10 \leq X < 13$	-	-
$13 \leq X < 17$	1	2,78
$17 \leq X < 18$	-	-
$18 \leq X < 19$	-	-
$19 \leq X < 20$	1	2,78
$20 \leq X < 25$	25	69,44
$X \geq 25$	9	25,00
Total	36	100%

Bilan de l'expertise chiroptérologique

Cinq espèces exploitent l'espace situé autour du rotor de l'éolienne suivie au niveau du parc éolien des Epinettes II. Il s'agit sans surprise des espèces les plus sujettes aux collisions et aux effets de barotraumatisme avec les éoliennes de par leur biologie connue, à savoir les deux espèces de noctules, les pipistrelles commune et de Nathusius ainsi que la Sérotine commune.

L'activité est globalement faible, même qualifiée de nulle lors de la période des transits printaniers.

La hausse du nombre de contacts qui s'observe dès l'été se rattache à l'activité des **noctules** qui apparaissent de la mi-août à la fin septembre avec une apparente cyclicité, la Noctule de Leisler étant un peu plus précoce que la Noctule commune. Un couloir de migration tertiaire de ces deux espèces semble donc passer par le parc éolien, caractérisé par un flux faible et diffus qui peut cependant évoluer d'une année à l'autre.

La **Pipistrelle de Nathusius** est peu présente et aucun couloir de migration la concernant ne peut être défini.

La **Pipistrelle commune** est également capable de voler haut et n'hésite pas à survoler les espaces ouverts, mais est tout de même moins réputée migratrice que les trois autres espèces citées précédemment. Elle est très peu présente, ce qui indique qu'aucun gîte de mise-bas de l'espèce ne se situe apparemment dans les environs, réduisant très fortement les risques de mortalité de l'espèce en été. Son occupation du secteur est donc occasionnelle, pouvant être ponctuellement supérieure sans pour autant être prévisible.

L'activité de la **Sérotine commune** est jugée négligeable.

En raison d'une défaillance technique ayant entraîné la perte des données estivales au niveau de l'éolienne équipée, il est difficile de conclure sur l'occupation des chiroptères à cette période. En revanche, il est possible de dire que la période des transits printaniers est très peu marquée (aucun contact enregistré en hauteur). Cependant, cela ne veut pas forcément indiquer qu'aucun individu n'a circulé plus bas, au ras du sol. L'utilisation de données récoltées au niveau d'une éolienne du parc éolien de Moulin d'Emanville I située dans le même type d'habitat montre une forte similitude des résultats. Il est alors possible d'affirmer que la période des transits automnaux (soit de début août à fin octobre) est la plus active. La fenêtre de fréquentation se concentre même surtout sur les mois d'août et de septembre.

La corrélation du vent avec l'activité chiroptérologique démontre qu'une majorité des contacts a été obtenue pour des vitesses de vent inférieures à 7 m/s et des températures supérieures ou égales à 19°C. A nouveau, la comparaison avec les données tirées du suivi du parc éolien de MEMA I montre des résultats similaires.

Il n'a pas été possible de mesurer l'activité pendant le mois de juillet qui est assez actif au niveau des parcs éoliens de Moulin d'Emanville mais par précaution et dans la logique de transposition des données, il est considéré que l'activité doit être substantielle sur ce mois.

A noter qu'aucun cadavre de chauve-souris n'a été trouvé sous les éoliennes du parc des Epinettes en 2021.

L'activité demeurant globalement faible et la mortalité chiroptérologique nulle, la mise en régulation des éoliennes n'est pas jugée nécessaire.

PARTIE 4 : Définition des effets résiduels et adaptation des mesures

1. Effets résiduels

1.1. Chiroptères

➤ Etat initial 2016

- détection de la Pipistrelle commune et de la Pipistrelle de Kuhl.
- identification de 2 secteurs favorables : l'un près d'un boisement au nord de l'aire, le second près d'un dépôt de matière organique.
- préconisation de ne pas installer de structures susceptibles d'attirer les insectes comme des haies, du fumier ou autres à proximité des éoliennes.

➤ Suivi 2020-2021 :

Mortalité

- aucune.

Ecoutes au sol et en altitude

- présence en altitude de 5 espèces : la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine commune. Les écoutes au sol ajoutent le Grand murin et la Pipistrelle de Kuhl à l'inventaire.

Printemps

- activité nulle jugée représentative vu le bon fonctionnement de l'appareil.

Eté

-l'activité augmente en altitude mais une analyse fine montre que cette hausse arrive tardivement, en août, et signifie surtout le début de la migration automnale des noctules plutôt qu'une activité résultant d'une occupation estivale préférentielle du secteur. En effet, en dehors des noctules début août en altitude, l'activité est faible et uniquement représentée par la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Nathusius, ne faisant soit que passer pour se diriger vers des secteurs plus favorables, soit chasser ponctuellement si des proies sont disponibles.

Il est rappelé que cette analyse est basée sur les données obtenues au niveau du parc éolien de Moulin d'Emanville I.

Automne

- validation de l'existence d'un couloir de migration des noctules qualifié de tertiaire et donc caractérisé par un flux large et diffus, jugé très faible. Ce couloir peut refléter le désir de contournement des individus plutôt que de traverser les lignes d'éoliennes.

1.2. Avifaune

➤ Etat initial 2016

- situation à proximité d'une ZPS concernée par la reproduction d'espèces emblématiques comme les 3 busards. Le projet était néanmoins situé à une certaine distance des cours d'eau principaux.

- les espèces attendues étaient donc principalement celles réalisant la totalité de leur cycle biologique au sein des cultures. En migration, le site pouvait néanmoins être survolé par un nombre assez élevé d'espèces capables de survoler les espaces ouverts en raison de leur biologie, de leur taille ou de leur régime alimentaire.

- observation de 6 espèces patrimoniales : Busard des roseaux, Faucon émerillon, Busard Saint-Martin, Linotte mélodieuse, Œdicnème criard et Pluvier doré. Certaines étaient plutôt observables en hiver ou lors des migrations mais les busards, l'Œdicnème et la linotte étaient potentiellement nicheurs sur site et leur sensibilité de fait plus importante.

➤ Suivi 2020-2021 :

Mortalité

- 1 cadavre en été : Hirondelle rustique.
- 4 cadavres en automne : 1 Bruant jaune, 1 Pigeon ramier et 2 Buses variables.
- constat de la mortalité d'espèces inféodées aux espaces cultivés, qu'elles soient migratrices ou non.
- effets résiduels jugés globalement faible sur les espèces victimes du parc éolien.

2. Recommandation de mesures complémentaires

2.1. Recommandations pour les oiseaux et les chiroptères

1. Entretien rigoureux des plateformes de manière à maintenir la végétation la plus rase possible afin de diminuer l'attractivité de celles-ci pour les rapaces. En effet, les friches parfois hautes se développant spontanément sous les éoliennes attirent bon nombre de petits mammifères en quête d'abri ou de zones où construire un terrier, ce qui attire par la suite leurs prédateurs comme par exemple les rapaces, très exposés à la collision.

Cette mesure permettra également de réduire l'attractivité des abords des éoliennes pour les chauves-souris puisque la végétation entraîne également l'abondance d'insectes, régime alimentaire principal des chiroptères.

L'exploitant du parc éolien est déjà engagé dans cette démarche avec la mise en œuvre depuis mi-2020 d'un contrat d'entretien pluriannuel avec un paysagiste local.

Conclusion générale

Les résultats des suivis 2020-2021 sont en adéquation avec les effets prédits par l'analyse bibliographique et avec les conclusions émises par l'étude d'impact initiale réalisée en 2016.

Concernant les chiroptères, l'étude d'impact initiale avait montré une fréquentation supérieure de la Pipistrelle commune et de la Pipistrelle de Kuhl et mis en évidence 2 secteurs d'attractivité potentielle pour cette faune. Il avait donc été recommandé d'éviter d'installer des structures pouvant localement augmenter la densité en insectes, sources alimentaires des chiroptères, comme des parterres de fleurs ou des haies. Les écoutes en hauteur réalisées au niveau de E5 révèlent la présence de 5 espèces : la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine commune. La période des transits printaniers n'a pas permis la détection d'individus en hauteur, mais dès l'été, l'étude montre un passage des deux espèces de Noctules dans le cadre de leur transit. Ces deux espèces sont très fortement impactées par l'essor de l'énergie éolienne en France et sont très souvent victimes des éoliennes. Même si leur activité est plutôt faible, elle peut augmenter d'une année à l'autre et en raison de sa forte délimitation dans le temps.

La présence en altitude des 3 autres espèces est jugée anecdotique et aucune voie de passage préférentielle pour la Pipistrelle de Nathusius, elle aussi migratrice, ne peut être mise en évidence.

En définitive, les habitats couvrant les alentours des éoliennes sont effectivement peu propices aux chauves-souris qui ne font principalement que passer. Aucun cas de mortalité n'a été répertorié. Les effets du fonctionnement du parc éolien sur la chiroptérofaune apparaissent donc nuls à très faibles.

Pour l'avifaune, l'étude initiale soulignait la présence d'un cortège très inféodé aux espaces cultivés ainsi que la reproduction potentielle d'espèces à haute valeur patrimoniale comme le Busard Saint-Martin et l'Œdicnème criard. La Linotte mélodieuse était également nicheuse au sein de jachères. Les risques étaient cependant globalement estimés faibles en période d'exploitation. L'étude bibliographique confirmait la localisation des éoliennes au sein d'un secteur cultivé éloigné des principaux corridors humides très attractifs pour la faune. En revanche, le parc est bien situé au cœur d'une ZPS abritant la reproduction avérée des 3 espèces de busards pouvant potentiellement être impactés par son fonctionnement.

Les résultats de mortalité sont en adéquation avec les différentes conclusions du pré-diagnostic et de l'étude initiale car ce sont surtout des espèces observables toute l'année et donc abondantes localement qui ont été victimes du parc.

Tous les individus découverts nidifient dans des habitats boisés même peu denses et recherchent de la nourriture dans les cultures (Bruant jaune, Buse variable, Hirondelle rustique et Pigeon ramier...). Ces oiseaux exploitent donc les environs des éoliennes toute l'année et leur caractère migrateur entraîne de plus une hausse de leurs effectifs lors des migrations menant à une probabilité de collision plus élevée. Les effets du fonctionnement des 2 éoliennes sur leurs populations locales sont cependant jugés contenus.

En définitive, les impacts du fonctionnement des éoliennes des Epinettes sur les populations aviaires apparaissent faibles.


Pour tous les rapaces (ainsi que les chiroptères), **le maintien d'un entretien rigoureux des plateformes** de manière à empêcher le développement d'une végétation spontanée est vivement conseillé. Cela aura pour effet de limiter l'attractivité des dessous des éoliennes pour les proies (insectes, micromammifères, lapins...) et donc naturellement de leurs prédateurs.

Le **renouvellement du suivi** de mortalité peut également être pertinent afin de vérifier si les conclusions tirées des prospections 2020 se valident ou au contraire se nuancent.

Annexe 1 : fiches standardisées de mortalité

FICHE DE MORTALITE STANDARDISEE OISEAUX
NOM DU PARC EOLIEN : RECLAINVILLE
Nom du découvreur : Alice Olive le 25/05/2020

Localisation du cadavre : Eolienne concernée : E5 Type de milieu : culture Direction par rapport au mat : vers le NE Distance du mat de l'éolienne la plus proche du cadavre : 52 mètres

Description du cadavre Espèce : Hirondelle rustique Sexe : indéterminé Stade (juvénile, adulte) : adulte	
Etat de l'individu :	<input checked="" type="checkbox"/> Entier <input type="checkbox"/> Coupé <input type="checkbox"/> Fragments <i>Préciser :</i> <input type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Quelques vers <input type="checkbox"/> Décomposé <input checked="" type="checkbox"/> Sec <i>(putréfaction)</i>
Cause présumée de la mort	<input checked="" type="checkbox"/> Collision par pale <input type="checkbox"/> Barotraumatisme <input type="checkbox"/> Autre (chasse animale, humaine, voiture...):

Commentaires et/ou mesures, informations supplémentaires : entière, os et plumes, plus de tissus mous

FICHE DE MORTALITE STANDARDISEE OISEAUX

NOM DU PARC EOLIEN : RECLAINVILLE

Nom du découvreur : Alice Olive le 17/08/2020

Localisation du cadavre :

Eolienne concernée : E5

Type de milieu : plateforme

Direction par rapport au mat : vers l'O

Distance du mat de l'éolienne la plus proche du cadavre : 2 mètres



Description du cadavre

Espèce : Bruant jaune

Sexe : mâle

Stade (juvénile, adulte) : adulte

Etat de l'individu :

Entier

Coupé

Fragments

Frais

Quelques
vers

Décomposé
(putréfaction)

Sec

Cause présumée de la mort

Collision par
pale

Barotraumatisme

Autre (chasse animale, humaine, voiture...):

Commentaires et/ou mesures, informations supplémentaires :

sec

FICHE DE MORTALITE STANDARDISEE OISEAUX

NOM DU PARC EOLIEN : RECLAINVILLE

Nom du découvreur : Alice Olive le 27/08/2020

Localisation du cadavre :

Eolienne concernée : E6

Type de milieu : friches

Direction par rapport au mat : vers le NO

Distance du mat de l'éolienne la plus proche du cadavre : 45 mètres

Description du cadavre

Espèce : Pigeon ramier

Sexe : Indéterminé

Stade (juvénile, adulte) : indéterminé



Etat de l'individu :

Entier

Coupé

Fragments

Frais

Quelques

vers

Décomposé

(putréfaction)

Sec

Cause présumée de la mort

Collision par pale

Barotraumatisme

Autre (chasse animale, humaine, voiture...):

Commentaires et/ou mesures, informations supplémentaires :

plumes et os, prédaté

FICHE DE MORTALITE STANDARDISEE OISEAUX

NOM DU PARC EOLIEN : RECLAINVILLE

Nom du découvreur : Alice Olive le 20/10/2020

Localisation du cadavre :

Eolienne concernée : E5

Type de milieu : friches

Direction par rapport au mat : vers le N

Distance du mat de l'éolienne la plus proche du cadavre : 20 mètres



Description du cadavre

Espèce : Buse variable

Sexe : Indéterminé

Stade (juvénile, adulte) : adulte

Etat de l'individu :

Entier

Coupé

Fragments

Préciser :

Frais

Quelques

Décomposé

Sec

vers

(putréfaction)

Cause présumée de la mort

Collision par pale

Barotraumatisme

Autre (chasse animale, humaine, voiture...):

Commentaires et/ou mesures, informations supplémentaires :

parfait état

FICHE DE MORTALITE STANDARDISEE OISEAUX

NOM DU PARC EOLIEN : RECLAINVILLE

Nom du découvreur : Alice Olive le 20/10/2020

Localisation du cadavre :

Eolienne concernée : E5

Type de milieu : culture

Direction par rapport au mat : vers l'O

Distance du mat de l'éolienne la plus proche du cadavre : 30 mètres

Description du cadavre

Espèce : Buse variable

Sexe : Indéterminé

Stade (juvénile, adulte) : juvénile



Etat de l'individu :

Entier

Coupé

Fragments

Frais

Quelques

vers

Décomposé

(putréfaction)

Sec

Préciser :

Cause présumée de la mort

Collision par
pale

Barotraumatisme

Autre (chasse animale, humaine, voiture...):

Commentaires et/ou mesures, informations supplémentaires :

Individu entier déjà bien dégradé, sec, plus de tissus mous

Références bibliographiques

Albouy S., Clément D., Jonard A., Massé P., Pagès J.-M. & Neau P. 1997. Suivi ornithologique du parc Éolien de Port-la Nouvelle : Rapport final. Abies, Géokos consultants, LPO Aude, novembre 1997. 66 p.

ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2005. *Les chauves-souris maîtresses de la nuit*. Delachaux et Niestlé, Lausanne, 268 p.

BEUCHER Y., RICHOUC C. et ALBESPY F. Maîtrise de la mortalité des chiroptères – Analyse comparée de la mise en place de mesures de régulation de trois parcs éoliens.

DREAL HAUTS-DE-FRANCE, 2017. – Guide de préconisation pour la prise en compte des enjeux chiroptérologiques et avifaunistiques dans les projets éoliens.

DULAC P. - 2008 – Evaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi. LPO délégué Vendée / ADEME Pays de la Loire / CRPL, La Roche-sur-Yon - Nantes, 106 pages.

FIERS V., B. GAUVRIT, E. GAVAZZI, P HAFFNER, H. MAURIN ET COLL., 1997. *Statut de la faune de France métropolitaine. Statuts de protection, degrés de menace, statuts biologiques*. Col. Patrimoines naturels, volume 24 – Paris, Service du Patrimoine Naturel/IEGB/MNHN, Réserves naturelles de France, Ministère de l'environnement, 225 p.

JP ENERGIE ENVIRONNEMENT, CALIDRIS, Juin 2016. Parc éolien des Epinettes à Réclainville et Moutiers-en-Beauce (28), dossier de demande d'autorisation d'exploiter – étude d'impact sur l'environnement et sur la santé des populations – résumé non technique V02, 47p.

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

LPO Drome, Novembre 2010. Suivi de mortalité des Chiroptères sur deux parcs éoliens du Sud de la région Rhône-Alpes, 37p.

LPO Pays de la Loire, 2010. Avifaune, Chiroptères et projets de parcs éoliens en Pays de la Loire. Partie 2 : guide pour la réalisation d'études ornithologiques et chiroptérologiques p35.

MARX, G., LPO, 2017. Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune – étude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015. 92p.

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ENERGIE ET DE LA MER, janvier 2017. Plan National d'Actions en faveur des chiroptères (PNA) 2016-2025, 83p.

MULLANEY K., SVENSSON L., ZETTERSTROM D., GRANT P.J., 1999. *Le guide ornitho*. Les guides du naturaliste. Delachaux et Niestlé, Paris, 388p.

ONCFS, Denis Roux & al., 2004. Impact des éoliennes sur les oiseaux - Synthèse des connaissances actuelles – Conseil et recommandation, 40p.

ONCFS, LPO, 2019. Eoliennes & biodiversité – Synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer, 122p.

UICN, MNHN, 2016. La Liste rouge des espèces menacées en France – Oiseaux de France métropolitaine, 32p.

UICN, MNHN, 2017. La Liste rouge des espèces menacées en France – Mammifères de France métropolitaine, 16p.

VIENNE NATURE, 2010. Suivi post-installation de la mortalité des chiroptères sur le parc éolien du Rochereau (86), 28p.