



Parcs éoliens de Dammarie et Francourville (28)

Suivi post-implantation 2020

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

09/03/2021

The logo for Écosphère, featuring the word 'écosphère' in a green sans-serif font, with a stylized green and blue wave graphic below it.

écosphère

INFORMATIONS & CONTACTS ●●●

Parcs éoliens de Dammarie et Francourville (28) Suivi post-implantation 2020

Étude réalisée pour : EDPR France

🏠 25 quai Panhard et Levassor
75013 Paris, France

👤 **Marie PERRAULT**
Ingénieure environnement
📞 01 44 67 81 49/ 06 44 15 96 53
@ marie.perrault@edpr.com

Étude réalisée par : ÉCOSPHÈRE Agence Centre-Bourgogne

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

Coordination

Guillaume MARCHAIS
Chef de projets

Suivi de mortalité

Léa BOUTAULT
Chargée d'études faune

Analyses faunistiques

Léa BOUTAULT, Guillaume MARCHAIS
Chargée d'études et Chef de projet faune

SIG et cartographie

Ulysse BOURGEOIS
Géomaticien

Contrôle qualité

Guillaume VUITTON
Directeur de l'agence Centre-Bourgogne

CONTEXTE ●●●

Les parcs éoliens de Dammarie et Francourville sont constitués de 6 éoliennes chacun, de type Vestas V90. Ils ont été mis en service en juillet et mai 2016 respectivement. Les parcs se situent sur les communes du même nom dans le département de l'Eure-et-Loir (28), en contexte agricole intensif.

Afin de se conformer à la réglementation ICPE, la société EDPR souhaite faire réaliser les suivis post-implantation selon le protocole national réglementaire 2018. Le suivi réalisé en 2020 vise à vérifier l'efficacité du bridage mis en place selon les préconisations d'Ecosphère suite à un premier suivi réalisé en 2018.

Mission d'Ecosphère :

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

- Effectuer des recherches de cadavres ;
- Évaluer les impacts par collision ou barotraumatisme ;
- Proposer le cas échéant des mesures de réduction proportionnées.

SOMMAIRE

INFORMATIONS & CONTACTS	2
CONTEXTE	2
SOMMAIRE	3
1. CADRE TECHNIQUE ET RÉGLEMENTAIRE D'UN SUIVI POST-IMPLANTATION	4
2. PRÉSENTATION DU PARC ÉOLIEN	5
2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ÉCOLOGIQUE.....	5
2.2 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU PARC ÉOLIEN	5
2.3 CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES ÉOLIENNES EN SERVICE	5
2.4 SITUATION ÉCOLOGIQUE ANTÉRIEURE – RAPPEL DU SUIVI POST-IMPLANTATION 2018.....	5
3. MÉTHODES DE TRAVAIL	10
3.1 SUIVI DE MORTALITÉ DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX	10
3.2 MÉTHODE D'ÉVALUATION DES ESPÈCES FRÉQUENTANT LE PARC.....	16
3.3 MÉTHODE DE DÉFINITION DES IMPACTS ET DES MESURES DE RÉDUCTION ADAPTÉES AU PARC	19
4. RÉSULTATS DU SUIVI DE MORTALITÉ	20
4.1 RÉSULTATS BRUTS.....	20
4.2 VARIABLES SERVANT À L'ESTIMATION DE LA MORTALITÉ RÉELLE	25
4.3 ESTIMATION DE LA MORTALITÉ RÉELLE	27
4.4 ANALYSE DE LA MORTALITÉ ET ÉVALUATION DE L'IMPACT RÉSIDUEL.....	29
4.5 CONCLUSION SUR LE SUIVI DE MORTALITÉ	32
5. EVALUATION DES IMPACTS	34
5.1 ÉVALUATION DES RISQUES DE COLLISION SPÉCIFIQUES AUX PARCS	34
5.2 IMPACT INDIRECT DES ÉOLIENNES SUR LA FRÉQUENTATION DES HABITATS PAR LES CHIROPTÈRES ET LES OISEAUX	37
6. MESURES DE RÉDUCTION DES RISQUES DE COLLISION	38
6.1 PROTECTION DES CHAUVES-SOURIS FRÉQUENTANT LE PARC PAR UN BRIDAGE NOCTURNE DIFFÉRENCIÉ	38
6.2 CONTRÔLE DE L'ÉCLAIRAGE NOCTURNE	39
6.3 GESTION DES HABITATS AUTOUR DES ÉOLIENNES	39
7. MESURES DE SUIVI	40
8. BIBLIOGRAPHIE	41
ANNEXE 1 : DATES DE PROSPECTION DU SUIVI DE MORTALITÉ	43
ANNEXE 2 : OCCUPATION DU SOL ET DÉTAIL DES SURFACES PROSPECTÉES PAR ÉOLIENNE AU COURS DU SUIVI	45
ANNEXE 3 : SYNTHÈSE DES CADAVRES DÉCOUVERTS LORS DU SUIVI DE MORTALITÉ	48
ANNEXE 4 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITÉ RÉELLE OBTENUES À PARTIR D'EOLAPP	49
ANNEXE 5 : PARAMÈTRES SERVANT À L'ESTIMATION DE LA MORTALITÉ RÉELLE AVEC « GENEST »	51



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dans le cas des parcs éoliens de Dammarie et Francourville, le suivi ayant été contractualisé en janvier 2020 et débuté en mai 2020, les préconisations du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) s'y appliquent.

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

Il stipule également que ce suivi est renouvelé dans les 12 mois si le précédent suivi a mis en évidence un impact significatif et qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives. A minima, le suivi est renouvelé tous les 10 ans d'exploitation de l'installation.

¹ Décision du 5 avril 2018, NOR : TREP1807992S

2. PRÉSENTATION DU PARC ÉOLIEN

2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ÉCOLOGIQUE

Voir les cartes « Localisation du parc éolien » en fin de chapitre.

Les parcs éoliens de Dammarie et Francourville se situent en Beauce dans le département de l'Eure-et-Loir (28), respectivement à 10 km au sud et au sud-est de l'agglomération de Chartres.



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



Vue aérienne du parc depuis la nacelle de l'éolienne E1 du parc de Dammarie (G. Marchais – Ecosphère)

2.2 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU PARC ÉOLIEN

Les parcs éoliens de Dammarie et Francourville sont composés de 6 éoliennes chacun, mises en service en juillet et mai 2016 respectivement.

Caractéristiques des parcs éoliens de Dammarie et Francourville

	Dammarie	Francourville
Date de mise en service	Juillet 2016	Mai 2016
Modèle	Vestas 90/2000	Vestas 90/2000
Nombre d'éoliennes	6	6
Exploitant	EDPR	EDPR
Puissance cumulée	12 MW	12 MW

2.3 CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES ÉOLIENNES EN SERVICE

Caractéristiques des éoliennes Vestas 90/2000

Hauteur du moyeu	80 m
Diamètre du rotor	90 m
Garde au sol	35 m
Zone de balayage du rotor	6 362 m ²
Puissance nominale	2 MW
Vitesse de connexion (cut-in wind speed)	3 m/s
Vitesse max d'arrêt (10 min en moyenne)	25 m/s
Vitesse de rotation maximale	17,3 tours/minute
Vitesse de rotation minimale	8,2 tours/minute

2.4 SITUATION ÉCOLOGIQUE ANTÉRIEURE – RAPPEL DU SUIVI POST-IMPLANTATION 2018

2.4.1 PARC DE DAMMARIE

2.4.1.1 Fréquentation par l'avifaune

Le suivi de l'avifaune réalisé en 2018 recensait **25 espèces nicheuses** aux abords du parc. Parmi elles, **2 étaient à enjeu de conservation** (le Bruant des roseaux [assez fort] et le Busard Saint-Martin [moyen]) et **3 sont considérées comme sensibles au risque de collision** (le Busard Saint-Martin et la Buse variable (sensibilité moyenne) ; le Faucon crécerelle (sensibilité assez forte)).

12 espèces supplémentaires étaient notées **en migration, en hivernage ou erratiques**, dont **4 sont considérées comme moyennement sensibles** au risque de collision (le Busard des roseaux, l'Épervier d'Europe, le Goéland leucopnée et le Héron cendré).

L'observation des mouvements révélait des **comportements peu risqués** vis-à-vis de l'éolien pour les **espèces nicheuses à faibles domaines vitaux**. En revanche, pour les espèces à vastes domaines vitaux, certaines s'adaptent en évitant les éoliennes (prise d'altitude, évitement par la gauche ou la droite), alors que d'autres intègrent les éoliennes à leur territoire sans présenter de méfiance particulière, ce qui génère un risque plus élevé (rapaces diurnes notamment).

Des comportements à risque avaient donc été reportés, concernant plusieurs espèces de rapaces diurnes pour la plupart nicheuses à proximité directe du parc éolien (Buse variable, Busard Saint-Martin, Faucon crécerelle).

2.4.1.2 Suivi de mortalité

Un premier suivi de mortalité a été réalisé en 2018 : il était constitué de **16 passages répartis entre avril et septembre** (intervalle moyen entre les passages de 11 jours). Les 6 éoliennes du parc avaient été suivies, et avec une **surface moyenne de prospection de 66 % sur l'intégralité du suivi** (écart de 15 à 100 % selon la période de l'année).

La mortalité brute était de 6 cadavres découverts : **3 chauves-souris** (2 Pipistrelles communes et 1 Noctule commune) et **3 oiseaux** (1 Faucon crécerelle, 1 Martinet noir et 1 Roitelet triple-bandeau).

L'estimation de la mortalité réelle à partir de l'application EolApp pour les formules de Huso et Jones aboutissait à **une mortalité réelle d'environ 27 individus** (IC 80 % compris entre 13 et 43), dont en moyenne **13,5 chiroptères et 13,5 oiseaux**. En appliquant une correction liée à la période non suivie (+ 15 % pour les chiroptères, + 30 % pour les oiseaux), la mortalité atteignait **33 individus sur l'ensemble du parc et par an, dont 15,5 chauves-souris et 17,5 oiseaux**.

En conclusion, le **niveau d'impact** constaté par la mortalité en 2018, était considéré de niveau **moyen pour la Noctule commune** (en période de reproduction) et **faible à négligeable pour les autres espèces** impactées.

2.4.1.3 Evaluation des impacts par collision en comparaison avec l'activité des chiroptères en altitude

L'activité des chiroptères avait été suivie à hauteur de nacelle en 2018, à l'aide d'un détecteur automatique d'ultrasons, placé sur l'éolienne 1 à Dammarie.

Évaluation des risques de collision contextualisés par mois sur la base de la sensibilité des espèces, les activités enregistrées et les cadavres découverts – Parc de Dammarie (2018)

	Critères d'évaluation	Niveau de risque de collision selon l'activité en altitude
Avril	Activités très faibles (< 10 contacts par mois)	Négligeable
Mai	Activités très faibles (< 10 contacts par mois)	Négligeable
Juin	Activités moyennes dominées par les pipistrelles (2,8 contacts / nuit) avec 2 pics (>20 contacts/nuit), 15 individus estimés et 2 nuits avec Q>75%	Moyen
Juillet	Activités plus que moyennes avec des dizaines de contacts de Noctule commune (VU), avec 2 pics, 18 individus estimés et 4 nuits avec Q>75% + 1 cas de mortalité brute de N. commune sous E3 le 10/07/18 et 2 de P. commune sous E1 le 17/07/18	Assez fort

	Critères d'évaluation	Niveau de risque de collision selon l'activité en altitude
août	Activités moyennes mais avec des dizaines de contacts de Noctule de Leisler (NT), avec 18 individus estimés et 3 nuits avec Q>75%, mais 1 seul pic	Moyen
Septembre	Activités moyennes mais avec moins d'une vingtaine de contacts de noctules, 16 individus estimés et 2 nuits avec Q>75%, mais 1 seul pic	Moyen
Octobre	Activités très faibles (< 10 contacts par mois)	Négligeable
Novembre	Activités nulles	Négligeable

2.4.2 PARC DE FRANCOURVILLE

2.4.2.1 Fréquentation par l'avifaune

Le suivi de l'avifaune réalisé en 2018 recensait **19 espèces nicheuses** aux abords du parc. Parmi elles, **2 étaient à enjeu de conservation** (le Busard Saint-Martin et la Perdrix grise [moyen]) et **3 sont considérées comme sensibles au risque de collision** (le Busard Saint-Martin et la Buse variable (sensibilité moyenne) ; le Faucon crécerelle (sensibilité assez forte)).

12 espèces supplémentaires étaient notées **en migration, en hivernage ou erratiques**, dont **une est considérée comme moyennement sensible** au risque de collision (le Goéland leucophaea).

Les comportements à risque observés concernaient les mêmes espèces que sur le parc de Dammarie, à savoir des rapaces à plus grands domaines vitaux et intégrant les éoliennes à leur territoire sans présenter de méfiance particulière (Buse variable, Busard Saint-Martin, Faucon crécerelle).

2.4.2.2 Suivi de mortalité

Un premier suivi de mortalité a été réalisé en 2018 : il était constitué de **16 passages répartis entre avril et septembre** (intervalle moyen entre les passages de 11 jours). Les 6 éoliennes du parc avaient été suivies, et avec une **surface moyenne de prospection de 58 % sur l'intégralité du suivi** (écart de 15 à 100 % selon la période de l'année).

La mortalité brute était de 2 cadavres découverts : **1 chauve-souris** (Pipistrelle indéterminée) et **1 oiseau** (Buse variable).

L'estimation de la mortalité réelle à partir de l'application EolApp pour les formules de Huso et Jones aboutissait à **une mortalité réelle d'environ 10 individus** (IC 80 % compris entre 2 et 20), dont en moyenne **5 chiroptères et 5 oiseaux**. En appliquant une correction liée à la période non suivie (+ 15 % pour les chiroptères, + 30 % pour les oiseaux), la mortalité atteignait **12 individus sur l'ensemble du parc et par an, dont 5,5 chauves-souris et 6,5 oiseaux**.

En conclusion, le **niveau d'impact** constaté par la mortalité en 2018, était considéré de niveau **faible à moyen pour la Pipistrelle indéterminée** (selon l'espèce potentielle) et négligeable pour la Buse variable.

2.4.2.3 Evaluation des impacts par collision en comparaison avec l'activité des chiroptères en altitude

L'activité des chiroptères avait été suivie à hauteur de nacelle en 2018, à l'aide d'un détecteur automatique d'ultrasons, placé sur l'éolienne 6 à Francourville.

Évaluation des risques de collision contextualisés par mois sur la base de la sensibilité des espèces, les activités enregistrées et les cadavres découverts – Parc de Francourville (2018)

	Critères d'évaluation	Niveau de risque de collision selon l'activité en altitude
Avril	Probablement activités très faibles (< 10 contacts par mois)	Négligeable
Mai	Probablement activités très faibles (< 10 contacts par mois)	Négligeable
Juin	Probablement activités faibles à moyennes	Faible à moyen
Juillet	Activités un peu plus que moyennes avec des dizaines de contacts de Noctule commune (VU) et de N. de Leisler (NT), avec 2 pics (>20), 17 individus estimés mais que 3 nuits avec Q>75%	Assez fort
Août	Activités assez importantes avec des centaines de contacts de Noctule de Leisler et des dizaines de N. commune, 4 pics, 26 individus estimés et 6 nuits avec Q>75%	Assez fort
Septembre	Activités à peine moyennes avec moins d'une vingtaine de contacts de noctules, 1 seul pic, 7 individus estimés et 2 nuits avec Q>75% + 1 cas de mortalité brute de Pipistrelle indéterminée le 19/09/18 sous E2	Moyen
Octobre	Activités très faibles (< 10 contacts par mois)	Négligeable
Novembre	Activités quasi nulles (< 5 contacts par mois)	Négligeable

2.4.3 SYNTHÈSE ET RAPPEL DU BRIDAGE PROPOSÉ

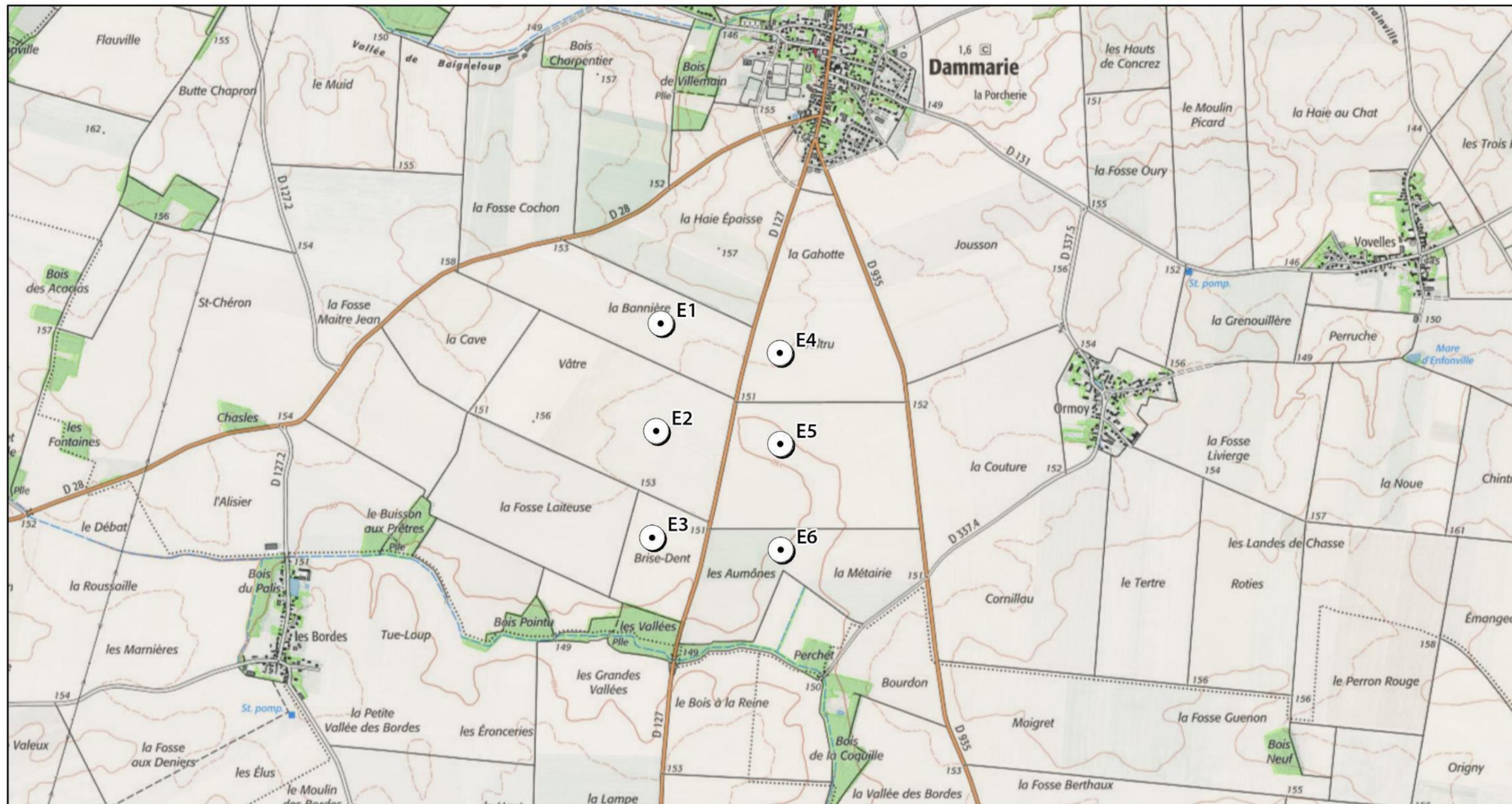
Le croisement des données d'activité des chiroptères, des cas de mortalité recensés, du niveau d'enjeu des espèces ainsi que du niveau de risque de collision établi a abouti lors de ce suivi 2018 à la proposition d'un plan de bridage. Celui-ci est synthétisé dans le tableau ci-dessous, pour les parcs de Dammarie et de Francourville.

Algorithmes de bridage par tranches et mois de l'année (2018)

(niveau d'impact : blanc : négligeable/faible (= non significatif) ; jaune = moyen ; orange = assez fort ; rouge = fort ; marron = très fort)

	DAMMARIE	FRANCOURVILLE
Janvier	Aucun bridage	Aucun bridage
Février	Aucun bridage	Aucun bridage
Mars	Aucun bridage	Aucun bridage
Avril	(Mise en drapeau)*	(Mise en drapeau)*
Mai	(Mise en drapeau)*	(Mise en drapeau)*
Juin	≤ 3,5 m/s -0h30 à +06h30 >16°C	≤ 3 m/s -0h30 à +06h30 >16°C
Juillet	≤ 4 m/s -0h30 à +06h30 >16°C	≤ 3,5 m/s -0h30 à +06h30 >16°C
Août	≤ 4,5 m/s -0h30 à +06h30 >16°C	≤ 3 m/s -0h30 à +07h30 >16°C
Septembre	≤ 4 m/s -0h30 à +06h30 >16°C	≤ 3 m/s -0h30 à +06h30 >16°C
Octobre	(Mise en drapeau)*	(Mise en drapeau)*
Novembre	Aucun bridage	Aucun bridage
Décembre	Aucun bridage	Aucun bridage

* mesure d'accompagnement facultative : la mise en drapeau aux vitesses moyennes inférieures à la cut-in speed permet de réduire encore un peu le risque de collision tout en n'impactant quasiment pas la production.



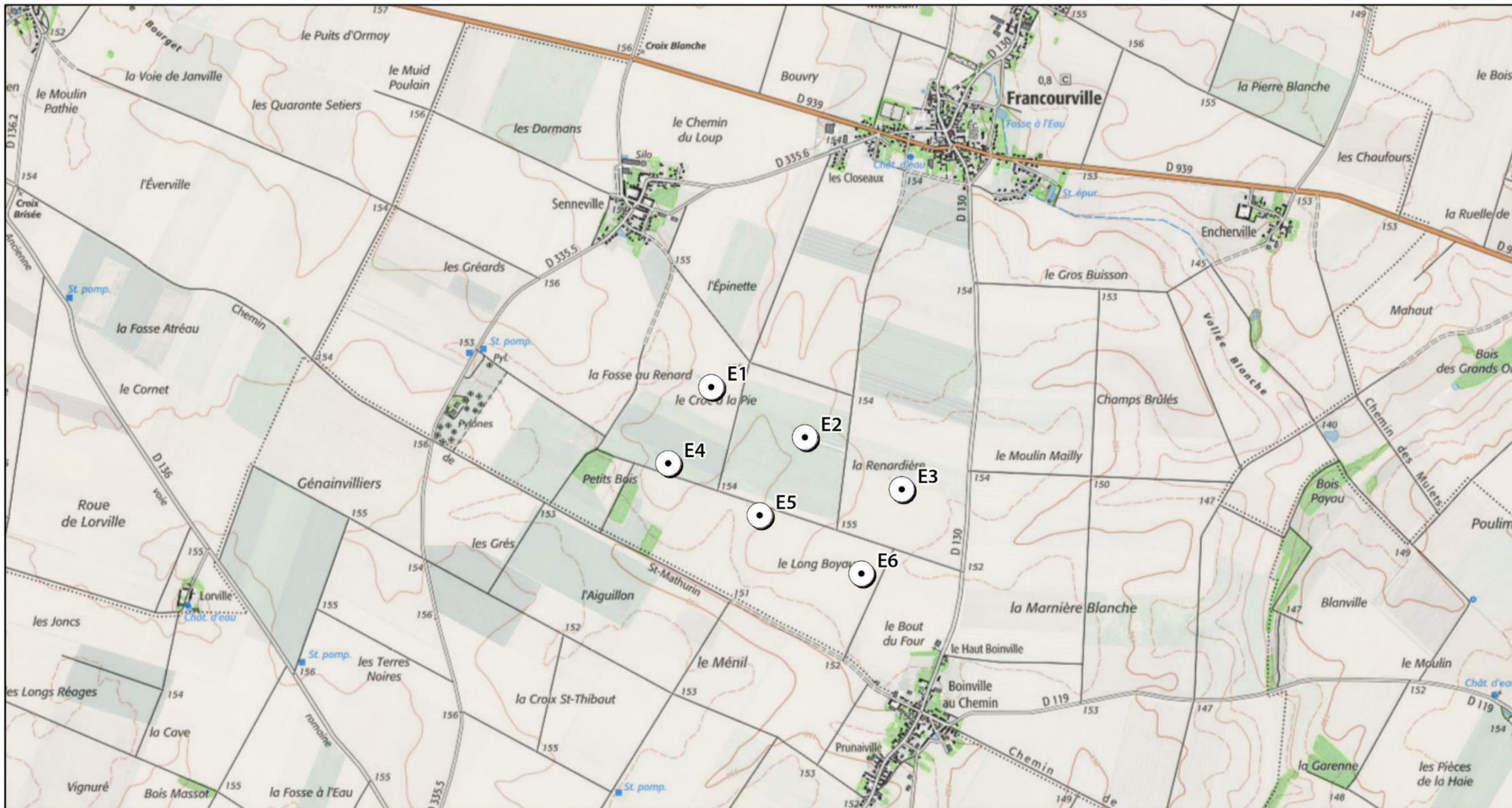
Eolienne



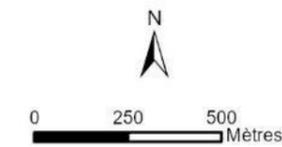
0 250 500 Mètres

Ecosphère, EDP Renewables, 2020

Source : Ecosphère, Fond Scan25 - IGN © et Fond Orthophoto - IGN ©



● Eolienne



Ecosphère, EDP Renewables, 2020
 Source : Ecosphère, Fond Scan25 - IGN ©
 et Fond Orthophoto - IGN ©

3. MÉTHODES DE TRAVAIL

3.1 SUIVI DE MORTALITÉ DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX

3.1.1 PRESSION D'ÉCHANTILLONNAGE

3.1.1.1 Éoliennes suivies

Les 6 éoliennes de chaque parc, se trouvant toutes dans un contexte agricole de cultures intensives, ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un protocole standardisé conforme au protocole ministériel de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres en vigueur depuis avril 2018.

3.1.1.2 Calendrier du suivi

Les préconisations du Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) recommandent 20 passages au minimum par éolienne par an (cf. partie 1). Ainsi, conformément à ces préconisations, **un total de 20 passages a été réalisé pour chaque éolienne. Ces passages sont répartis des semaines 20 à 43 (de mi-mai à fin octobre). Les passages ont été réalisés à raison d'1 passage tous les 7 jours, à l'exception des deux premiers espacés de 14 jours afin de couvrir l'ensemble de la période d'étude.**

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

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

La fréquence des passages a été constante au cours de l'année (**intervalle moyen entre chaque passage = 7,7 j sur la globalité du suivi**).

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

Par ailleurs, deux périodes d'études ont été définies dans le but d'affiner l'analyse et l'interprétation des résultats :

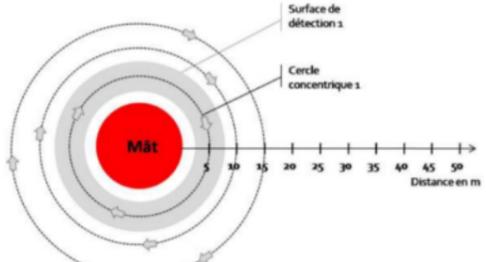
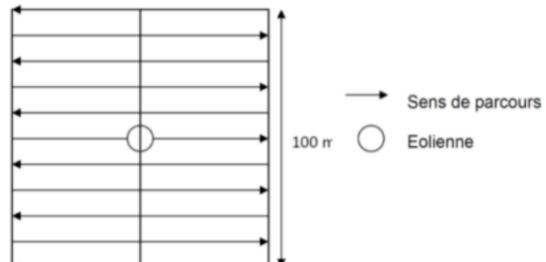
- **la période 1** : ici, de Mai à mi-Juillet. Elle correspond principalement à la période de reproduction des oiseaux et à la parturition des chauves-souris. Durant cette période, la majorité des cultures agricoles présentes sur le site d'étude sont bien développées ou à maturité, rendant les surfaces de recherche non-prospectables à 100 %. La surface moyenne prospectée sur l'ensemble du parc est donc réduite.
- **la période 2** : ici, de mi-Juillet à fin Octobre. Elle correspond principalement à la période de migration post-nuptiale et aux dispersions des jeunes. Dans le secteur d'étude les moissons ont eu lieu à la mi-juillet. Ainsi, durant cette période, la quasi-totalité des surfaces sont prospectables. La surface moyenne prospectée sur l'ensemble du parc est donc bonne.

3.1.2 RECUEIL DES DONNÉES BRUTES DE MORTALITÉ

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

3.1.2.1 Méthode pour la recherche des cadavres et surfaces prospectées

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

Technique des cercles concentriques	Technique des transects réguliers
<p>L'observateur réalisera des cercles concentriques autour des mâts à raison d'un pas de 5 mètres de rayon chacun. Le long du transect (un des cercles concentriques), cet observateur recherchera la présence de cadavre sur une largeur totale de 5 mètres, soit 2,5 mètres de part et d'autre de sa ligne de déplacement (surface de détection grisée ci-après). De la sorte, il réalisera 10 cercles concentriques pour s'éloigner au maximum de 50 mètres des mâts.</p> 	<p>L'observateur réalisera des transects le long d'un carré de 100 mètres de côté dont le centre est occupé par le mât de l'éolienne. Chaque transect sera espacé de 5 mètres ce qui permet à l'observateur de rechercher la présence de cadavre sur une largeur de 2,5 mètres de part et d'autre de sa ligne de déplacement. De la sorte, il réalisera 11 transects pour s'éloigner au maximum de 50 mètres des mâts.</p> 

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

Cette surface a été prospectée en réalisant des transects autour des mâts des éoliennes suivies. Chaque transect est espacé de 5 mètres ce qui permet à l'observateur de rechercher la présence de cadavre sur une largeur de 2,5 mètres de part et d'autre de sa ligne de déplacement. En effet, Arnett *et al.*, (2005) ont démontré que l'efficacité chute fortement au-delà d'une distance de 3 mètres. De la sorte, l'observateur a réalisé 10 transects pour s'éloigner au maximum de 50 mètres des mâts. Précisons que ces itinéraires ont été réalisés d'un pas lent et régulier pour une détectabilité optimale et au moins une heure après le lever du soleil, pour minimiser l'impact de la prédation diurne, et quand les conditions lumineuses sont suffisantes.

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

Classes de végétation relevées sur le terrain

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

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



Classe de visibilité 3 (bonne) ; plateforme (L. Boutault – Ecosphère)



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



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

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

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

3.1.2.2 Identification des espèces

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

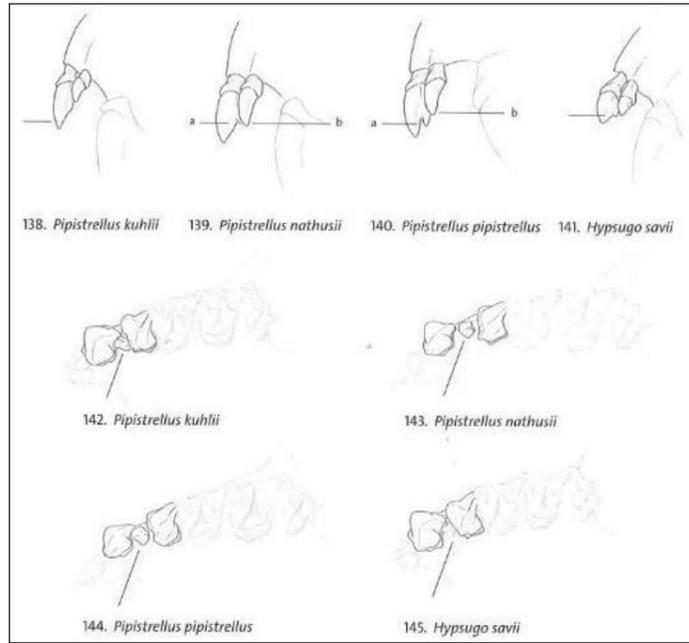
Dans ce cadre, la prise des différentes mesures biométriques nécessaires à l'identification n'est généralement possible qu'avec une manipulation du cadavre de chauve-souris, voire son prélèvement pour l'observation et les mesures de la dentition sous loupe binoculaire. S'agissant d'espèces protégées,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

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

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

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

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



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

En effet, certaines espèces, même en bon état de conservation, sont difficilement identifiables avec certitude sans la dentition, en raison d'un haut degré de variabilité intraspécifique, comme c'est tout particulièrement le cas pour le genre *Pipistrellus*. L'identification de l'espèce s'effectue en mesurant les rangées dentaires (de la canine à la 3^{ème} molaire) et la distance entre la 1^{ère} et la 3^{ème} molaire, puis en vérifiant les autres critères, discriminants (présence/absence de protoconule, de métalophe/paralophe) et distinctifs (matrice présente dans la clé des crânes, Marchesi *et al.* (2011)). **Dans le cas présent, 2 cadavres de chiroptères sur 4 retrouvés sur les parcs de Dammarie et Francourville ont pu être identifiés à l'espèce.**

Pour les oiseaux, les ouvrages suivants ont été consultés :

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

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

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

3.1.3 ESTIMATION DE LA MORTALITÉ RÉELLE À PARTIR DES DONNÉES BRUTES

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

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

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

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

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

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

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

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

3.1.3.1 Paramètres et biais pris en compte

❖ Ajustement de la surface réellement contrôlée (a)

L'une des principales difficultés consiste à corriger les données en fonction de la surface réellement prospectée par rapport à la surface théorique du protocole. Ces différences sont liées en général à la topographie et/ou à la densité de la végétation. **Le coefficient de correction surfacique renseigne alors**

sur le pourcentage de cadavres non relevés par l'observateur. Deux facteurs rendent difficiles l'appréciation :

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

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

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

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

Dans le cas de cette étude, l'utilisation des applications « EolApp »² et « GenEst³ » (détaillées ci-après) se basent sur la moyenne des surfaces prospectées durant une période considérée.

❖ Taux de persistance journalière des cadavres (p)

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

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

Le taux d'enlèvement équivaut à la proportion de dépouilles qui demeurent durant l'intervalle compris entre deux recherches (Cornut et Vincent, 2010). Des tests de disparition de cadavres peuvent ainsi être effectués sur le terrain et d'après les recommandations d'Eurobats (Rodrigues *et al.*, 2014), il faudrait procéder à des tests au moins 4 fois par an pour tenir compte des variations de hauteur de végétation dans la zone contrôlée. Idéalement, chaque test dure 10 jours consécutifs⁴.

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

Dans le cadre de cette étude, et en accord avec les recommandations du protocole de suivi environnemental, un test de persistance a été effectué à deux reprises. Le premier test a eu lieu au printemps (date de dépose des cadavres : 22/06/2020), le second en fin d'été (date de dépose des cadavres : 31/08/2020).

Le test a consisté à déposer **3 cadavres de souris, poussins ou gerbilles** fraîchement décongelés autour de **3 éoliennes sur 6** de chacun des parcs (soit 9 cadavres par session, 18 au total sur l'année pour chaque parc). Afin de mimer au mieux les conditions réelles et éviter l'ajout d'un biais supplémentaire, les souris (blanches) ont été enduites de terre pour les rendre sombres et pour qu'elles aient ainsi un aspect proche de celui des cadavres réellement trouvés au pied des éoliennes (petites chauves-souris brunes/noires, passereaux brunâtres, ...). Aussi, **les souris ont été déposées aléatoirement sur l'emprise de la surface théorique à prospecter, et réparties sur l'ensemble des types d'habitats présents.**

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



Cadavres d'une gerbille noire (gauche) et d'une souris blanche (droite) déposés pour le test de prédation (L. Boutault - Ecosphère)

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

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

⁴ Dans l'idéal, des cadavres de chauves-souris ou de petits passereaux préalablement décongelés devraient être utilisés. Pour des raisons juridiques (dérogation, espèces protégées), de commodité et d'approvisionnement, ils sont couramment remplacés par des poussins d'un jour ou des rongeurs de couleur sombre.

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

³ <https://www.usgs.gov/centers/fresc/science/a-generalized-estimator-estimating-bird-and-bat-mortality-renewable-energy>

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

L'efficacité des observateurs à détecter des cadavres a été testée à deux reprises, les 08/06 et 13/10/2020. Pour ce faire, des leurres en caoutchouc ont été déposés aléatoirement dans le périmètre prospecté en amont des recherches de mortalité, au sein des classes de végétation praticable (visibilité bonne et moyenne). **Pour chaque test, les leurres ont été déposés au pied de 3 éoliennes sur 6 pour les deux parcs, avec un total de 86 et 107 leurres déposés respectivement.** Selon le nombre de leurres artificiels retrouvés par l'observateur, le taux d'efficacité a pu être calculé par le rapport entre le nombre de leurres découverts et le nombre de leurres déposés.

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

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



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

3.1.3.2 Modèles statistiques

❖ [Modèle d'Erickson \(2000\)](#)

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

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

Avec :

- I : intervalle moyen entre deux visites (en jours)
- tm : durée moyenne de persistance (en jours)
- d : efficacité de l'observateur
- C : nombre de cadavres découverts

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

❖ [Modèle de Jones \(2009\)](#)

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

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

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

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

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

Avec :

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

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

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

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

❖ [Modèle de Huso \(2010\)](#)

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

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

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

D'où la formule :

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

Avec :

C : nombre de cadavres trouvés

a : coefficient de correction surfacique (cf. 3.1.3.1)

d : efficacité de l'observateur (cf. 3.1.3.1)

tm = durée moyenne de persistance en jours

I : Intervalle moyen entre deux visites

\hat{I} : Intervalle effectif moyen

\hat{e} : Le coefficient correcteur moyen de l'intervalle équivalent à

$$\frac{\text{Min}(I, \hat{I})}{I}$$

3.1.3.3 EolApp (Besnard & Bernard, 2018)

Les différents modèles de calculs présentés ci-dessus ont été exploités avec une application web Shiny (EolApp) faisant tourner un script R sur le serveur⁵. L'ensemble du code est dans le langage R, très utilisé aujourd'hui du fait de son caractère gratuit. Les applications ont été programmées par Aurélien Besnard et Cyril Bernard, chercheurs du Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (UMR5175 Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive, Montpellier). L'utilisation de cette application permet notamment d'éviter les éventuelles erreurs d'applications des formules.

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

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

Ce faisant, plusieurs limites d'EolApp sont à prendre en compte :

- par défaut, la correction surfacique (les zones prospectées n'étant pas toujours égales à la surface théorique du protocole) se fait sur l'ensemble des éoliennes tout au long du suivi ou une sous-période. Cela a tendance à approximer et/ou lisser la réalité de terrain ;
- aucune distinction est faite sur des groupes des cadavres basés sur leur gabarit/taille (petit VS grand a minima), que cela soit pour les cadavres comme pour les leurres ;
- les résultats du test efficacité des observateurs sont également globalisés ;

⁵ <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>

- les estimateurs utilisés se basent sur des fonctions simples ou exponentielles de la même manière sur l'ensemble des données, ce qui peut avoir tendance soit à la surestimation (Huso/Jones) soit la sous-estimation (Winkelmann/Erickson).

Le taux de persistance étant relativement court dans le cas présent (Tm = 5,6 jours, cf. partie Résultats 4.2.1), l'estimateur développé par Erickson ne sera pas retenu pour les analyses. **L'évaluation des impacts se basera sur les estimations obtenues à partir des modèles de Jones et Huso.**

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	10.24	3.76	19.31	5.73	15.79
Huso	21.66	8.06	40.91	12.12	33.37
Winkelmann	16.07	6.02	30.36	8.93	24.76
Jones	22.03	8.19	41.59	12.33	33.93

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

3.1.3.4 GENEST : estimateur international standardisé

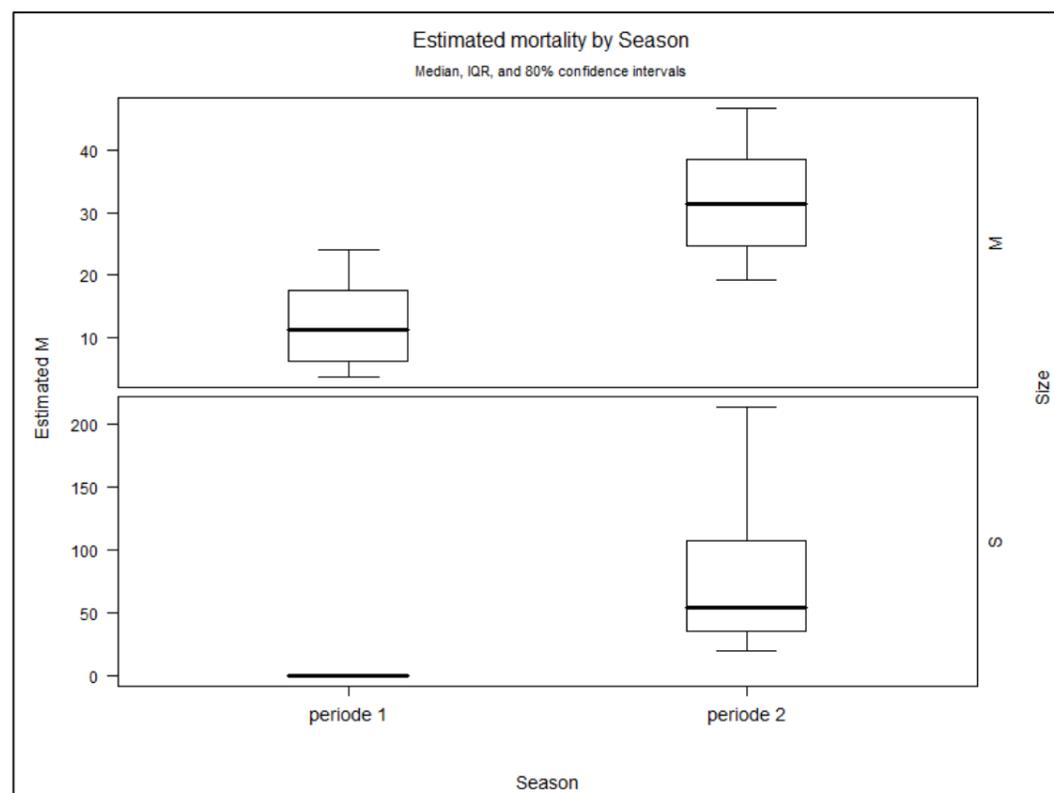
Plus récemment, les spécialistes internationaux que sont **Huso & Dalthorp (USGS) et Korner-Nievergelt (Oikostat)**, **trois auteurs cités dans le protocole national 2018**, se sont associés avec d'autres pour mettre à disposition gratuitement une solution informatique (« package ») fonctionnant sous le logiciel⁶ open source R nommée « **GenEst** »⁷. Celle-ci permet d'imbriquer les différents paramètres pour modéliser finement la mortalité (persistance des cadavres, efficacité de la détection, correction surfacique) et **fournir des estimations ajustées selon les variables prises en compte (taille des cadavres, période de l'année, distinction oiseaux / chauves-souris...)**.

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

⁶ <https://www.r-project.org/>

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

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



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

3.2 MÉTHODE D'ÉVALUATION DES ESPÈCES FRÉQUENTANT LE PARC

3.2.1 ÉVALUATION DE L'ENJEU DE CONSERVATION DES ESPÈCES

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Définition de la sensibilité à l'éolien chez les oiseaux

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Trois niveaux de portée sont définis :

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

3.2.4 ÉVALUATION DES IMPACTS

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

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

Définition des niveaux d'intensité de l'effet négatif

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

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



Définition des niveaux d'impacts

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

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

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

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

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

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

4. RÉSULTATS DU SUIVI DE MORTALITÉ

4.1 RÉSULTATS BRUTS

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

Sur les 12 éoliennes des parcs de Dammarie et Francourville et dans un rayon de 50 m autour des mâts, un total de **15 cadavres** a été découvert, dont **11 oiseaux** et **4 chiroptères**.

Trois cadavres d'oiseaux supplémentaires ont été trouvés sur le parc de Dammarie lors du premier passage sur site en mai 2020. Il s'agit d'un Faisan de Colchide, d'un columbidé et d'une Bergeronnette grise. Tous trois étaient dans un état de décomposition avancé voir secs. L'examen de ces cadavres n'a pas permis de lier la cause de la mort avec une collision avec les pales, d'autres hypothèses étant plus privilégiées (chasse, prédation, collision routière). Ils n'ont donc pas été pris en compte dans les calculs d'estimation de la mortalité.

A noter également l'observation d'un cadavre d'un adulte mâle de Busard Saint-Martin proche de E5 du parc de Dammarie le 27 juillet 2020. Après inspection du cadavre, la collision avec les pales des éoliennes a été exclue (pas d'aile brisée, fracturée ou autre coup apparent). D'autres hypothèses sur la cause de la mort peuvent être envisagées (prédation, empoisonnement, braconnage...).

4.1.1 RÉPARTITION SPATIALE

Voir la carte « Localisation des cadavres ».

Les cadavres découverts sur le parc de Dammarie sont distribués de manière relativement homogène entre les éoliennes, avec 0 à 2 découvertes par éolienne pour l'ensemble de la période de suivi. Sur le parc de Francourville, entre 0 à 2 cadavres ont aussi été découverts par éolienne, à l'exception de l'éolienne 5 cumulant un total de 4 cadavres.

Cette homogénéité met en valeur des conditions locales elles aussi homogènes sur les parcs, avec une topographie et un contexte local similaires entre les différentes machines.

Répartition des cadavres découverts en 2020 (n = 6) sur le parc éolien de Dammarie

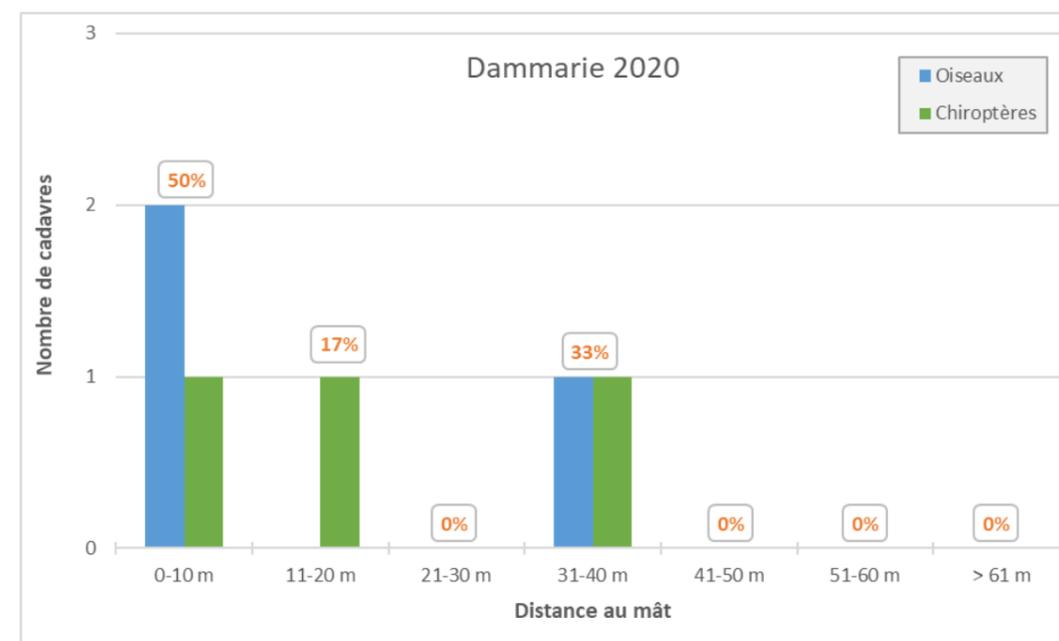
Éolienne n°	Surface prospectée (moyenne sur les 20 passages)	Nombre de cadavres découverts	chiroptères	oiseaux
1	74%	2	0	2
2	82%	0	0	0
3	79%	2	1	1
4	79%	0	0	0
5	79%	1	1	0
6	14%	1	1	0
TOTAL		6	3	3

Répartition des cadavres découverts en 2020 (n = 9) sur le parc éolien de Francourville

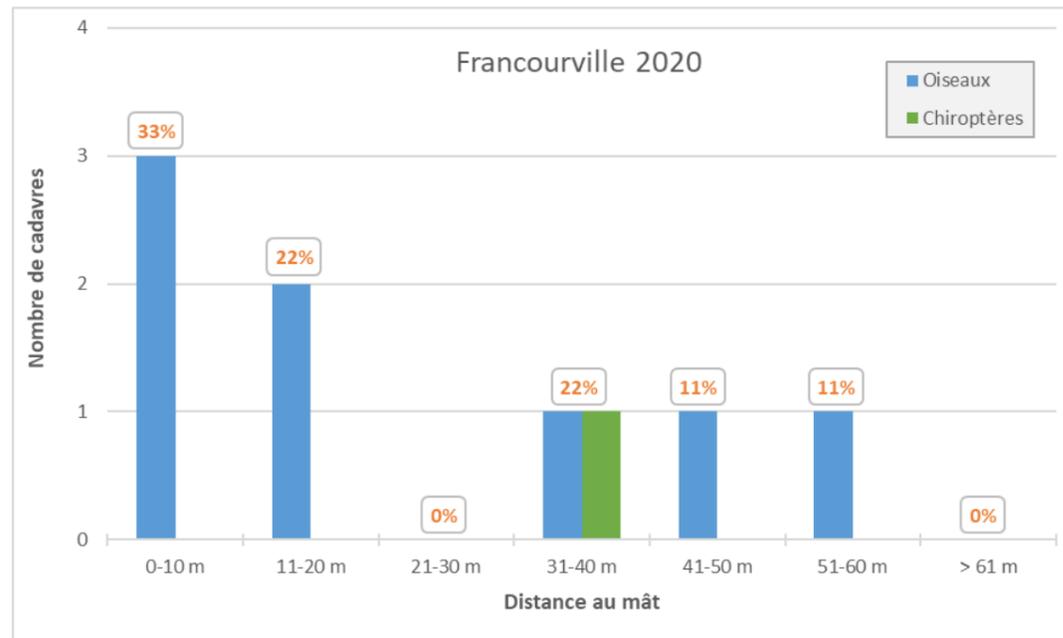
Éolienne n°	Surface prospectée (moyenne sur les 20 passages)	Nombre de cadavres découverts	chiroptères	oiseaux
1	74%	2	1	1
2	36%	0	0	0
3	79%	1	0	1
4	76%	1	0	1
5	84%	4	0	4
6	54%	1	0	1
TOTAL		9	1	8

Par rapport à la distance au mât, l'ensemble des cas de mortalité sont globalement répartis sur l'ensemble de la zone de recherche. 40 % des cadavres ont été découverts dans les 10 premiers mètres autour du mât, soit 6 individus sur 15 au total pour les deux parcs. Le reste des cadavres est réparti entre 10 et 60 m, avec 0 à 2 cadavres par classe de distance. Un cas de mortalité a été trouvé au-delà des 50 m de prospection théorique ; il s'agit d'un Martinet noir localisé à 53 m du mât sur le parc de Francourville. Il a été conservé dans les analyses car une collision avec les pales s'avère la seule cause de la mort possible. Les cadavres de chiroptères ont été découverts entre 5 et 40 m.

Ces résultats sont néanmoins quelque peu biaisés du fait qu'une majeure partie des surfaces n'a pu être prospectée lors des passages réalisés avant la mi-juillet (fin des moissons).



Nombre de cadavres découverts et pourcentage correspondant par rapport à la mortalité totale en fonction de la distance au mât -Parc de Dammarie (n total = 6)



Nombre de cadavres découverts et pourcentage correspondant par rapport à la mortalité totale en fonction de la distance au mât -Parc de Francourville (n total = 9)

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

4.1.2 RÉPARTITION TEMPORELLE ET ESPÈCES CONCERNÉES

La mortalité n'est pas répartie de manière régulière au cours de la période de suivi comme le montrent les tableaux et les figures suivants. Les taux de surface prospectée inférieurs à 50 % pour les passages réalisés avant la mi-juillet biaisent quelque peu néanmoins l'interprétation de ces données brutes.

Répartition temporelle de la mortalité (n = 6) sur le parc de Dammarie

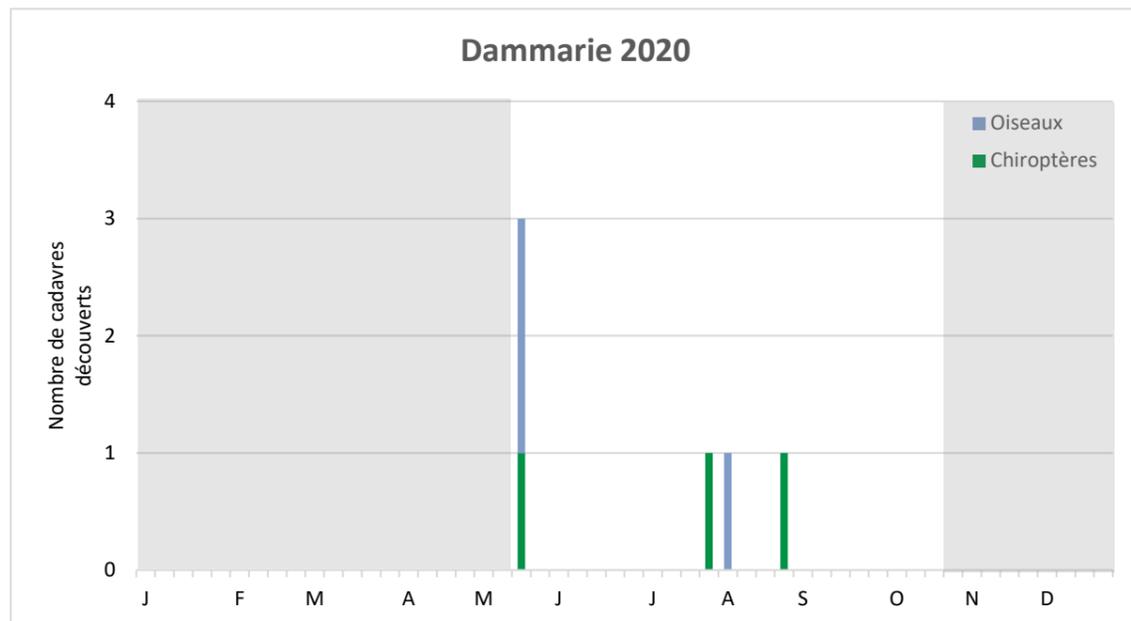
Date	Chiroptères	Oiseaux	Total	Surface prospectée (moyenne des 6 éoliennes)
25/05/2020	1	2	3	15%
08/06/2020	0	0	0	12%
22/06/2020	0	0	0	15%
30/06/2020	0	0	0	29%
06/07/2020	0	0	0	71%
15/07/2020	0	0	0	71%
20/07/2020	0	0	0	71%
27/07/2020	1	0	1	71%
03/08/2020	0	1	1	71%
10/08/2020	0	0	0	71%
17/08/2020	0	0	0	71%
25/08/2020	1	0	1	86%
31/08/2020	0	0	0	86%

Date	Chiroptères	Oiseaux	Total	Surface prospectée (moyenne des 6 éoliennes)
07/09/2020	0	0	0	
15/09/2020	0	0	0	
22/09/2020	0	0	0	
29/09/2020	0	0	0	
05/10/2020	0	0	0	
13/10/2020	0	0	0	
19/10/2020	0	0	0	

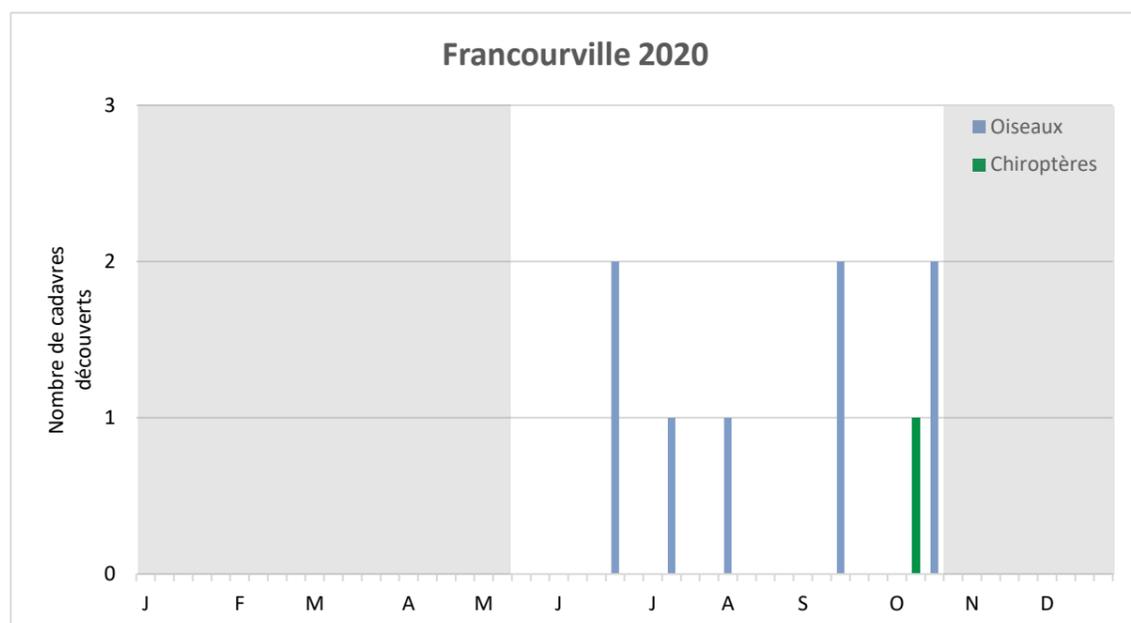
Répartition temporelle de la mortalité (n = 9) sur le parc de Francourville

Date	Chiroptères	Oiseaux	Total	Surface prospectée (moyenne des 6 éoliennes)
26/05/2020	0	0	0	
08/06/2020	0	0	0	38%
22/06/2020	0	2	2	30%
30/06/2020	0	0	0	
06/07/2020	0	0	0	33%
15/07/2020	0	1	1	47%
21/07/2020	0	0	0	71%
27/07/2020	0	0	0	71%
03/08/2020	0	1	1	71%
10/08/2020	0	0	0	71%
17/08/2020	0	0	0	71%
25/08/2020	0	0	0	71%
31/08/2020	0	0	0	71%
08/09/2020	0	0	0	71%
14/09/2020	0	2	2	71%
21/09/2020	0	0	0	71%
28/09/2020	0	0	0	71%
06/10/2020	0	0	0	71%
13/10/2020	1	0	1	91%
19/10/2020	0	2	2	99%





Répartition temporelle annuelle de la mortalité (n = 6) sur le parc de Dammarie en 2020
(les zones grisées correspondent aux mois non couverts par le suivi)

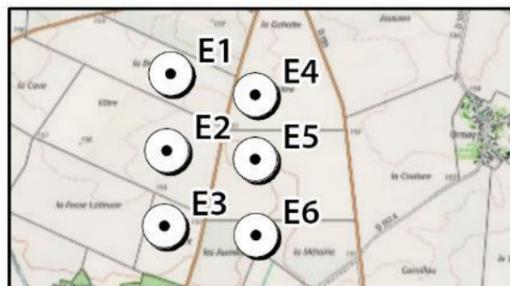
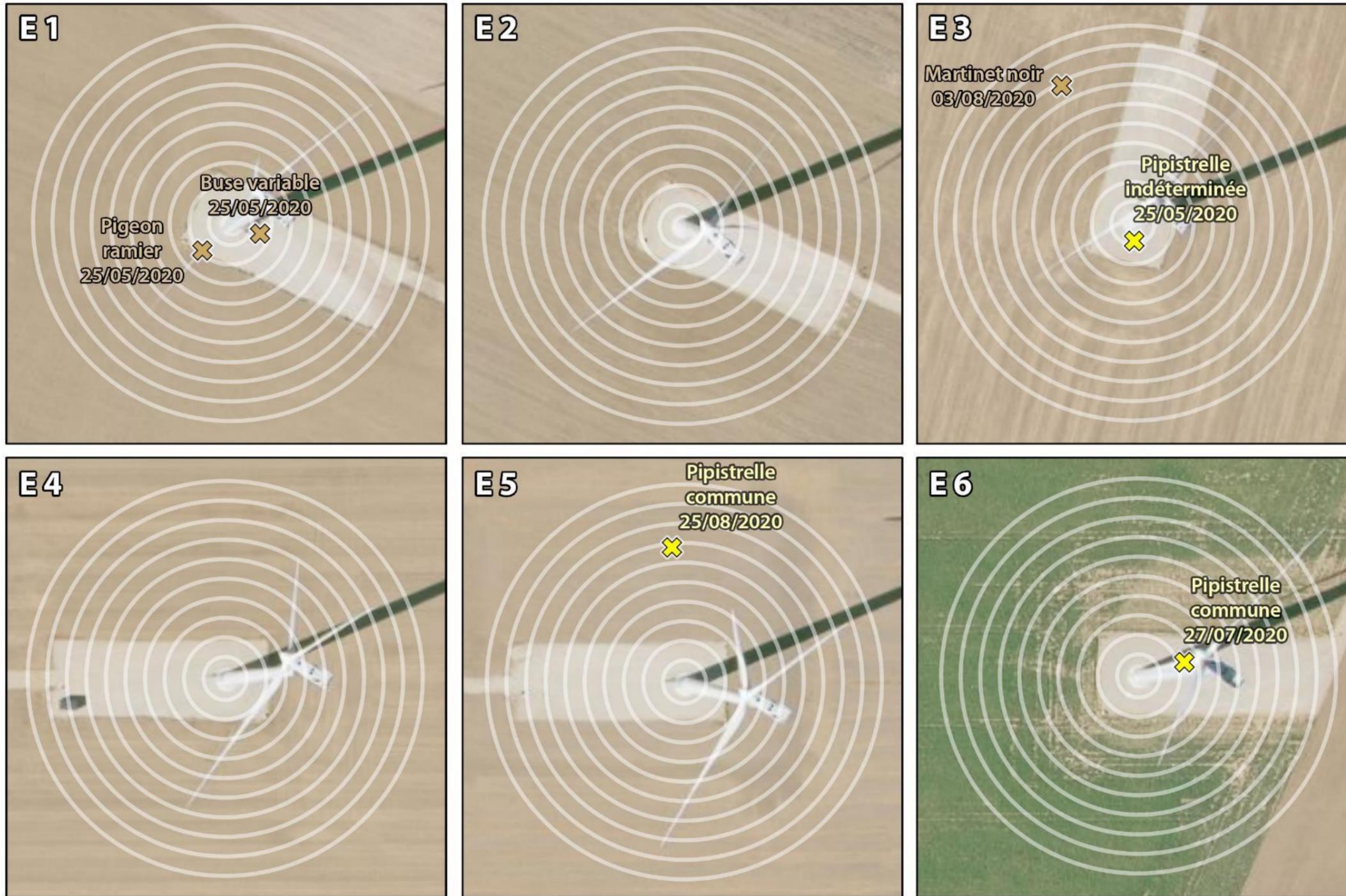


Répartition temporelle annuelle de la mortalité (n = 9) sur le parc de Francourville en 2020
(les zones grisées correspondent aux mois non couverts par le suivi)

A l'exception des cas découverts en début de suivi sur le parc de Dammarie et des oiseaux découverts au mois de juin, ces cas de mortalité correspondent principalement à des individus migrateurs. Pour les chiroptères, les individus identifiés étant des Pipistrelles communes, ils sont considérés comme issus des populations locales.

Encore une fois, la surface réellement prospectée était plus faible en début de suivi (avant mi-juillet), ce qui limite de facto la découverte de cadavres.

Les cadavres ont été trouvés sur l'ensemble du suivi, entre le 25 mai et le 19 octobre 2020. Concernant le parc de Dammarie, les cas de mortalité ont eu lieu soit avant le début du suivi et découverts lors du premier passage, soit vers la fin juillet et août. Concernant le parc de Francourville, les cas de mortalité sont étalés sur l'été et l'automne, avec des cas découverts entre le 22 juin et le 19 octobre 2020.



● Eolienne

Cadavre

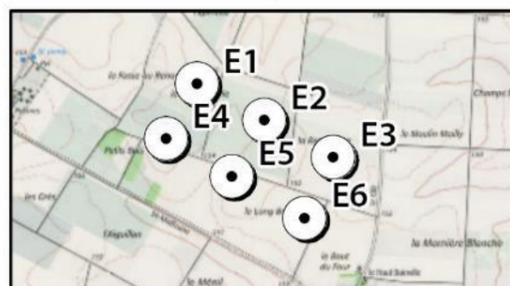
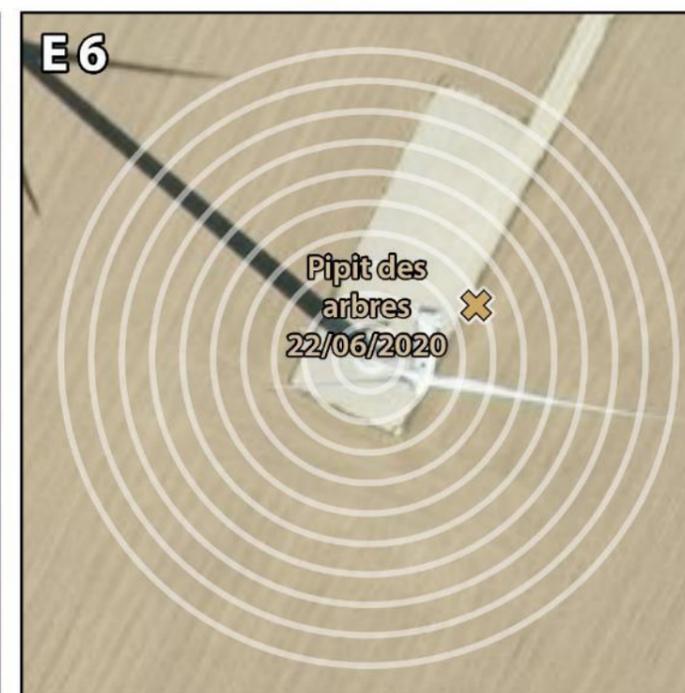
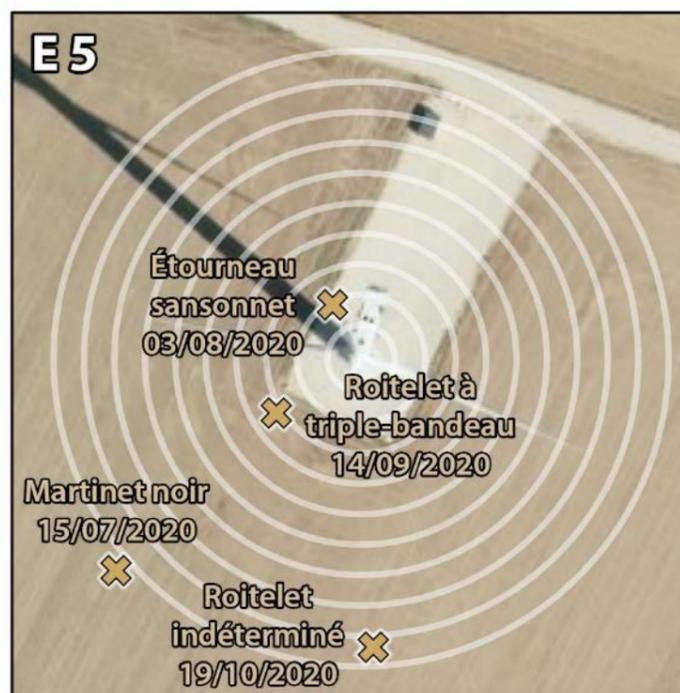
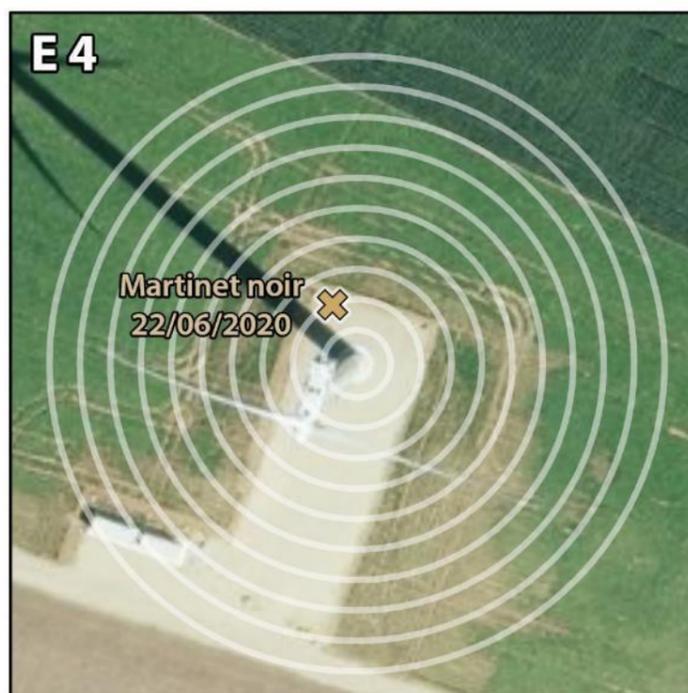
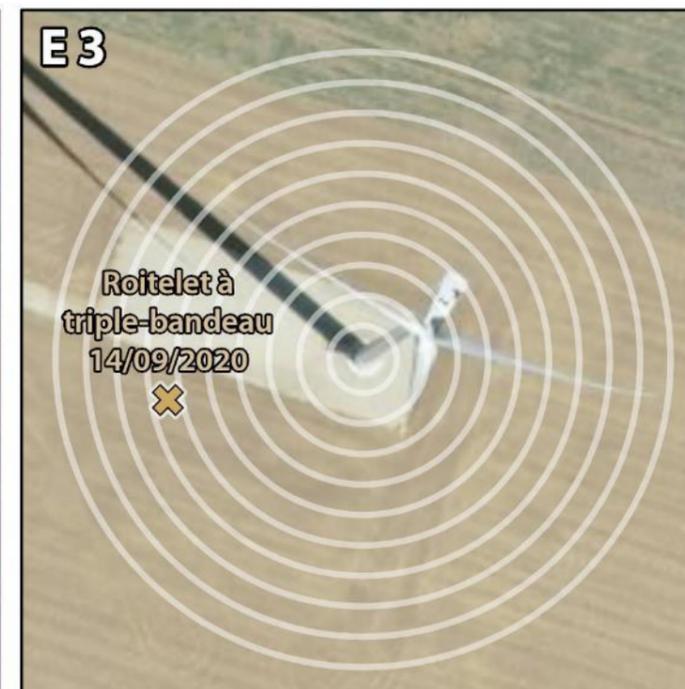
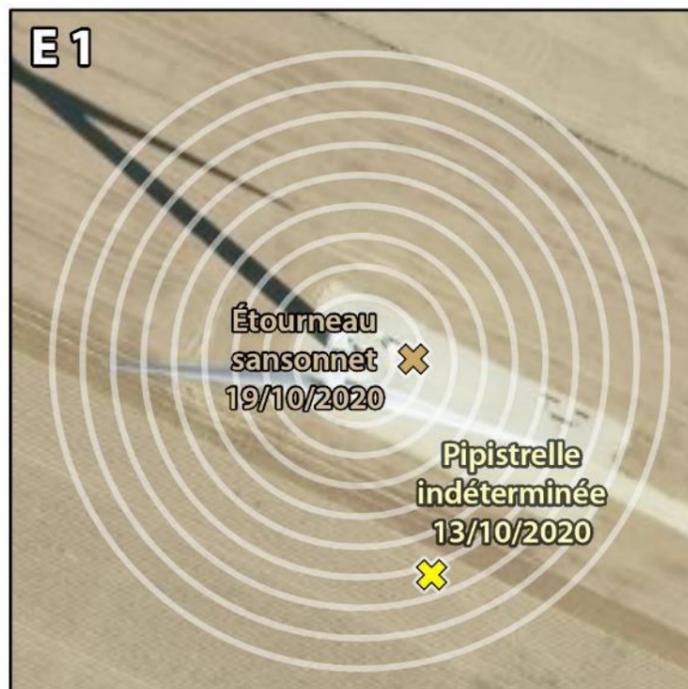
✕ Chiroptère

✕ Oiseau



0 500 1 000 Mètres

Écosphère, EDP Renewables, 2020
 Source : Écosphère, Fond Scan25 - IGN © et Fond Orthophoto - IGN ©



● Eolienne

Cadavre

✕ Chiroptère

✕ Oiseau



0 500 1 000 Mètres

Ecosphère, EDP Renewables, 2020

Source : Ecosphère, Fond Scan25 - IGN © et Fond Orthophoto - IGN ©

4.2 VARIABLES SERVANT À L'ESTIMATION DE LA MORTALITÉ RÉELLE

4.2.1 PERSISTANCE DES CADAVRES (VARIABLE P)

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

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

Taux de persistance des leurres déposés au pied des éoliennes.

22/06/2020	p J+1	Tm j+3	p j+3	Tm j+7	p j+7	Tm j+10	p j+10	Tm j+14	p j+14
Dam-E1 (3 leurres)	1,00	2,00	0,33	4,33	0,33	7,67	0,33	12,33	0,33
Dam-E2 (3 leurres)	1,00	4,00	1,00	4,00	0,00	4,00	0,00	4,00	0,00
Dam-E6 (3 leurres)	0,33	1,33	0,33	1,33	0,00	1,33	0,00	1,33	0,00
Franc-E2 (3 leurres)	1,00	4,00	1,00	8,67	0,67	15,33	0,67	24,67	0,67
Franc-E4 (3 leurres)	0,33	1,33	0,33	3,67	0,33	7,00	0,33	11,67	0,33
Franc-E6 (3 leurres)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

31/08/2020	p J+1	Tm j+3	p j+3	Tm j+7	p j+7	Tm j+10	p j+10	Tm j+14	p j+14
Dam-E2 (3 leurres)	1,00	4,00	1,00	8,67	0,67	8,67	0,00	8,67	0,00
Dam-E3 (3 leurres)	0,67	1,67	0,33	4,00	0,33	7,33	0,33	12,00	0,33
Dam-E4 (3 leurres)	1,00	4,00	1,00	11,00	1,00	17,67	0,67	27,00	0,67
Franc-E1 (3 leurres)	1,00	2,00	0,33	4,33	0,33	7,67	0,33	12,33	0,33
Franc-E5 (3 leurres)	0,33	0,33	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00
Franc-E6 (3 leurres)	0,33	0,33	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00	0,33	0,00

Moyenne Dammarie (18 leurres)	P1	2,44	0,56	3,22	0,11	4,33	0,11
	P2	3,22	0,78	7,89	0,67	11,22	0,33
	moyenne	2,83	0,67	5,56	0,39	7,78	0,22

Moyenne Francourville (18 leurres)	P1	1,78	0,44	4,11	0,33	7,44	0,33
	P2	0,89	0,11	1,67	0,11	2,78	0,11
	moyenne	1,33	0,28	2,89	0,22	5,11	0,22

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

Il a été décidé de considérer des valeurs de Tm et de p communes aux 6 éoliennes et pour l'ensemble de la période de suivi car :

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

Dans le cadre de ce suivi, les valeurs moyennes de persistance des cadavres « non naturels » à j+7 sont :

- Temps moyen de persistance (Tm) = 5,6 j pour Dammarie et 2,9 j pour Francourville
- Taux de persistance (p) = 39 % pour Dammarie et 22 % pour Francourville

Les résultats des tests de persistance ont également été implémentés dans l'application GenEst, en indiquant pour chaque faux-cadavre utilisé le dernier jour d'observation et le premier jour où il a été noté disparu/prédaté. Le taux de persistance a ensuite été modélisé à partir de modèles statistiques dits d'« analyse de survie » et basés sur la méthode du maximum de vraisemblance¹¹. La variable « Période » a été considérée et retenue comme variable influençant le taux de persistance dans le cas des parcs de Dammarie et Francourville. Ces estimations sont ensuite utilisées par l'application pour les calculs de la mortalité réelle.

4.2.2 DÉTECTABILITÉ (OU EFFICACITÉ DE L'OBSERVATEUR) (VARIABLE D)

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

Dans des conditions normales de recherche, 166 leurres ont été retrouvés par les observateurs sur les 193 disposés en deux sessions au sein des différents types de végétation.

De la même manière que pour le taux de persistance, ces résultats bruts sont implémentés dans GenEst. L'application permet une estimation de l'efficacité de l'observateur, celle-ci étant fonction de deux paramètres : la probabilité de détection d'un cadavre au premier passage suivant son arrivée, et *k* le facteur décrivant comment cette efficacité change au cours du temps en fonction de l'état d'avancement du cadavre.

Une valeur de *k* = 0 affirme que les carcasses qui sont manquées lors de la première recherche ne peuvent pas être redécouvertes lors d'une recherche ultérieure pour un même test, et *k* = 1 signifie que l'efficacité reste constante quel que soit l'âge de la carcasse et le nombre de fois qu'une carcasse a été manquée dans les recherches précédentes. Dans le cas présent, ***k* est fixé à 0,75**, valeur intermédiaire permettant de prendre en compte une baisse potentielle de la probabilité de détection plus un cadavre est ancien et donc dégradé.

L'efficacité de l'observateur a été modélisée pour chaque période et pour les deux niveaux de visibilité prospectés. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

¹¹ <https://doi.org/10.3133/tm7A2>

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

Estimation de l'efficacité observateur	Niveau de visibilité	Période 1			Période 2		
		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
Dammarie	Bonne	0,93	0,88	0,96	0,86	0,82	0,90
	Moyenne	0,72	0,59	0,82	0,64	0,47	0,79
Francourville	Bonne	0,96	0,91	0,98	0,87	0,82	0,91
	Moyenne	0,65	0,51	0,77	0,56	0,35	0,75

L'efficacité de l'observateur est ainsi similaire sur les deux parcs selon la période et la classe de visibilité. Elle varie de 0,86 à 0,96 pour une visibilité « bonne », et de 0,56 à 0,72 pour une visibilité « moyenne ».

En moyenne sur les deux parcs, il en ressort un **taux d'efficacité (ou de détection) de 0,91 pour une visibilité dite « bonne », et de 0,64 pour une visibilité dite « moyenne »**. Lorsque la visibilité est nulle (parcelle impraticable par exemple), le taux appliqué est de 0.

Le taux moyen de détection en associant les deux classes de visibilité prospectée est donc de 78 %.

4.2.3 AJUSTEMENT DE LA SURFACE RÉELLEMENT CONTRÔLÉE (VARIABLE A)

Les surfaces de prospection étant variables selon la période de l'année, les coefficients ont été calculés sur deux périodes principales ; elles-mêmes décomposées en « temps » présentés en annexe 2. En effet, la surface moyenne prospectée varie fortement entre la période 1 et la période 2. Ceci est lié à l'occupation du sol et à la présence de cultures agricoles. Celles-ci, en majorité des cultures céréalières, n'étaient pas prospectables jusqu'à la mi-juillet, à savoir avant les moissons.

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

Surface moyenne prospectée (%) par éolienne et par période sur les parcs de Dammarie et Francourville en 2020

Éolienne	Surface moyenne prospectée (%)			
	Dammarie		Francourville	
	Période 1	Période 2	Période 1	Période 2
E1	14 %	100 %	13 %	100%
E2	41 %	100 %	58 %	27 %
E3	30 %	100 %	30 %	100 %
E4	30 %	100 %	19 %	100 %
E5	29 %	100 %	55 %	96 %
E6	12 %	15 %	41 %	59 %
Moyenne sur l'ensemble du parc :	26 %	86 %	36 %	80 %

Ainsi, **l'ensemble de ces surfaces moyennes prospectées par éolienne ont été utilisées pour les estimations par période avec l'application GenEst**. La proportion de surface prospectée moyenne, telle que demandée par l'application EolApp pour l'utilisation des formules d'Erickson, Huso et Jones, est celle moyennée sur l'ensemble des parcs, à savoir 26 % et 86 % pour Dammarie, et 36 % et 80 % pour Francourville.

4.2.4 CORRECTIF LIÉ À LA PÉRIODE D'ÉTUDE

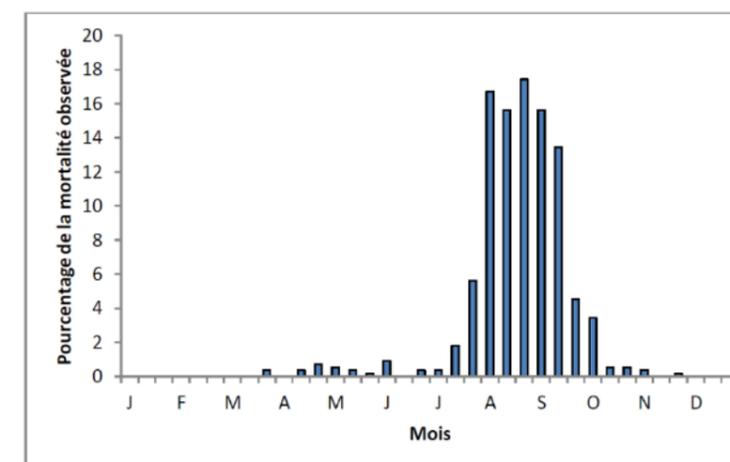
Les estimations de la mortalité ont été réalisées sur la base des **20 passages compris entre le 25/05 et le 19/10/2020 pour l'ensemble des éoliennes**. Cette période correspond à la période principale d'activité pour les chauves-souris et, pour les oiseaux, couvre une partie des migrations pré et postnuptiale, et toute la période de reproduction. Toutefois, des cas de mortalité se produisent également en dehors de cette période, notamment pour les oiseaux, actifs toute l'année.

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

Répartition annuelle de la mortalité chiroptérologique selon différentes sources bibliographiques

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

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

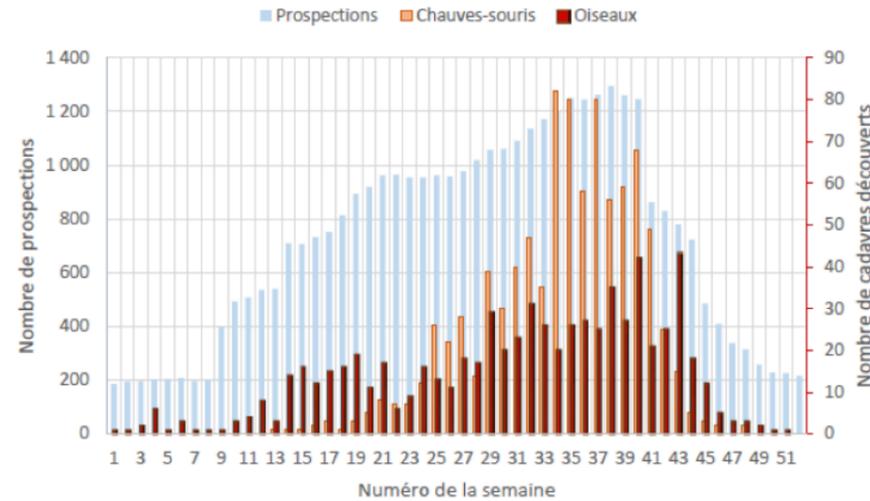


Répartition temporelle des cadavres de chauves-souris récoltés (données Dürr, 2007, in Jones & al., 2009 ; graphique Heitz & Jung, 2017)

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

Semaine de découverte des cadavres

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



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

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

Répartition temporelle de la mortalité selon la bibliographie (1^{ère} colonne) et des cadavres découverts sur les parcs de Dammarie (2^{nde} colonne) et Francourville (3^{ème} colonne) en 2020

Pourcentage de mortalité (toutes espèces)	Chiroptères		Oiseaux			
Mi-mai à juillet (semaines 20 à 30) => période de reproduction	20 %	1 cadavre	Aucun cadavre	23 %	2 cadavres	3 cadavres
Août à octobre (semaines 31 à 43) => migration postnuptiale, mouvements locaux	75 %	2 cadavres	1 cadavre	52 %	1 cadavre	5 cadavres
Reste de l'année	5 %	NA		25 %		NA

Ainsi, sur la base des données bibliographiques et les résultats recueillis en 2020, les suivis réalisés sur les parcs de Dammarie et Francourville couvrent une période correspondant théoriquement à :

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

Ces coefficients correcteurs ont donc été appliqués afin d'exprimer les estimations par année, correspondant ainsi à un cycle normal de la plupart des espèces susceptibles d'être impactées. **Les résultats obtenus par an ne sont par contre que des estimations grossières basées sur des données nationales qui ne reflètent pas systématiquement la réalité locale ou régionale.**

4.3 ESTIMATION DE LA MORTALITÉ RÉELLE

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

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

En outre, ces deux applications EolApp et GenEst permettent d'obtenir un résultat encadré par un **intervalle de confiance de 80 % (bornes à 10 % et 90 %)**.

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

Récapitulatif des différents paramètres généraux pris en compte pour les estimations

Paramètres	Dammarie	Francourville
Période du suivi	mi-Mai – fin Octobre 2020	
Nbre d'éoliennes suivies	6	
C (nombre de cadavres brut découverts sous les éoliennes dans un rayon de 50 m)	6	9
d (taux de détection moyen sur l'ensemble du suivi)	0,78	0,78
p brut (taux de persistance moyen durant l'intervalle)	0,39	0,22
Tm (durée moyenne de persistance durant l'intervalle)	5,6 jours	2,9 jours
I (intervalle moyen entre 2 visites)	7,7 jours	7,7 jours
n (nombre de passage)	20	20
Sk (surface prospectée moyenne sur l'ensemble du suivi)	68 %	67 %

4.3.1 ESTIMATIONS DE LA MORTALITÉ SUR L'ENSEMBLE DES PARCS AVEC EOLAPP

Les tableaux suivants présentent les résultats des estimations de la mortalité réelle pour l'ensemble des deux parcs (6 éoliennes chacun, du 25 mai - 19 octobre 2020) décomposés en deux périodes principales (avant et après le 15 juillet dans le cas présent).

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

Résultats des estimations de la mortalité réelle pour les 3 modèles et obtenues avec l'application EolApp – Parc de Dammarie

Dammarie	EolApp	Erikson			Huso			Jones		
	(test non-paramétrique)	Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
Période 1 (mi-mai à mi-juillet)	Chiroptères	12,8	0	38,7	13,6	0	44,8	18,8	0	112,2
	Oiseaux	25,7	0	76,3	27,2	0	88,4	37,1	0	201,1
Période 2 (mi-juillet à fin octobre)	Chiroptères	2,4	0	5,2	4,2	0	8,2	4,3	0	8,6
	Oiseaux	1,2	0	3,2	2,1	0	4,9	2,1	0	5,2

Pour le parc de Dammarie, les estimations d'Huso donnent une valeur médiane de la mortalité d'environ **18 chiroptères et 30 oiseaux impactés sur l'ensemble du parc sur l'ensemble du suivi** (mi-mai à fin octobre, sur 20 passages), **soit une médiane totale de 48 cadavres**.

Résultats des estimations de la mortalité réelle pour les 3 modèles et obtenues avec l'application EolApp – Parc de Francourville

Francourville	EolApp	Erikson			Huso			Jones		
	(test non-paramétrique)	Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]	
Période 1 (mi-mai à mi-juillet)	Chiroptères	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Oiseaux	17,2	4,1	45,0	20,8	5,6	49,0	24,3	6,0	65,6
Période 2 (mi-juillet à fin octobre)	Chiroptères	4,5	0	18,3	4,8	0	39,6	6,7	0	377,1
	Oiseaux	27,4	6,5	89,1	27,8	8,8	183,0	28,3	7,6	407,1

Pour le parc de Francourville, les estimations d'Huso donnent une valeur médiane de la mortalité d'environ **5 chiroptères et 49 oiseaux impactés sur l'ensemble du parc pour la période de suivi** (mai - octobre, sur 20 passages), **soit une médiane totale de 54 cadavres**.

Les faibles mortalités brutes expliquent notamment les grands intervalles de confiance obtenus à 80 % de probabilité seulement. La persistance courte à Francourville en période 2 (0,22 à j+7) y contribue également. Une intégration détaillée des variables dans les modélisations peut permettre d'affiner ces estimations, et ainsi les rendre plus justes.

4.3.2 ESTIMATIONS DE LA MORTALITÉ SUR L'ENSEMBLE DES PARCS AVEC GENEST

Les tableaux suivants présentent les résultats des estimations de la mortalité réelle pour les deux parcs (6 éoliennes chacun du 25 mai au 19 octobre 2020) obtenus à partir des modélisations faites avec GenEst (Huso & Dalthorp). En annexe 5, est précisé le détail des choix retenus pour les modélisations opérées par GenEst afin d'ajuster au mieux les estimations aux jeux de données bruts des deux parcs.

Résultats des estimations de la mortalité réelle obtenus avec GenEst

GenEst	Mortalité brute (P1 - P2)	Période 1			Période 2			
		Médiane	[IC 10 - 90%]		Médiane	[IC 10 - 90%]		
Dammarie	Chiroptères	(1 - 2)	5,3	1,0	13,5	9,7	2,0	21,4
	Oiseaux	(2 - 1)	22,3	2,0	50	1,5	1,0	2,0
Francourville	Chiroptères	(0 - 1)	0	0	0	4,2	1,0	10,8
	Oiseaux	(3 - 5)	21,3	5,6	50,8	19,4	9,9	37,9

Les analyses réalisées avec GenEst donnent des résultats plus fins dont les intervalles de confiance sont plus resserrés et réalistes.

Pour le parc de Dammarie, les estimations de la mortalité réelle avec GenEst donnent une valeur médiane de la mortalité d'environ **5 chiroptères en première période [IC80% : 1 - 13,5] et 10 en seconde période [IC80% : 2 - 21,4]**, tandis qu'elle est vraisemblablement bien plus élevée pour les oiseaux en première période avec **22 cadavres [IC80% : 2 - 50 %]**, contre seulement 2 en seconde période [IC80% : 1 - 2].

Pour le parc de Francourville, les estimations de la mortalité réelle avec GenEst donnent une valeur médiane de la mortalité d'environ **4 chiroptères [IC80% : 1 - 11] uniquement pour la seconde période (pas d'estimation possible à partir de 0 cadavres trouvés en période 1) ; et de même ordre de grandeur sur les deux périodes pour les oiseaux, avec 21 cadavres en période 1 [IC80% : 5- 51] et 19 cadavres en période 2 [IC80% : 10 - 38]**.

4.3.3 CORRECTION ANNUELLE DES ESTIMATIONS PAR RAPPORT À LA PÉRIODE SUIVIE

Comme expliqué au paragraphe précédent, une correction est appliquée afin d'obtenir une estimation de la mortalité réelle engendrée sur la totalité de l'année (+ 5 % pour les chiroptères, + 25 % pour les oiseaux, cf. 4.2.4). Les résultats sont présentés dans les tableaux suivants.

Résultats des estimations de la mortalité réelle avec correction annuelle liée à la période non suivie pour le parc de Dammarie

Dammarie	Mortalité estimée sur les deux périodes avec GenEst (médiane)	Couverture temporelle de la mortalité	Correction annuelle	Mortalité corrigée sur l'année (valeur médiane)	Mortalité moyenne par éolienne par an
Chiroptères	15	95 %	+ 5 %	15,8	2,6
Oiseaux	24	75 %	+ 25 %	32	5,3

Résultats des estimations de la mortalité réelle avec correction annuelle liée à la période non suivie pour le parc de Francourville

Francourville	Mortalité estimée sur les deux périodes avec GenEst (médiane)	Couverture temporelle de la mortalité	Correction annuelle	Mortalité corrigée sur l'année (valeur médiane)	Mortalité moyenne par éolienne par an
Chiroptères	4	95 %	+ 5 %	4,2	0,7
Oiseaux	41	75 %	+ 25 %	54,7	9,1

4.3.4 CONCLUSIONS SUR LES ESTIMATIONS DE LA MORTALITÉ RÉELLE

A partir des valeurs médianes obtenues avec l'outil d'estimation « GenEst », la mortalité engendrée sur **le parc de Dammarie** est estimée à environ **15 chiroptères et 24 oiseaux** (sur l'ensemble du parc pour la période de suivi (mai - octobre)). En appliquant une correction liée à la période non suivie (+ 5 % pour les chiroptères, + 25 % pour les oiseaux), la mortalité atteint des médianes de **16 chiroptères et 32 oiseaux respectivement**. **Ces derniers sont possiblement plus impactés en période de reproduction (avant mi-juillet).**

La mortalité moyenne engendrée sur **le parc de Francourville** est estimée à environ seulement **4 chiroptères contre 41 oiseaux** sur l'ensemble du parc pour la période de suivi (mai - octobre)). En appliquant une correction liée à la période non suivie (+ 5 % pour les chiroptères, + 25 % pour les oiseaux), la mortalité atteint des médianes de **4,2 chiroptères et 54,7 oiseaux**. **Ces derniers sont possiblement autant impactés en période de reproduction et de migration automnale.**

4.4 ANALYSE DE LA MORTALITÉ ET ÉVALUATION DE L'IMPACT RÉSIDUEL

4.4.1 PARC ÉOLIEN DE DAMMARIE

4.4.1.1 Répartition spatiale

La distribution des cadavres découverts est globalement homogène entre les éoliennes, avec entre 0 à deux cadavres par éolienne.

Par rapport à la distance au mât, on constate que les cadavres ont été découverts entre 0 et 40 m de distance au mât, sans paterne de différenciation spatiale particulier.

4.4.1.2 Analyse de la mortalité constatée sur les oiseaux

Les oiseaux représentent la moitié des cas de mortalité constatés sur le parc de Dammarie, avec 3 cadavres sur 6.

La mortalité des oiseaux concerne trois espèces différentes appartenant à des groupes distincts : un rapace (Buse variable), un columbidé (Pigeon ramier), et un apodiforme (Martinet noir).

La mortalité observée concerne la période de reproduction et de début de migration postnuptiale.

La liste des cadavres découverts sur le parc de Dammarie en 2020 (avec le détail des dates de découvertes, les éoliennes concernées, l'état des cadavres, la distance au mât, etc...) est donnée en annexe 3.

Une Buse variable a été découverte lors du premier passage le 25 mai 2020 sur la plateforme de l'éolienne 1. L'individu a été trouvé dans un état de décomposition avancé et sec, l'âge de la mort est donc assez ancien. Il s'agit d'un individu impacté plus tôt en début de période de reproduction ou possiblement durant la période hivernale, les cadavres de rapaces de ce type persistant relativement longtemps (plusieurs semaines voire mois – *observations personnelles*).

Au vu des tailles de populations estimées en Europe (814 000 couples selon BirdLife International, 2015), le nombre de cadavres recensé est élevé (791 cas au 7 janvier 2020 dont 78 en France selon T. Dürr) et **la sensibilité de l'espèce à ce type d'impact est moyenne.**



Buse variable trouvée sur la plateforme de l'éolienne 1 le 25/05/2020 (L. Boutault – Ecosphère)

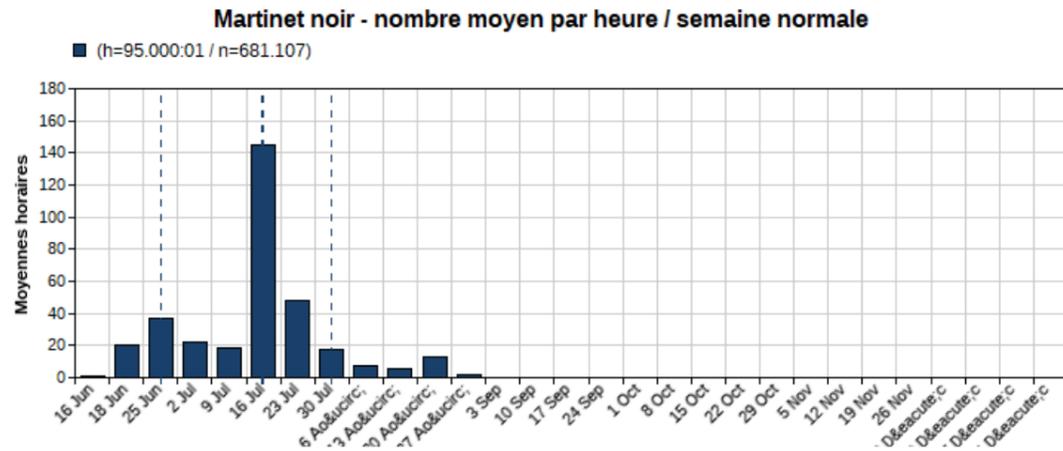
Un **Pigeon ramier** a également été découvert lors du premier passage sur site, le 25 mai 2020. Localisé en limite de plateforme de l'éolienne 1, le corps a été sectionné nettement, la tête et le reste du corps se trouvaient à une quinzaine de mètres de distance l'un de l'autre. Le cadavre était dans un état frais au moment de la découverte. L'espèce est commune localement, des groupes pouvant être régulièrement observés en déplacement local d'un boisement à un autre ou vers les zones bâties.



Pigeon ramier trouvé sur la plateforme de l'éolienne 1 le 25/05/2020 (L. Boutault – Ecosphère)

Au vu des tailles de populations estimées en Europe (20,5 millions de couples selon BirdLife International, 2015), le nombre de cadavres recensé (250 cas au 7 janvier 2020 dont 29 en France selon T. Dürr) implique **une sensibilité de l'espèce au risque de collision de niveau faible.**

Un Martinet noir de première année a été découvert début août, correspondant à un migrateur, le pic de migration postnuptiale de l'espèce étant vers la mi-juillet (cf. figure ci-après). L'oiseau a été découvert au pied de l'éolienne 3 le 03/08/2020. Les Martinets noirs sont des migrateurs transsahariens, c'est-à-dire qu'ils sont présents dans nos contrées de mai à juillet pour se reproduire, puis partent en Afrique Centrale pour passer l'hiver. Il niche principalement dans des structures anthropiques (toitures, fissures et cavités en bâti). Les jeunes de l'année ont tendance à migrer un peu plus tardivement que les adultes déjà expérimentés.



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

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



Martinet noir 1A (éolienne 3, le 03/08/2020) (L. Boutault – Ecosphère)



Notons que les 3 espèces impactées sur le parc éolien de Dammarie font partie des espèces les plus touchées au niveau européen ou en France. Notamment la Buse variable, 2^{ème} espèce la plus touchée au niveau européen, et le Martinet noir, 2^{ème} espèce la plus touchée en France (Durr, 2020).

4.4.1.3 Analyse de la mortalité constatée sur les chauves-souris

Trois chiroptères ont été retrouvés au pied des éoliennes 3, 5 et 6 du parc de Dammarie lors de ce suivi en 2020.

La mortalité constatée chez les chiroptères est comprise entre les mois de mai et août 2020. Elle concerne une espèce, la Pipistrelle commune. Un des trois cadavres n'a pas pu être identifié car trop vieux et car la mâchoire était absente. Toutefois, il est probable qu'il s'agisse aussi d'une Pipistrelle commune, étant donnée la petite mesure de l'avant-bras.



Pipistrelle commune (E6, 27/07/2020)
(L. Boutault – Ecosphère)



Pipistrelle commune (E5, 25/08/2020)
(L. Boutault – Ecosphère)

La **Pipistrelle commune** est une espèce très commune sur l'ensemble de la région. Les deux individus dont l'identification est certaine sont deux femelles probablement issues des populations locales reproductrices des environs. En l'absence de critères morphologiques et dentaires déterminants à ce jour, les identifications réalisées ne peuvent exclure la Pipistrelle pygmée. Toutefois, cette espèce est plutôt présente au sud du pays avec une répartition morcelée ailleurs, et sa présence en Eure-et-Loir ou dans les départements limitrophes est plus rare.

4.4.2 PARC ÉOLIEN DE FRANCOURVILLE

4.4.2.1 Répartition spatiale

La distribution des cadavres découverts est globalement homogène entre les éoliennes, avec entre 0 à deux cadavres par éolienne. Seule l'éolienne 5 a été plus impactante, avec 4 cadavres brut découverts.

Par rapport à la distance au mât, la moitié des cadavres a été découverte à proximité du mât entre 0 et 20 m, les autres étant dispersés entre 30 et un peu plus de 50 m. Aucun patron de différenciation spatiale ne se distingue pour autant.

4.4.2.2 Analyse de la mortalité constatée sur les oiseaux

Les oiseaux représentent la majorité des cas de mortalité constatés sur le parc de Francourville, avec 8 cadavres sur 9.

La mortalité des oiseaux concerne principalement les passereaux : 6 des cadavres identifiés appartiennent à ce groupe (Roitelets à triple bandeau ou non identifié, Etourneau sansonnet, Pipit des arbres). Les deux cas restants concernent deux Martinets noirs.

La mortalité observée concerne les périodes de reproduction et de migration postnuptiale.

Deux Martinets noirs ont été découverts sur le parc de Francourville en 2020 : le premier, un adulte, découvert le 22/06/20 au pied de l'éolienne 4, et le second, un jeune, découvert le 15/07/20 au pied de l'éolienne 5. Le premier est considéré comme local, la période d'impact ayant eu lieu entre les deux pics principaux de migration (d'arrivée et de départ sur les sites de reproduction). Le second, à l'instar de celui observé sur le parc de Dammarie, correspondant à un migrateur, sa date de mort étant dans le pic de migration postnuptiale de l'espèce.

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



Martinet noir adulte (éolienne 4, le 22/06/2020)
(L. Boutault – Ecosphère)



Martinet noir 1A (éolienne 3, le 15/07/2020)
(G. Marchais – Ecosphère)

Un **Pipit des arbres** a été découvert en limite de plateforme sur l'éolienne 6 le 22/06/20. L'individu était dans un état de décomposition avancé, sec, suggérant une collision antérieure à la date de découverte. Le cadavre est probablement tombé dans la culture de betterave présente à côté du lieu de découverte, puis déplacé par un charognard. L'espèce est nicheuse localement, et affectionne les milieux ouverts avec présence de boisement.

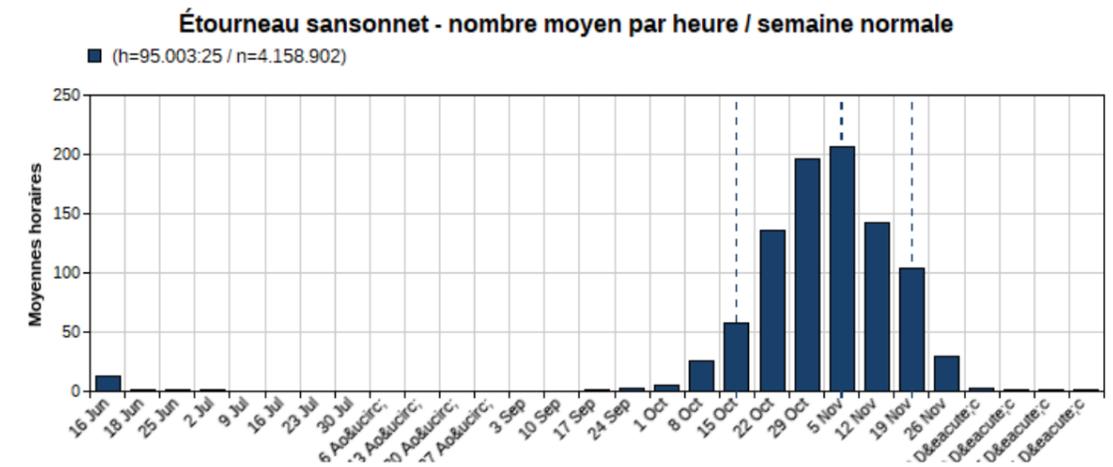
Au vu des tailles de populations estimées en Europe (100 millions de couples selon BirdLife International, 2015), le nombre de cadavres recensé de 11 individus (total européen, au 7 janvier 2020 selon T. Dürr) implique **une sensibilité au risque de collision de niveau faible**.



Pipit des arbres (éolienne 6, le 22/06/2020) (L. Boutault – Ecosphère)

Deux **Étourneaux sansonnets** ont été découverts, deux femelles de 1^{ère} année, au niveau des éoliennes 1 et 5. Ces cas de mortalité ont été découverts le 03/08/20 et 19/10/20. Cette espèce est très grégaire, pouvant former des groupes de plusieurs dizaines de milliers d'individus en période postnuptiale, avec

un afflux plus important au cours des mois d'octobre à décembre (cf. ci-après). Il s'agit là d'un jeune local (03/08/20), et d'un autre plus probablement migrateur (19/10/20).



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

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



Étourneau sansonnet, 1A femelle (éolienne 5, le 03/08/2020) (L. Boutault – Ecosphère)

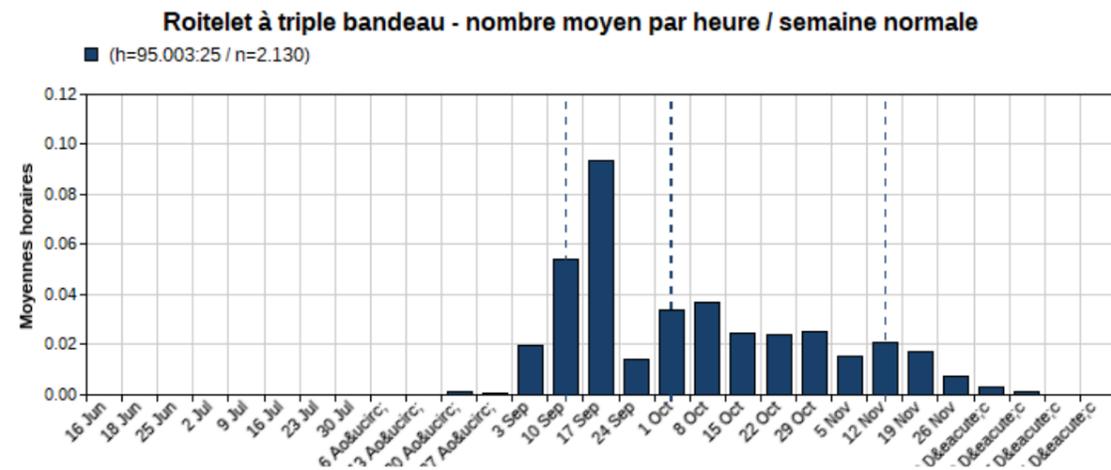


Étourneau sansonnet, 1A femelle (éolienne 1, le 19/10/2020) (L. Boutault – Ecosphère)

Deux cadavres de **Roitelets à triple bandeau** ont été découverts le 14/09/2020. Tous deux étaient relativement frais, la collision ayant probablement eu lieu peu de temps avant. Un troisième roitelet a été trouvé le 19/10/2020, celui-ci non identifiable à l'espèce car prédaté. Ils ont été découverts au pied des éoliennes 3 et 5.



Les roitelets sont des migrateurs partiels¹², présents toute l'année en France mais dont les individus du nord de l'Europe migrent vers le Sud en passant par la France. Le Roitelet à triple bandeau est nicheur dans tout type de boisement, alors que le Roitelet huppé se retrouve plutôt dans les boisements de conifères ou mixtes. En période de migration et au vu des très nombreux cadavres découverts sur l'ensemble des parcs éoliens, ces deux espèces fréquentent des milieux très divers et leur comportement semble différer sensiblement. **Les roitelets impactés lors de ce suivi sont des migrants**, les dates de découvertes des cadavres correspondant aux pics de migration de ces espèces, à savoir entre septembre et octobre (cf. ci-dessous).



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

Au vu des tailles de populations estimées pour le Roitelet à triple bandeau en Europe (4,18 millions de couples selon BirdLife International 2015), le total de cadavres connu en Europe de 261 individus implique une **sensibilité au risque de collision de niveau faible**.



Roitelets à triple bandeau (le 14/09/2020) (L. Boutault – Ecosphère)

Notons que les espèces impactées sur le parc éolien de Francourville font partie des espèces les plus touchées au niveau européen ou en France. Notamment le Roitelet à triple bandeau et le Martinet noir sont les deux espèces les plus touchées en France (Durr, 2020).

4.4.2.3 Analyse de la mortalité constatée sur les chauves-souris

Un seul chiroptère a été retrouvé sur le parc de Francourville lors de ce suivi en 2020, au pied de l'éolienne 1.

L'individu a été découvert le **13/10/20** dans un état de décomposition avancé (sec). L'état de la mâchoire n'a pas permis de faire une distinction entre la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Nathusius, les deux espèces étant fortement susceptibles d'être impactées à cette période de l'année (migration automnale et dispersion des jeunes). Ce cas de mortalité est donc attribué à une Pipistrelle indéterminée.



Pipistrelle indéterminée (éolienne 1, le 13/10/2020)
(L. Boutault – Ecosphère)

4.5 CONCLUSION SUR LE SUIVI DE MORTALITÉ

4.5.1 PARC ÉOLIEN DE DAMMARIE

Le suivi réalisé en 2020 sur le parc de Dammarie a fait l'objet de **20 passages répartis entre le 25/05 (semaine 20) et le 19/10/2020 (semaine 43)**, avec une fréquence d'un passage tous les 7 jours (à l'exception du premier mois de suivi avec un passage tous les 14 jours), soit un **intervalle moyen entre les passages de 7,7 jours**. Les **6 éoliennes** du parc ont été suivies selon le protocole national (2018) sur l'ensemble de la période. Les recherches ont été réalisées dans un **rayon de 50 m** autour du mât. La **surface moyenne de prospection est de 68 % sur l'intégralité du suivi**, avec un changement important au moment des moissons (passage de 26 % à 86 % des surfaces prospectées en moyenne à la mi-juillet). Les tests de détection réalisés montrent une **détectabilité moyenne de 78 %**. Les tests de persistance réalisés à partir de 18 heures montrent une **persistance moyenne de 39 %** durant l'intervalle (7 j).

¹² Les populations ou espèces chez lesquelles seule une partie des individus effectue une migration, ou dont le renouvellement (les oiseaux du nord remplaçant ceux du sud) donne l'impression d'une présence continue tout au long de l'année, sont dites migratrices partielles. Il s'agit généralement d'espèces migratrices petit ou moyen-courrier.

6 cadavres ont été découverts, parmi lesquels :

- **3 chiroptères appartenant à au moins une espèce** : la Pipistrelle commune [sédentaire], et une Pipistrelle indéterminée [sédentaire probable] ;
- **3 oiseaux appartenant à 3 espèces** : 1 Buse variable [sédentaire], 1 Martinet noir [migrateur], et 1 Pigeon ramier [sédentaire].

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

Ils ont également été analysés à partir de l'application « GenEst », développée par Huso & Dalthorp (USGS). Les résultats obtenus avec cette seconde méthode ont été conservés car elle permet un ajustement plus fin aux conditions réelles de suivi. Ainsi, l'estimation de la mortalité réelle aboutit à des valeurs médianes de la mortalité d'environ **15 chiroptères et 24 oiseaux sur l'ensemble du suivi** (mai – octobre).

En appliquant une correction liée à la période non suivie (+ 5 % pour les chiroptères, + 25 % pour les oiseaux), **la mortalité médiane par an atteint 15,8 chiroptères et 32 oiseaux**. La période de reproduction (avant mi-juillet) est vraisemblablement plus impactante pour les oiseaux.

4.5.2 PARC ÉOLIEN DE FRANCOURVILLE

Le suivi réalisé en 2020 sur le parc de Francourville a fait l'objet de **20 passages répartis entre le 25/05 (semaine 20) et le 19/10/2020 (semaine 43)**, avec une fréquence d'un passage tous les 7 jours (à l'exception du premier mois de suivi avec un passage tous les 14 jours), soit un **intervalle moyen entre les passages de 7,7 jours**. Les **6 éoliennes** du parc ont été suivies selon le protocole national (2018) sur l'ensemble de la période. Les recherches ont été réalisées dans un **rayon de 50 m** autour du mât. La **surface moyenne de prospection est de 67 % sur l'intégralité du suivi**, avec un changement au moment des moissons (passage de 36 % à 80 % des surfaces prospectées en moyenne à la mi-juillet). Les tests de détection réalisés montrent une **détectabilité moyenne de 78 %**. Les tests de persistance réalisés à partir de 18 leurres montrent une **persistance moyenne de 22 %** durant l'intervalle (7 j).

9 cadavres ont été découverts, parmi lesquels :

- **1 chiroptère** : une Pipistrelle indéterminée [sédentaire ou migratrice] ;
- **8 oiseaux appartenant à 4 espèces** : 1 Pipit des arbres [sédentaire], 2 Martinets noirs [local et migrateur], 2 Etourneaux sansonnets [local et migrateur]. 2 Roitelets à triple bandeau [migrateurs] et 1 roitelet non identifié [migrateurs]).

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

Ils ont également été analysés à partir de l'application « GenEst », développée par Huso & Dalthorp (USGS). Les résultats obtenus avec cette seconde méthode ont été conservés car elle permet un ajustement plus fin aux conditions réelles de suivi. Ainsi, l'estimation de la mortalité réelle aboutit à des valeurs médianes de la mortalité d'environ **4 chiroptères et 41 oiseaux sur l'ensemble du suivi** (mai – octobre).

En appliquant une correction liée à la période non suivie (+ 5 % pour les chiroptères, + 25 % pour les oiseaux), **la mortalité médiane par an atteint 4,2 chiroptères et 54,7 oiseaux**. Les chauves-souris ont été impactées en période de migration automnale, alors que les oiseaux l'étaient autant en période de reproduction et migration postnuptiale.

5. EVALUATION DES IMPACTS

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

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

Les tableaux ci-dessous détaillent les risques de collision pour chaque mois du suivi.

5.1 ÉVALUATION DES RISQUES DE COLLISION SPÉCIFIQUES AUX PARCS

5.1.1 CHAUVES-SOURIS

4 cadavres de chauves-souris ont été retrouvés au cours des 20 passages réalisés de mai à octobre 2020, dont **3 sur le parc de Dammarie et 1 sur le parc de Francourville**. L'évaluation ci-dessous se base sur les résultats du suivi de la mortalité. Les tableaux ci-dessous présentent le niveau de risque de collision pour chaque espèce.

Statuts et enjeux des espèces de chauves-souris impactées sur le parc de Dammarie en 2020

DAMMARIE	LRE	LRN	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
				Portée de l'impact	Sensibilité à l'impact (maximum entre Dür, jan. 20 et Eurobats, juin 18)	Intensité d'impact	Enjeu spécifique	Niveau d'impact mortalité
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC	NT	LC	Faible 2 cadavres bruts (Individus locaux issus de grandes populations)	Forte (2 388 en Europe, dont 995 en France)	Moyenne	Faible	Négligeable
Pipistrelle indéterminée * <i>Pipistrellus sp.</i>	LC	NT	LC/NT	Faible 1 cadavre brut (Individu local ou migrateur)	Forte (P. commune : 2 388 en Europe, dont 995 en France ; P. de Nathusius : 1594 en Europe, dont 272 en France)	Faible	Faible / Moyen	Faible

* Pipistrelle commune probable ou Pipistrelle de Nathusius possible

Statuts et enjeux des espèces de chauves-souris impactées sur le parc de Francourville en 2020

FRANCOURVILLE	LRE	LRN	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
				Portée de l'impact	Sensibilité à l'impact (maximum entre Dür, jan. 20 et Eurobats, juin 18)	Intensité d'impact	Enjeu spécifique	Niveau d'impact mortalité
Pipistrelle indéterminée * <i>Pipistrellus sp.</i>	LC	NT	LC/NT	Faible 1 cadavre brut (Individu local ou migrateur)	Forte (P. commune : 2 388 en Europe, dont 995 en France ; P. de Nathusius : 1594 en Europe, dont 272 en France)	Faible	Faible / Moyen	Faible

* Pipistrelle commune ou Pipistrelle de Nathusius probable

Évaluation de risque de collision contextualisée par mois sur la base de la sensibilité des espèces (forte en priorité) et les activités enregistrées à hauteur de nacelle en 2018 + Mortalité brute et estimée en 2020 – Parc de Dammarie

DAMMARIE	Critères d'évaluation - 2018	Niveau de risque de collision selon l'activité en altitude en 2018	Mortalité brute - 2020	Mortalité estimée avec GenEst - 2020
Avril	Activités très faibles (< 10 contacts par mois)	Négligeable	Pas de suivi	Pas de suivi
Mai	Activités très faibles (< 10 contacts par mois)	Négligeable	1 cas de mortalité brute (P. indéterminée, le 25/05/20)	Période 1 : 5 chiroptères [IC 80 % : 1 - 13,5]
Juin	Activités moyennes dominées par les pipistrelles (2,8 contacts / nuit) avec 2 pics (>20 contacts/nuit), 15 individus estimés et 2 nuits avec Q>75%	Moyen	RAS	
Juillet	Activités plus que moyennes avec des dizaines de contacts de Noctule commune (VU), avec 2 pics, 18 individus estimés et 4 nuits avec Q>75% + 1 cas de mortalité brute de N. commune et 2 de P. commune	Assez fort	1 cas de mortalité brute (P. commune, le 27/07/20)	Période 2 : 10 chiroptères [IC 80 % : 2 - 21,4]
Août	Activités moyennes mais avec des dizaines de contacts de Noctule de Leisler (NT), avec 18 individus estimés et 3 nuits avec Q>75%, mais 1 seul pic	Moyen	1 cas de mortalité brute (P. commune, le 25/08/20)	
Septembre	Activités moyennes mais avec moins d'une vingtaine de contacts de noctules, 16 individus estimés et 2 nuits avec Q>75%, mais 1 seul pic	Moyen	RAS	
Octobre	Activités très faibles (< 10 contacts par mois)	Négligeable	RAS	
Novembre	Activités nulles	Négligeable	Pas de suivi	Pas de suivi

Évaluation de risque de collision contextualisée par mois sur la base de la sensibilité des espèces (forte en priorité) et les activités enregistrées à hauteur de nacelle en 2018 + Mortalité brute constatée en 2020 – Parc de Francourville

FRANCOURVILLE	Critères d'évaluation - 2018	Niveau de risque de collision selon l'activité en altitude en 2018	Mortalité brute - 2020	Mortalité estimée avec GenEst - 2020
Avril	Probablement activités très faibles (< 10 contacts par mois)	Négligeable	Pas de suivi	Pas de suivi
Mai	Probablement activités très faibles (< 10 contacts par mois)	Négligeable	RAS	Période 1 : 0 chiroptère / NA*
Juin	Probablement activités faibles à moyennes	Faible à moyen	RAS	
Juillet	Activités un peu plus que moyennes avec des dizaines de contacts de Noctule commune (VU) et de N. de Leisler (NT), avec 2 pics (>20), 17 individus estimés mais que 3 nuits avec Q>75%	Assez fort	RAS	Période 2 : 4 chiroptères [IC 80 % : 1 - 11]
Août	Activités assez importantes avec des centaines de contacts de Noctule de Leisler et des dizaines de N. commune, 4 pics, 26 individus estimés et 6 nuits avec Q>75%	Assez fort	RAS	
Septembre	Activités à peine moyennes avec moins d'une vingtaine de contacts de noctules, 1 seul pic, 7 individus estimés et 2 nuits avec Q>75% + 1 cas de mortalité brute de Pipistrelle indéterminée le 19/09/18 sous E2	Moyen	RAS	
Octobre	Activités très faibles (< 10 contacts par mois)	Négligeable	1 cas de mortalité brute (P. indéterminée, le 13/10/20)	
Novembre	Activités quasi nulles (< 5 contacts par mois)	Négligeable	Pas de suivi	Pas de suivi

*mortalité réelle non estimable à partir d'une mortalité brute nulle

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

5.1.2 OISEAUX

De nombreuses espèces d'oiseaux sont susceptibles d'entrer en collision avec les pales, notamment les rapaces de jour et les passereaux de nuit. Au cours du suivi réalisé en 2020, certaines espèces observées au sein ou aux abords du parc font partie de ces espèces susceptibles d'être impactées, à savoir par exemple le Faucon crécerelle, la Buse variable ou le Busard Saint-Martin. Malgré une fréquentation régulière de ces trois espèces, un seul cadavre de Buse variable a été découvert sur le parc de Dammarie et aucun sur le parc de Francourville.

En revanche, les risques de collisions sont plus importants pour les passereaux migrateurs. Ils représentent 6 cas de mortalité sur 11 en 2020, dont 1 à Dammarie et 5 à Francourville.

Les tableaux ci-dessous présentent le niveau d'impact avéré des parcs de Dammarie et Francourville respectivement sur les oiseaux dont des cas de collision ont été relevés en 2020.

Statuts et enjeux des espèces d'oiseaux impactées en 2020 – Parc de Dammarie

DAMMARIE	LRE	LRN nicheurs	LRN migrants	LRR	Niveau d'impact				
					1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
					Portée de l'impact	Sensibilité à l'impact (Dürr 2020)	Intensité d'impact	Enjeu spécifique	Niveau d'impact constaté par la mortalité
Buse variable <i>Buteo buteo</i>	LC	LC	NA	LC	Faible 1 cadavre brut (E1, 25/05/20) Individu local	Moyenne (791 cas en Europe, dont 78 en France)	Faible	Faible	Négligeable
Pigeon ramier <i>Columba palumbus</i>	LC	LC	DD	LC	Faible 1 cadavre brut (E1, 25/05/20) Individu probablement local	Faible (250 en Europe, dont 29 en France)	Faible	Faible	Négligeable
Martinet noir <i>Apus apus</i>	LC	NT	DD	LC	Faible 1 cadavre brut (E3, 03/08/20) Individu migrateur	Faible (407 en Europe, dont 125 en France)	Faible	Faible	Négligeable

Statuts et enjeux des espèces d'oiseaux impactées en 2020 – Parc de Francourville

FRANCOURVILLE	LRE	LRN nicheurs	LRN migrants	LRR	Niveau d'impact				
					1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
					Portée de l'impact	Sensibilité à l'impact (Dürr 2020)	Intensité d'impact	Enjeu spécifique	Niveau d'impact constaté par la mortalité
Roitelet à triple bandeau <i>Regulus ignicapilla</i>	LC	LC	NA	LC	Faible 2 cadavres bruts (E3 – E5, 14/09/20) Individus migrants	Faible (261 en Europe, dont 160 en France)	Faible	Faible	Négligeable
Roitelet non identifié	-	-	-	-	Faible 1 cadavre brut (E5, 19/10/20) Individu migrateur				
Pipit des arbres <i>Anthus trivialis</i>	LC	LC	DD	LC	Faible 1 cadavre brut (E6, 22/06/20) Individu local	Faible (11 en Europe, dont 4 en France)	Faible	Faible	Négligeable

FRANCOURVILLE	LRE	LRN nicheurs	LRN migrants	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
					Portée de l'impact	Sensibilité à l'impact (Dürr 2020)	Intensité d'impact	Enjeu spécifique	Niveau d'impact constaté par la mortalité
Etourneau sansonnet <i>Sturnus vulgaris</i>	LC	LC	NA	LC	Faible 2 cadavres bruts (E5, 03/08/20 et E1, 19/10/20) Individus locaux et migrants	Faible (207 en Europe, dont 44 en France)	Faible	Faible	Négligeable
Martinet noir <i>Apus apus</i>	LC	NT	DD	LC	Faible 2 cadavres bruts (E4, 22/06/20 et E5, 15/07/20) Individus migrants	Faible (407 en Europe, dont 125 en France)	Faible	Faible	Négligeable

FRANCOURVILLE	Critères d'évaluation (Cas de mortalité, surfaces prospectées, observation d'activité)	Niveau de risque de collision	Mortalité estimée avec GenEst - 2020
Juillet	1 Martinet noir migrateur (E5) surfaces prospectées < 50 %	Faible	Période 2 : 19 oiseaux [IC 80 % : 10 - 38]
Août	1 Etourneau sansonnet (E5), local surfaces prospectées > 50 %	Faible	
Septembre	2 cadavres (Roitelets à triple bandeau, E3 et E5) migrants, surfaces prospectées > 50 %	Faible	
Octobre	2 cadavres (1 Roitelet indéterminé E5, 1 Etourneau sansonnet E1) migrants, surfaces prospectées > 50 %	Faible	

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

Les tableaux ci-dessous détaillent les risques de collision pour chaque mois du suivi.

Évaluation du risque de collision contextualisé par mois sur la base de la sensibilité des espèces et les cas de mortalité découverts en 2020 – Parc de Dammarie

DAMMARIE	Critères d'évaluation (Cas de mortalité, surfaces prospectées, observation d'activité)	Niveau de risque de collision	Mortalité estimée avec GenEst - 2020
Mai	2 cadavres (Buse variable et Pigeon ramier, E1) individus locaux surfaces prospectées < 50 %	Faible	Période 1 : 22 oiseaux [IC 80 % : 2 - 50]
Juin	Aucun cadavre, surfaces prospectées < 50 %	Négligeable	
Juillet	Aucun cadavre, surfaces prospectées < 50 %	Négligeable	
Août	1 Martinet noir migrateur (E3) surfaces prospectées > 50 %	Faible	Période 2 : 2 oiseaux [IC 80 % : 1 - 2]
Septembre	Aucun cadavre, surfaces prospectées > 50 %	Négligeable	
Octobre	Aucun cadavre, surfaces prospectées > 50 %	Négligeable	

Évaluation du risque de collision contextualisé par mois sur la base de la sensibilité des espèces et les cas de mortalité découverts en 2020 – Parc de Francourville

FRANCOURVILLE	Critères d'évaluation (Cas de mortalité, surfaces prospectées, observation d'activité)	Niveau de risque de collision	Mortalité estimée avec GenEst - 2020
Mai	Aucun cadavre, surfaces prospectées < 50 %	Négligeable	Période 1 : 21 oiseaux [IC 80 % : 5 - 51]
Juin	2 cadavres (Pipit des arbres E6 et Martinet noir E4) individus locaux, surfaces prospectées < 50 %	Faible	

En conclusion, le niveau d'impact pour chacune des espèces impactées constaté par la mortalité en 2020 sur les parcs de Dammarie et Francourville, issu du croisement entre l'intensité de l'impact et de l'enjeu de conservation des espèces, est de niveau négligeable à faible au vu des très grandes populations européennes. Les mesures de bridage nocturne mises en place conduisent en effet à une absence d'impact significatif des parcs sur les populations.

Le risque de collision pour les chiroptères est de moyen à assez fort de juin à septembre ; tandis qu'il est quant à lui de niveau négligeable à faible sur l'ensemble de la période suivie pour les oiseaux.



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

5.2.1 CHAUVES-SOURIS

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

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

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

- **l'échantillonnage était relativement faible** : 23 nuits d'écoute sur 29 parcs situés en Bretagne entre septembre et octobre 2016 avec la pose d'en moyenne 9 enregistreurs par nuit le long de haies ;
- **le travail n'a porté que sur une seule saison en transit postnuptial**, pourtant la variabilité saisonnière des données est un phénomène déterminant dans les études acoustiques de chiroptères ;
- **une identification automatique des espèces ou groupes d'espèces a été pratiquée** (logiciel TADARIDA du MNHN), ce qui pose des problèmes de choix méthodologiques par exemple sur le seuil à partir duquel la donnée est jugée fiable et la quantité de données in fine utilisables. La prise en compte des différences de détectabilité (Barataud, 2015) entre les espèces ne semble pas avoir été réalisée ;
- **diverses covariables n'étaient pas précisées** : les informations sur l'état des haies, les conditions météorologiques, l'éclairage, proximité ou éloignement des gîtes, type de machine et ses caractéristiques (bruit, cut-in-speed, synchrone ou asynchrone, garde au sol...) sont manquantes et n'ont pas fait l'objet de tests spécifiques. Les particularités de l'étude sont donc multiples et une transposition à tout autre cas est très délicate.

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

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

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

5.2.2 OISEAUX

Aucun inventaire complémentaire dédié au suivi de fréquentation du parc éolien par l'avifaune n'a été réalisé en 2020.

Toutefois, le suivi réalisé en 2018 montrait un impact des deux parcs éoliens estimé à faible sur la fréquentation du site par l'avifaune. Aussi, au cours des passages de mortalité, nous avons pu constater que de nombreuses observations de rapaces diurnes (Faucon crécerelle, Buse variable, Busard Saint-Martin) étaient faites. Ceux-ci étaient principalement observés en chasse aux abords des éoliennes ou en simple transit à travers les parcs, sans montrer de comportement de perturbation. Toutefois, certains vols avec prise d'altitude génèrent parfois des comportements avec risque de collision.

6. MESURES DE RÉDUCTION DES RISQUES DE COLLISION

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

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

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

6.1.1 PRINCIPE GÉNÉRAL

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

6.1.2 ALGORITHME DE BRIDAGE NOCTURNE PRÉCONISÉ A PARTIR DE 2021

Les tableaux ci-dessous récapitulent pour chaque mois les paramètres de bridage (mesurés à hauteur de nacelle) à mettre en œuvre pour réduire les risques de collision des chauves-souris, **avec un rappel du bridage proposé en 2018 et les compléments apportés suite au suivi 2020.**

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

- Parc de Dammarie

Pour raison d'homogénéité, il était proposé de brider l'ensemble des éoliennes sur la même plage horaire de 30 min avant le coucher du soleil à 6h30 après, et pour des températures supérieures à 16°C.

D'après les quelques mortalités des chiroptères observée en 2020 et les estimations de la mortalité réelle correspondante, **il est préconisé de légèrement renforcer le bridage sur le parc de Dammarie sur les mois de mai à août.** En mai, la mise en drapeau pour des vents inférieurs à la cut-in-speed de 3 m/s, quelles que soient les températures, constitue une mesure préventive pour encore diminuer ce risque d'impact. L'augmentation du bridage de juin à août est aussi préconisée en raison de la mortalité toujours effective à cette période et afin de se conformer aux lignes directrices en application en région Centre Val-de-Loire (FEE & SFPEM, novembre 2017). Cette préconisation ne remet pas en question l'absence d'impact significatif.

Dammarie : Algorithmes de bridage et mois de l'année

(niveau d'impact : blanc : négligeable/faible (= non significatif) ; jaune = moyen ; orange = assez fort ; rouge = fort ; marron = très fort)

	DAMMARIE	
	Préconisation 2018	Préconisation 2020
Janvier	Aucun bridage	Aucun bridage
Février	Aucun bridage	Aucun bridage
Mars	Aucun bridage	Aucun bridage
Avril	Mise en drapeau < 3 m/s*	Mise en drapeau < 3 m/s*
Mai	Mise en drapeau < 3 m/s*	Mise en drapeau < 3 m/s obligatoire
Juin	≤ 3,5 m/s -0h30 à +06h30 >16°C	≤ 4 m/s -0h30 à +06h30 >16°C
Juillet	≤ 4 m/s -0h30 à +06h30 >16°C	≤ 6 m/s -0h30 à +06h30 >16°C
Août	≤ 4,5 m/s -0h30 à +06h30 >16°C	≤ 6 m/s -0h30 à +06h30 >16°C
Septembre	≤ 4 m/s -0h30 à +06h30 >16°C	≤ 4 m/s -0h30 à +06h30 >16°C
Octobre	(Mise en drapeau)*	(Mise en drapeau)*
Novembre	Aucun bridage	Aucun bridage
Décembre	Aucun bridage	Aucun bridage

* mesure d'accompagnement facultative : la mise en drapeau aux vitesses moyennes inférieures à la cut-in speed permet de réduire encore un peu le risque de collision tout en n'impactant quasiment pas la production.

Pour des raisons de facilité de mise en œuvre, EDPR propose l'algorithme simplifié suivant qui va au-delà des préconisations 2020 ci-dessus.

Dammarie	Préconisation simplifiée 2020
Janvier	Aucun bridage
Février	
Mars	
Avril	
Mai	≤ 4 m/s -0h30 à +06h30 >16°C
Juin	≤ 6 m/s -0h30 à +06h30 >16°C
Juillet	
Août	≤ 4 m/s -0h30 à +06h30 >12°C
Septembre	
Octobre	Aucun bridage
Novembre	
Décembre	

- Parc de Francourville

Pour raison d'homogénéité, il était proposé de brider l'ensemble des éoliennes sur la même plage horaire de 30 min avant le coucher du soleil à 6h30 après (sauf en août où cela réduit drastiquement la proportion d'activité protégée), et pour des températures supérieures à 16°C.

Un seul cas de mortalité brute sur les chiroptères a été observé en 2020 sur le parc de Francourville, première quinzaine d'octobre. D'après ce résultat et les estimations de la mortalité réelle faible qui en résulte, **il n'est pas préconisé de renforcer le bridage sur le parc de Francourville, à l'exception d'une mise en drapeau obligatoire et non plus facultative au mois d'octobre.** Cette préconisation ne remet pas en question l'absence d'impact significatif.

Francourville : Algorithmes de bridage et mois de l'année

(niveau d'impact : blanc = négligeable/faible (= non significatif) ; jaune = moyen ; orange = assez fort ; rouge = fort ; marron = très fort)

FRANCOURVILLE		
	Préconisation 2018	Préconisation 2020
Janvier	Aucun bridage	Aucun bridage
Février	Aucun bridage	Aucun bridage
Mars	Aucun bridage	Aucun bridage
Avril	Mise en drapeau < 3 m/s*	Mise en drapeau < 3 m/s*
Mai	Mise en drapeau < 3 m/s*	Mise en drapeau < 3 m/s*
Juin	≤ 3 m/s -0h30 à +06h30 >16°C	≤ 3 m/s -0h30 à +06h30 >16°C
Juillet	≤ 3,5 m/s -0h30 à +06h30 >16°C	≤ 3,5 m/s -0h30 à +06h30 >16°C
Août	≤ 3 m/s -0h30 à +07h30 >16°C	≤ 3 m/s -0h30 à +07h30 >16°C
Septembre	≤ 3 m/s -0h30 à +06h30 >16°C	≤ 3 m/s -0h30 à +06h30 >16°C
Octobre	Mise en drapeau < 3 m/s*	Mise en drapeau obligatoire
Novembre	Aucun bridage	Aucun bridage
Décembre	Aucun bridage	Aucun bridage

* mesure d'accompagnement facultative : la mise en drapeau aux vitesses moyennes inférieures à la cut-in speed permet de réduire encore un peu le risque de collision tout en n'impactant quasiment pas la production.

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

Pour des raisons de facilité de mise en œuvre, EDPR propose l'algorithme simplifié suivant qui va au-delà des préconisations 2020 ci-dessus.

Francourville	Préconisation simplifiée 2020
Janvier	Aucun bridage
Février	
Mars	
Avril	
Mai	≤ 3 m/s -0h30 à +06h30 >16°C
Juin	≤ 3,5 m/s -0h30 à +06h30 >16°C
Juillet	≤ 3,5 m/s -0h30 à +06h30 >16°C
Août	≤ 3 m/s -0h30 à +07h30 >16°C
Septembre	
Octobre	
Novembre	Aucun bridage
Décembre	

Enfin, ces bridages nocturnes bénéficieront indirectement aux oiseaux migrateurs de nuit (passereaux), principales victimes avérées des collisions en 2020 (5 cas sur 8 sur le parc de Francourville).

6.2 CONTRÔLE DE L'ÉCLAIRAGE NOCTURNE

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

6.3 GESTION DES HABITATS AUTOUR DES ÉOLIENNES

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

Les plateformes des parcs éoliens de Dammarie et Francourville ne présentent pas de zones laissées volontairement en friche, réduisant déjà ce facteur de risque.

7. MESURES DE SUIVI

Étant donné le faible nombre de cadavres de chauves-souris, et l'impact considéré faible sur les oiseaux actifs de jour ou les passereaux migrants de nuit, **la vérification de l'efficacité du bridage nocturne ne semble pas nécessaire.**

L'arrêté ministériel du 22 juin 2020 relatif à la notion ICPE-éolien, prévoit dorénavant que le suivi environnemental est renouvelé dans les 12 mois si le précédent suivi a mis en évidence un impact significatif et qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives. Nous estimons dans le cas présent qu'il n'est pas nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives préconisées car le bridage nocturne préconisé réduira encore plus significativement les risques de collision pour les chauves-souris et les oiseaux migrant de nuit. Le coût/bénéfice d'un nouveau suivi en 2021 ne nous parait donc pas nécessaire dans ce contexte.



8. BIBLIOGRAPHIE

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

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

ARNETT B., SCHIRMACHER M., HUSO M. & HAYES J., 2009. Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities – Bats and Wind Energy Cooperative, 44p.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



ANNEXE 1 : DATES DE PROSPECTION DU SUIVI DE MORTALITÉ

➤ Parc de Dammarie

Date	Tache	Intervenant
25/05/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
08/06/2020	Suivi mortalité Test de performance	Léa BOUTAULT + accompagnant Guillaume MARCHAIS
22/06/2020	Suivi mortalité Test de persistance (dépôt)	Léa BOUTAULT
23/06/2020	Test de persistance (J+1)	Léa BOUTAULT
25/06/2020	Test de persistance (J+3)	Laurent SPANNEUT
30/06/2020	Suivi mortalité Test de persistance (J+8)	Léa BOUTAULT
02/07/2020	Test de persistance (J+10)	Léa BOUTAULT
06/07/2020	Suivi mortalité Test de persistance (J+14)	Léa BOUTAULT
15/07/2020	Suivi mortalité	Guillaume MARCHAIS
20/07/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
27/07/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT, Valentine LEROY
03/08/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
10/08/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT, Sarah KAZAZ
17/08/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT, Valentine LEROY
25/08/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT, Valentine LEROY
31/08/2020	Suivi mortalité Test de persistance (dépôt)	Léa BOUTAULT
01/09/2020	Test de persistance (J+1)	Léa BOUTAULT
03/09/2020	Test de persistance (J+3)	Léa BOUTAULT
07/09/2020	Suivi mortalité Test de persistance (J+7)	Léa BOUTAULT
10/09/2020	Test de persistance (J+10)	Maxime COLLET
15/09/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
22/09/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
29/09/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
05/10/2020	Suivi mortalité	Guillaume MARCHAIS

Date	Tache	Intervenant
13/10/2020	Suivi mortalité Test de performance	Léa BOUTAULT + accompagnant Guillaume MARCHAIS
19/10/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT, Hugo AUCLAIR

➤ Parc de Francourville

Date	Tache	Intervenant
26/05/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
08/06/2020	Suivi mortalité Test de performance	Léa BOUTAULT + accompagnant Guillaume MARCHAIS
22/06/2020	Suivi mortalité Test de persistance (dépôt)	Léa BOUTAULT
23/06/2020	Test de persistance (J+1)	Léa BOUTAULT
25/06/2020	Test de persistance (J+3)	Laurent SPANNEUT
30/06/2020	Suivi mortalité Test de persistance (J+8)	Léa BOUTAULT
02/07/2020	Test de persistance (J+10)	Léa BOUTAULT
06/07/2020	Suivi mortalité Test de persistance (J+14)	Léa BOUTAULT
15/07/2020	Suivi mortalité	Guillaume MARCHAIS
21/07/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
27/07/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT, Valentine LEROY
03/08/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
10/08/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT, Sarah KAZAZ
17/08/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT, Valentine LEROY
25/08/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT, Valentine LEROY
31/08/2020	Suivi mortalité Test de persistance (dépôt)	Léa BOUTAULT
01/09/2020	Test de persistance (J+1)	Léa BOUTAULT
03/09/2020	Test de persistance (J+3)	Léa BOUTAULT
07/09/2020	Test de persistance (J+7)	Léa BOUTAULT
08/09/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT

Date	Tache	Intervenant
10/09/2020	Test de persistance (J+10)	Maxime COLLET
14/09/2020	Suivi mortalité Test de persistance (J+14)	Léa BOUTAULT
21/09/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
28/09/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
06/10/2020	Suivi mortalité	Guillaume MARCHAIS
12/10/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT
13/10/2020	Test de performance	Léa BOUTAULT + accompagnant Guillaume MARCHAIS
19/10/2020	Suivi mortalité	Léa BOUTAULT, Hugo AUCLAIR



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

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

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

➤ Parc de Dammarie ○ Données brutes

Période	Temps	Date	Observateur	E1_B	E1_Moy	E1_Nulle	E2_B	E2_Moy	E2_Nulle	E3_B	E3_Moy	E3_Nulle	E4_B	E4_Moy	E4_Nulle	E5_B	E5_Moy	E5_Nulle	E6_B	E6_Moy	E6_Nulle	
1	1	25/05/2020	Léa BOUTAULT	plateforme		céréales	plateforme		colza	plateforme		céréales	plateforme		céréales	plateforme		colza	plateforme maïs			
	2	08/06/2020	Léa BOUTAULT	plateforme		céréales	plateforme		colza	plateforme		céréales	plateforme		céréales	plateforme		colza			EPANDAGE plateforme maïs	
	3	22/06/2020	Léa BOUTAULT	plateforme		céréales	plateforme		colza	plateforme		céréales	plateforme		céréales	plateforme		colza	plateforme			maïs
		30/06/2020	Léa BOUTAULT	plateforme		céréales	plateforme		colza	plateforme		céréales	plateforme		céréales	plateforme		colza	plateforme			maïs
	4	06/07/2020	Léa BOUTAULT	plateforme		céréales	plateforme chaume				plateforme		céréales	plateforme		céréales	plateforme		colza	plateforme		maïs
5	15/07/2020	Guillaume MARCHAIS	plateforme		céréales	plateforme chaume				plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme		maïs	
2	6	20/07/2020	Léa BOUTAULT	plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme		maïs	
		27/07/2020	Léa BOUTAULT	plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme		maïs	
		03/08/2020	Léa BOUTAULT	plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme		maïs	
		10/08/2020	Léa BOUTAULT	plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme		maïs	
		17/08/2020	Léa BOUTAULT	plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme		maïs	
		25/08/2020	Léa BOUTAULT	plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme		maïs	
		31/08/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme		maïs	
		07/09/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme		maïs	
		15/09/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme		maïs	
		22/09/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme		maïs	
		29/09/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme		maïs	
		05/10/2020	Guillaume MARCHAIS	plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme		maïs	
		13/10/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme		maïs	
19/10/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour			plateforme		maïs			

o Tableau simplifié des surfaces correspondantes aux habitats prospectés

Temps	Nbr de passages	Surface (m ²)																		% moyen de surface prospectée sur l'ensemble du parc :
		E1			E2			E3			E4			E5			E6			
		Prospecté (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	
1	1	1078	6755	14%	941	6893	12%	1231	6603	16%	1290	6543	16%	1168	6665	15%	1174	6659	15%	15%
2	1	1078	6755	14%	941	6893	12%	1231	6603	16%	1290	6543	16%	1168	6665	15%		7833	0%	12%
3	2	1078	6755	14%	941	6893	12%	1231	6603	16%	1290	6543	16%	1168	6665	15%	1174	6659	15%	15%
4	1	1078	6755	14%	7833		100%	1231	6603	16%	1290	6543	16%	1168	6665	15%	1174	6659	15%	29%
5	1	1078	6755	14%	7833		100%	7833		100%	7833		100%	7833		100%	1174	6659	15%	71%
6	14	7833		100%	7833		100%	7833		100%	7833		100%	7833		100%	1174	6659	15%	86%
Moyenne :				74%			82%			79%			79%			79%			14%	68%

➤ Parc de Francourville
o Données brutes

Période	Temps	Date	Observateur	E1_B	E1_Moy	E1_Nulle	E2_B	E2_Moy	E2_Nulle	E3_B	E3_Moy	E3_Nulle	E4_B	E4_Moy	E4_Nulle	E5_B	E5_Moy	E5_Nulle	E6_B	E6_Moy	E6_Nulle	
1	1	26/05/2020	Léa BOUTAULT	plateforme		céréales	plateforme	betteraves		plateforme		céréales	plateforme		céréales	plateforme		céréales talus	plateforme	betteraves	colza	
		08/06/2020	Léa BOUTAULT	plateforme		céréales	plateforme	betteraves		plateforme		céréales	plateforme		céréales	plateforme		céréales talus	plateforme	betteraves	colza	
		22/06/2020	Léa BOUTAULT	plateforme		céréales	plateforme		betteraves	plateforme		céréales	plateforme		céréales	plateforme		céréales talus	plateforme		colza betteraves	
	3	30/06/2020	Léa BOUTAULT	plateforme		céréales	plateforme		betteraves	plateforme		céréales	plateforme		céréales	plateforme chaume		talus	plateforme		colza betteraves	
	4	06/07/2020	Léa BOUTAULT	plateforme		céréales	plateforme		betteraves	plateforme		céréales	plateforme		céréales	plateforme chaume		talus	plateforme colza 1		colza 2 betteraves	
2	7	15/07/2020	Guillaume MARCHAIS			EPANDAGE plateforme céréales	plateforme		betteraves	plateforme chaume			plateforme		céréales	plateforme chaume		talus	plateforme chaume		betteraves	
		6	21/07/2020	Léa BOUTAULT	plateforme chaume			plateforme		betteraves	plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume		talus	plateforme		betteraves chaume en labour
		27/07/2020	Léa BOUTAULT	plateforme chaume			plateforme		betteraves	plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume		talus	plateforme labour		betteraves	
		03/08/2020	Léa BOUTAULT	plateforme chaume			plateforme		betteraves	plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume		talus	plateforme labour		betteraves	
		10/08/2020	Léa BOUTAULT	plateforme chaume			plateforme		betteraves	plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume		talus	plateforme labour		betteraves	
		17/08/2020	Léa BOUTAULT	plateforme chaume			plateforme		betteraves	plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume		talus	plateforme labour		betteraves	
		25/08/2020	Léa BOUTAULT	plateforme chaume			plateforme		betteraves	plateforme chaume			plateforme chaume			plateforme chaume		talus	plateforme labour		betteraves	
		31/08/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour			plateforme		betteraves	plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour		talus	plateforme labour		betteraves	
		08/09/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour			plateforme		betteraves	plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour		talus	plateforme labour		betteraves	
		14/09/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour			plateforme		betteraves	plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour		talus	plateforme labour		betteraves	
21/09/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour			plateforme		betteraves	plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour		talus	plateforme labour		betteraves			
28/09/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour			plateforme		betteraves	plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour		talus	plateforme labour		betteraves			

Période	Temps	Date	Observateur	E1_B	E1_Moy	E1_Nulle	E2_B	E2_Moy	E2_Nulle	E3_B	E3_Moy	E3_Nulle	E4_B	E4_Moy	E4_Nulle	E5_B	E5_Moy	E5_Nulle	E6_B	E6_Moy	E6_Nulle
	8	06/10/2020	Guillaume MARCHAIS	plateforme labour			plateforme 1/2 betteraves	1/2 betteraves		plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour		talus	plateforme labour	betteraves	
		12/10/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour			plateforme 1/2 betteraves	1/2 betteraves		plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour		talus	plateforme labour	betteraves	
9	19/10/2020	Léa BOUTAULT	plateforme labour			plateforme betteraves				plateforme labour			plateforme labour			plateforme labour		talus	plateforme labour	betteraves	

o Tableau simplifié des surfaces correspondantes aux habitats prospectés

Temps	Nbr de passages	Surface (m²)																		% moyen de surface prospectée sur l'ensemble du parc :
		E1			E2			E3			E4			E5			E6			
		Prospecté (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	Prospectée (B + Moy)	Non prospectée (Nulle)	% prospecté	
1	2	1258	6575	16%	7833		100%	1247	6586	16%	1497	6336	19%	1119	6714	14%	5053	2780	65%	38%
2	1	1258	6575	16%	7833		100%	1247	6586	16%	1497	6336	19%	1119	6714	14%	1247	6586	16%	30%
3	1	1258	6575	16%	1222	6611	16%	1247	6586	16%	1497	6336	19%	7542	291	96%	1247	6586	16%	30%
4	1	1258	6575	16%	1222	6611	16%	1247	6586	16%	1497	6336	19%	7542	291	96%	2843	4990	36%	33%
5	1		7833	0%	1222	6611	16%	7833		100%	1497	6336	19%	7542	291	96%	4026	3807	51%	47%
6	1	7833		100%	1222	6611	16%	7833		100%	7833		100%	7542	291	96%	1247	6586	16%	71%
7	10	7833		100%	1222	6611	16%	7833		100%	7833		100%	7542	291	96%	4026	3807	51%	77%
8	2	7833		100%	3978	3856	51%	7833		100%	7833		100%	7542	291	96%	7833		100%	91%
9	1	7833		100%	7833		100%	7833		100%	7833		100%	7542	291	96%	7833		100%	99%
Moyenne :				74%			36%			79%			76%			84%			54%	67%

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

➤ Parc de Dammarie

Ordre	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Age	Sexe	Date de découverte	Coordonnées X_L93	Coordonnées Y_L93	Distance au mât	Numéro éolienne	Environnement	Visibilité	Statut	Découvreur	Identificateur	Moyen identification	Contexte
CHIROPTERE	Pipistrelle indéterminée	<i>Pipistrellus sp.</i>	VOL	Ind	25/05/2020	587572,999	6803612,18	5	3	Plateforme	Bonne	?	Léa Boutault	Léa Boutault	Biométrie - Dentition sous loupe binoculaire	Suivi ICPE
OISEAU	Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	+1A	Ind	25/05/2020	587606,686	6804625,65	10	1	Plateforme	Bonne	Local	Léa Boutault	Léa Boutault	Plumage	Suivi ICPE
OISEAU	Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	VOL	Ind	25/05/2020	587621,472	6804630	8	1	Plateforme	Bonne	Local	Léa Boutault	Léa Boutault	Plumage, crâne	Suivi ICPE
CHIROPTERE	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	VOL	F	27/07/2020	588194,678	6803561,44	12	6	Plateforme	Bonne	Local	Léa Boutault	Léa Boutault	Biométrie - Dentition sous loupe binoculaire	Suivi ICPE
OISEAU	Martinet noir	<i>Apus apus</i>	1A	Ind	03/08/2020	587554,372	6803651,9	40	3	Chaume	Bonne	Migrateur	Léa Boutault	Léa Boutault	Plumage	Suivi ICPE
CHIROPTERE	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	VOL	F	25/08/2020	588178,173	6804094,43	35	5	Chaume	Bonne	Local	Léa Boutault, Valentine Leroy	Léa Boutault	Biométrie - Dentition sous loupe binoculaire	Suivi ICPE

*Age : +1A = adulte ; 1A = 1^{ère} année ; VOL = volant, âge non identifiable

➤ Parc de Francourville

Ordre	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Age	Sexe	Date de découverte	Coordonnées X_L93	Coordonnées Y_L93	Distance au mât	Numéro éolienne	Environnement	Visibilité	Statut	Découvreur	Identificateur	Moyen identification	Contexte
OISEAU	Martinet noir	<i>Apus apus</i>	+1A	Ind	22/06/2020	599569,519	6810888,7	10	4	Plateforme	Bonne	Local	Léa Boutault	Léa Boutault	Plumage	Suivi ICPE
OISEAU	Pipit des arbres	<i>Anthus trivialis</i>	VOL	Ind	22/06/2020	600503,051	6810366,92	20	6	Plateforme	Bonne	Local	Léa Boutault	Maxime Collet	Biométrie	Suivi ICPE
OISEAU	Martinet noir	<i>Apus apus</i>	1A	Ind	15/07/2020	599965,355	6810598,25	53	5	Chaume	Bonne	Migrateur	Guillaume Marchais	Léa Boutault	Plumage	Suivi ICPE
OISEAU	Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	1A	F	03/08/2020	600000,903	6810641,92	10	5	Plateforme	Bonne	Local	Léa Boutault	Léa Boutault	Plumage	Suivi ICPE
OISEAU	Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	+1A	M	14/09/2020	600643,451	6810749,17	33	3	Labour	Bonne	Migrateur	Léa Boutault	Léa Boutault	Plumage	Suivi ICPE
OISEAU	Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	1A	M	14/09/2020	599991,713	6810624,11	17	5	Labour	Bonne	Migrateur	Léa Boutault	Léa Boutault	Plumage	Suivi ICPE
CHIROPTERE	Pipistrelle sp.	<i>Pipistrellus sp.</i>	VOL	Ind	13/10/2020	599788,792	6811204,73	37	1	Labour	Bonne	?	Léa Boutault	Léa Boutault, Sébastien Roué	Biométrie - Dentition sous loupe binoculaire	Suivi ICPE
OISEAU	Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	1A	F	19/10/2020	599785,822	6811240,17	9	1	Plateforme	Bonne	Migrateur	Hugo Auclair	Léa Boutault, Hugo Auclair	Plumage	Suivi ICPE
OISEAU	Roitelet indéterminé	<i>Regulus sp.</i>	VOL	Ind	19/10/2020	600007,592	6810585,67	47	5	Labour	Bonne	Migrateur	Léa Boutault	Léa Boutault	Plumage	Suivi ICPE

*Age : +1A = adulte ; 1A = 1^{ère} année ; VOL = volant, âge non identifiable

ANNEXE 4 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITÉ RÉELLE OBTENUES À PARTIR D'EOLAPP

Présentation de quelques captures d'écran.

- Résultats obtenus pour la période 2 (mi-juillet – octobre) et pour les oiseaux (n cadavres = 1). Résultats présentés dans le tableau en partie 4.3.1.



Estimation des mortalités induites par les éoliennes

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :

Browse... cadavres_Dammarie20_P2_oiseaux.csv
Upload complete

Nb lignes lues = 14

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

Browse... persistence_last detection_Dammarie20_P2.csv
Upload complete

Nombre de lignes lues = 9

Méthode de calcul des intervalles de confiance

Non-paramétrique
 Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =

7

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =

107

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

90

Pourcentage de la surface prospectée =

0.86

CALCULER

Données en entrée

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

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

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

3, 7, 7, 0.5, 1, 14, 7, 14, 14

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	1.20	0.00	4.73	0.00	3.21
Huso	2.07	0.00	7.12	0.00	4.89
Winkelmann	1.93	0.00	7.94	0.00	5.15
Jones	2.14	0.00	7.54	0.00	5.22

➤ Résultats obtenus pour la période 1 (mai – mi-juillet) et pour les chauves-souris (n cadavres = 1). Résultats présentés dans le tableau en partie 4.3.1.



Estimation des mortalités induites par les éoliennes

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :

Browse... cadavres_Dammarie20_P1_chiros.csv
Upload complete

Nb lignes lues = 6

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

Browse... persistence_last detection_Dammarie20_P1.csv
Upload complete

Nombre de lignes lues = 9

Méthode de calcul des intervalles de confiance

Non-paramétrique
 Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =

10

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =

86

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

76

Pourcentage de la surface prospectée =

0.26

CALCULER

Données en entrée

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

1, 0, 0, 0, 0, 0

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

1, 1, 14, 3, 3, 3, 3, 0.5, 0.5

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	12.80	0.00	62.02	0.00	38.66
Huso	13.55	0.00	84.11	0.00	44.75
Winkelmann	20.67	0.00	115.98	0.00	78.34
Jones	18.83	0.00	354.60	0.00	112.18

ANNEXE 5 : PARAMÈTRES SERVANT À L'ESTIMATION DE LA MORTALITÉ RÉELLE AVEC « GENEST »

		Dammarie		Francourville	
GENERAL INPUTS	<i>Model inputs</i>				
	Number of iteration	1000		1000	
	Confidence level	0,8		0,8	
	Carcass Class Column	PERIODE		PERIODE	
SEARCHER EFFICIENCY	<i>Model inputs</i>	P1	P2	P1	P2
	Observations	Efficacité	Efficacité	Efficacité	Efficacité
	Predictor variables	Visibilité	Visibilité	Visibilité	Visibilité
	Fixed k	0.75	0.75	0.75	0.75
	<i>Selection</i>				
	p ~	Visibilité	Visibilité	Visibilité	Visibilité
	k	Fixed at 0.75	Fixed at 0.75	Fixed at 0.75	Fixed at 0.75
CARCASS PERSISTENCE	<i>Model inputs</i>				
	Last time present	LastPresent	LastPresent	LastPresent	LastPresent
	First time absent	FirstAbsent	FirstAbsent	FirstAbsent	FirstAbsent
	Predictor variables	/	/	/	/
	Distributions	toutes	toutes	toutes	toutes
	<i>Selection</i>				
Distribution	lognormal	lognormal	lognormal	loglogistic	
Location ~	constant	constant	constant	constant	
Scale ~	constant	constant	constant	constant	
MORTALITY ESTIMATION	<i>Model inputs</i>				
	Carcass ID	carclD	carclD	carclD	carclD
	Fraction of Facility Surveyed	1	1	1	1
	DWP	/	/	/	/
	Date found	DateFound	DateFound	DateFound	DateFound
	<i>Split mortality</i>				
	Search Schedule (SS) Variable	Période	Période	Période	Période
Carcass Observation (CO) Variable	Groupe	Groupe	Groupe	Groupe	