



BORALEX

Parc éolien de « La Vallée » sur les communes de Ménétréols-sous-Vatan et Lizeray (36)

Second suivi environnemental
post-implantation 2019 :
mortalité et des chiroptères et des oiseaux



Juillet 2020

PRÉSENTATION DU DOSSIER

Étude réalisée pour :



Gersende Dangoisse
Chef de Projets
Environnement
Environmental coordinator

T. +33 (0)4 78 92 46 18
M. +33 (0)4 78 42 03 44
gersende.dangoisse@boralex.com

Étude réalisée par :



Coordination générale :	<i>Guillaume VUITTON</i>
Coordination technique et scientifique :	<i>Guillaume MARCHAIS</i>
Suivis de mortalité :	<i>Laurie BURETTE et Guillaume MARCHAIS</i>
Rédaction et analyse :	<i>Elodie BRUNET et Guillaume MARCHAIS</i>
SIG et cartographie :	<i>Laure BOURJOT</i>

Photos de couverture de gauche à droite : Parc éolien de « La Vallée » (E.BRUNET – Ecosphère), Cadavre d'une Pipistrelle commune, Parc de « La Vallée » (E.BRUNET – Ecosphère) et Faucon crécerelle (L.SPANNEUT – Ecosphère).

Citation recommandée :

Ecosphère, 2020. – Second suivi de la mortalité sur le parc éolien de « La Vallée » en 2019 (36). Étude réalisée pour le compte de Boralex. 77 p.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, hors du cadre des besoins de la présente étude, et faite sans le consentement de l'entreprise auteur est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L.122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal

❖ Contexte général et objet de l'étude :

De nombreuses études ont montré l'impact des éoliennes sur les oiseaux et les chauves-souris, notamment en Amérique du nord (Kerns et Kerlinger, 2004 ; Arnett et al. 2009...), en Europe (Dürr, 2001 ; Alcade, 2003...) et en France (Dulac, 2008 ; Beucher et al. 2013 ; Albouy, 2010...). De récents travaux européens de compilation des données de mortalité (Dürr, 2015) mettent en évidence les espèces les plus sensibles au risque de collisions avec des éoliennes.

Dans ce contexte, la réglementation ICPE impose depuis 2011 un premier suivi dans les trois ans suivant la mise en service d'un parc, puis un suivi tous les dix ans.

Le parc éolien de « La Vallée », même s'il se situe au sein d'une plaine agricole de l'Indre (36) près de Vatan, est traversé par des flux diffus d'espèces migratrices. Les populations locales sont également susceptibles d'être impactées.

En 2016, la réalisation d'**un premier suivi de la mortalité du parc** a permis de quantifier l'impact sur les oiseaux et les chauves-souris en fin d'été, et la mise en place d'un suivi acoustique à hauteur de nacelle a permis d'évaluer les risques d'impact.

En 2019, le **bureau d'études Ecosphère a été missionné pour réaliser un second suivi mortalité un peu plus renforcé sur une période plus étendue (mai à octobre)**.

❖ Mission d'Ecosphère :

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

- réaliser le suivi de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux en recherchant les cadavres au pied des éoliennes ;
- analyser leur impact à la collision avec les pales ;
- préconiser des mesures visant à réduire les risques de collisions ;
- Vérifier l'efficacité du plan de bridage mis en place en 2019.

Sommaire :

PRÉSENTATION DU DOSSIER	2
1. CONTEXTE DU SUIVI.....	6
2. LOCALISATION DE L'ÉTUDE ET CONTEXTE ÉCOLOGIQUE	7
2.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE DU PARC DE « LA VALLÉE ».....	7
2.2. SITUATION VIS-À-VIS DES ZONAGES OFFICIELS DE BIODIVERSITÉ.....	9
2.3. SITUATION VIS-À-VIS DU SRCE	12
2.4. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE DES ÉTUDES ÉCOLOGIQUES RÉALISÉES DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE D'IMPACT	14
2.4.1. <i>Avifaune</i>	14
2.4.2. <i>Chiroptères</i>	14
2.4.3. <i>Synthèse des enjeux, impacts et mesures</i>	14
3. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES.....	15
3.1. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU PARC ÉOLIEN.....	15
3.2. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES ÉOLIENNES EN SERVICE	15
4. MÉTHODES DE TRAVAIL	16
4.1. SUIVI DE MORTALITÉ (2019)	16
4.1.1. <i>Protocole expérimental « Roads & Pads »</i>	16
4.1.1.1. Méthode de travail	16
4.1.1.2. Nombre d'éoliennes contrôlées	17
4.1.1.3. Calendrier du suivi	17
4.1.1.4. Collecte des observations.....	18
4.1.2. <i>Limites liées au suivi de mortalité</i>	18
4.1.2.1. Biais liés à l'identification des cadavres.....	18
❖ Oiseaux.....	19
❖ Chiroptères.....	19
4.1.2.2. Limites de détection des cadavres.....	20
4.1.3. <i>Estimation de la mortalité réelle à partir des données brutes</i>	21
4.1.2.3. Paramètres et biais pris en compte	21
❖ Ajustement de la surface réellement contrôlée (a).....	21
❖ Taux de persistance journalière des cadavres (p)	22
❖ Efficacité de l'observateur (d, ou Pk).....	23
4.1.2.4. Modèles statistiques.....	24
❖ Modèle d'Erickson (2000)	24
❖ Modèle de Jones (2009)	24
❖ Modèle de Huso (2010).....	25
4.1.2.5. EoApp (Besnard & Bernard, 2018).....	26
4.1.2.6. GENEST : estimateur international standardisé	26
4.1.2.7. Correctif lié à la période d'étude	27
4.2. MÉTHODE D'ÉVALUATION DES ENJEUX ET IMPACTS.....	29
4.2.1. <i>Évaluation de l'enjeu de conservation des espèces</i>	29
4.2.2. <i>Évaluation de la sensibilité générale des espèces à l'éolien</i>	29
4.2.3. <i>Évaluation des impacts</i>	32
4.3. MÉTHODE DE DÉFINITION DES IMPACTS ET DES MESURES DE RÉDUCTION ADAPTÉES AU PARC.....	32
5. RÉSULTATS DU SUIVI DE MORTALITÉ.....	33
5.1. RAPPEL DES NOMBRES DE CADAVRES D'OISEAUX ET DE CHIROPTÈRES RECENSÉS EN 2016	33
5.2. MORTALITÉS BRUTES DU SUIVI DE 2019	34
5.3. VARIABLES SERVANT À L'ESTIMATION DE LA MORTALITÉ RÉELLE	37
5.3.1. <i>Test de persistance des cadavres (variable p)</i>	37
5.3.2. <i>Test de détectabilité ou d'efficacité de l'observateur (variable d)</i>	38
5.3.3. <i>Ajustement de la surface réellement contrôlée (variable A)</i>	38

5.3.4. <i>Correctif lié à la période d'étude</i>	39
5.4. ESTIMATION DE LA MORTALITÉ RÉELLE (2019)	39
5.4.1. <i>Selon l'application « EolApp »</i>	39
5.4.1.1. Pour les chauves-souris en période 1 (1 passage tous les 7 jours)	40
5.4.1.2. Pour les oiseaux en période 1 (1 passage tous les 7 jours)	41
5.4.1.3. Pour les chauves-souris en période 2 (1 passage tous les 3 ou 4 jours)	42
5.4.1.4. Pour les oiseaux en période 2 (1 passage tous les 3 ou 4 jours)	43
5.4.2. <i>Selon l'application GENEST</i>	44
5.4.3. <i>Comparaison des estimateurs</i>	46
5.4.4. <i>Conclusion sur la mortalité résiduelle estimée avec un bridage nocturne</i>	47
6. ÉVALUATION DES IMPACTS	48
6.1. CHIROPTÈRES IMPACTÉS EN 2016	48
6.2. CHIROPTÈRES IMPACTÉS EN 2019	50
6.3. OISEAUX IMPACTÉS EN 2016	51
6.4. OISEAUX IMPACTÉS EN 2019	52
7. MESURES DE RÉDUCTION DE L'IMPACT ÉOLIEN	54
7.1. ALGORITHMES DE BRIDAGE NOCTURNE	54
7.1.1. <i>Algorithmes de bridage mis en place depuis mai 2019</i>	54
7.1.2. <i>Algorithmes de bridage recommandé pour les années à venir</i>	55
7.2. VÉRIFICATION DE L'EFFICACITÉ DU NOUVEAU BRIDAGE NOCTURNE	55
8. BIBLIOGRAPHIE	56
9. ANNEXE 1 : DONNÉES MORTALITÉ BRUTE 2019	60
10. ANNEXE 2 : DONNÉES MORTALITÉ FORMATÉES POUR LES ESTIMATIONS AVEC « GENEST »	61
11. ANNEXE 3 : RÉSULTATS DES TROIS SUIVIS ACOUSTIQUES EN ANCELLE DE 2016	73

1. CONTEXTE DU SUIVI

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'Etat compétente en matière d'environnement. »

En novembre 2015, l'État a publié un premier protocole standardisé permettant de cadrer la réalisation des suivis environnementaux. Il guidait 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.

Pour le parc de la Vallée, un premier suivi réalisé en 2016 par Ecosphère, combinant 4 passages en août et 3 suivis acoustiques en nacelle de mi-juillet à début novembre 2016, ont mis en avant la présence d'une sensibilité sur les chiroptères, nécessitant la mise en place d'un plan de bridage.

Étant donné l'ancienneté des machines (Siemens Gamesa), le bridage n'a pas pu techniquement réalisé l'année d'après. Une fois que la solution technique a pu être mise en œuvre en 2019, il a été décidé de **reconduire un nouveau suivi mortalité afin de vérifier l'efficacité de cette mesure correctrice**.

Celui-ci n'était pas strictement réglementaire au sens qu'il n'a pas été exigé par un arrêté préfectoral initial ou modificatif. **C'est donc sur la base du volontariat que Boralex a missionné Ecosphère afin d'obtenir des données plus récentes**, tel que préconisé dans le rapport du premier suivi 2016. Une approche expérimentale dite « Roads & Pads », basée sur des retours d'expériences nord-américains, a ainsi été testée pour **couvrir une période plus étendue (mi-mai à fin octobre) tout en maîtrisant les coûts**.

2. LOCALISATION DE L'ÉTUDE ET CONTEXTE ÉCOLOGIQUE

2.1. Situation géographique du parc de « La Vallée »

Voir la carte n°1 « Localisation du parc de « La Vallée ».

Le parc éolien de « La Vallée » est situé au nord-est du département de l'Indre (36) en région Centre-Val de Loire, à environ 8 kilomètres au nord-ouest d'Issoudun. Il est constitué de 16 éoliennes réparties en 3 noyaux sur les communes de Lizeray et Ménétréols-sous-Vatan.

Carte n° 1 : Localisation du parc éolien de la "Vallée"

Parc éolien de "La Vallée" (36) - Communes de Ménétréols-sous-Vatan et Lizeray - Suivi post-implantation de la mortalité et de la fréquentation des chiroptères et des oiseaux



Eoliennes concernées par
un suivi

- Aucun suivi
- Suivi de la mortalité
- Suivi de la mortalité et acoustique



0 0,25 0,5 Km
Ecosphère, BORALEX,
2017

Source : Fond Scan25 - IGN ©

Ce parc s'inscrit dans un contexte agricole de cultures intensives. On retrouve quelques boisements et haies à proximité des éoliennes.



Figure 1 : Vue de six éoliennes du parc de « La Vallée » depuis l'éolienne 18
(éoliennes 17 à 12) - E.Brunet, Ecosphère

2.2. Situation vis-à-vis des zonages officiels de biodiversité

Voir les cartes n°2 et n°3 « Zonages réglementaires et d'inventaire (ZNIEFF, Natura 2000) ».

Le parc éolien n'est situé dans **aucun espace naturel protégé** (Parc Naturel National ou Régional, Réserve Naturelle Nationale ou Régionale) **ou géré** (par le Conservatoire d'Espaces Naturels, Espaces Naturels Sensibles).

Aucun zonage d'inventaires ne concerne directement le parc éolien. Il se trouve néanmoins **à environ 5,3 kilomètres à l'ouest de la Zone Spéciale de Conservation (ZSC) « Ilots de marais et coteaux calcaires au nord-ouest de la Champagne berrichonne » (FR24000531).** Elle a été désignée pour ces habitats de marais, de prairies humides, de forêts alluviales mais aussi de coteaux calcaires qui renferment une grande diversité d'espèces floristiques rares et protégées (Gentiane pneumonanthe, Pigamon jaune). Des populations de **Grand Murin** et de **Grand Rhinolophe** se reproduisent sur le site.

Dans un rayon de 10 kilomètres, quatre ZNIEFF ont également été inventoriées :

- la **ZNIEFF de type 1 n°240030107 « Pelouses de Neroux »** est localisée à 5,7 kilomètres à l'est du parc éolien, est constituée de pelouses calcicoles qui accueillent de nombreuses espèces végétales rares et protégées (Ondotites de Jaubert, Vesce de Narbonne...) ;
- la **ZNIEFF de type 1 n°240000578 « Pelouses des Bois Borgnes »**, située à 6,2 kilomètres au sud-est de la zone d'étude, est un ensemble de pelouses calcicoles et de fourrés à Genévrier ;

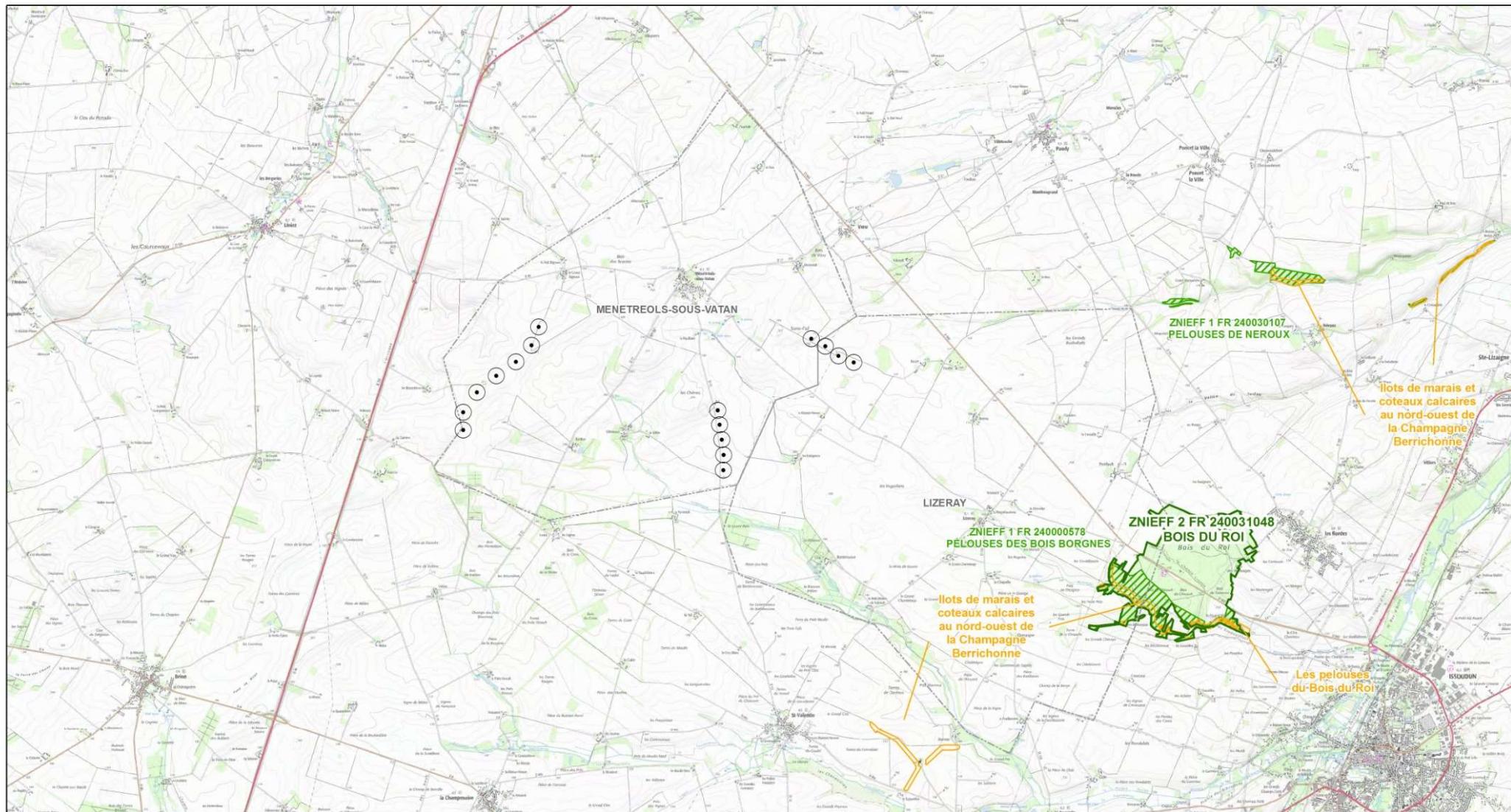
- la **ZNIEFF de type 2 n°240031048 « Bois du Roi »**, située à 6,3 kilomètres au sud-est désignée pour son intérêt floristique. Il s'agit d'un boisement calcicole thermophile renfermant plusieurs espèces végétales protégées comme le Limodore de Trabut ;
- la **ZNIEFF de type 2 n° 240031330 « Marais de Thizay »**, localisée à 10 kilomètres au sud-est est une vaste tourbière alcaline abritant une faune et une flore remarquables avec de nombreuses espèces d'insectes déterminantes et menacées (*non représentée sur la cartographie*).

Les descriptions des sites sont issues des bordereaux officiels : fiches ZNIEFF, Formulaires Standards des Données Natura 2000, etc. (source : DREAL Centre-Val-de-Loire).



Carte n° 2 : Zonages d'inventaire et de protection

Parc éolien de "La Vallée" (36) - Communes de Ménétréol-sous-Vatan et Lizeray - Suivi post-implantation de la mortalité et de la fréquentation des chiroptères et des oiseaux



● Eolienne

Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique de type 2 (ZNIEFF)

Limite communale

Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique de type 1 (ZNIEFF)

Site du conservatoire de la région Centre-Val de Loire



0 1 2 Km

Écosphère, Boralex,
2016

Source : Fond Scan25 - IGN ©

2.3. Situation vis-à-vis du SRCE

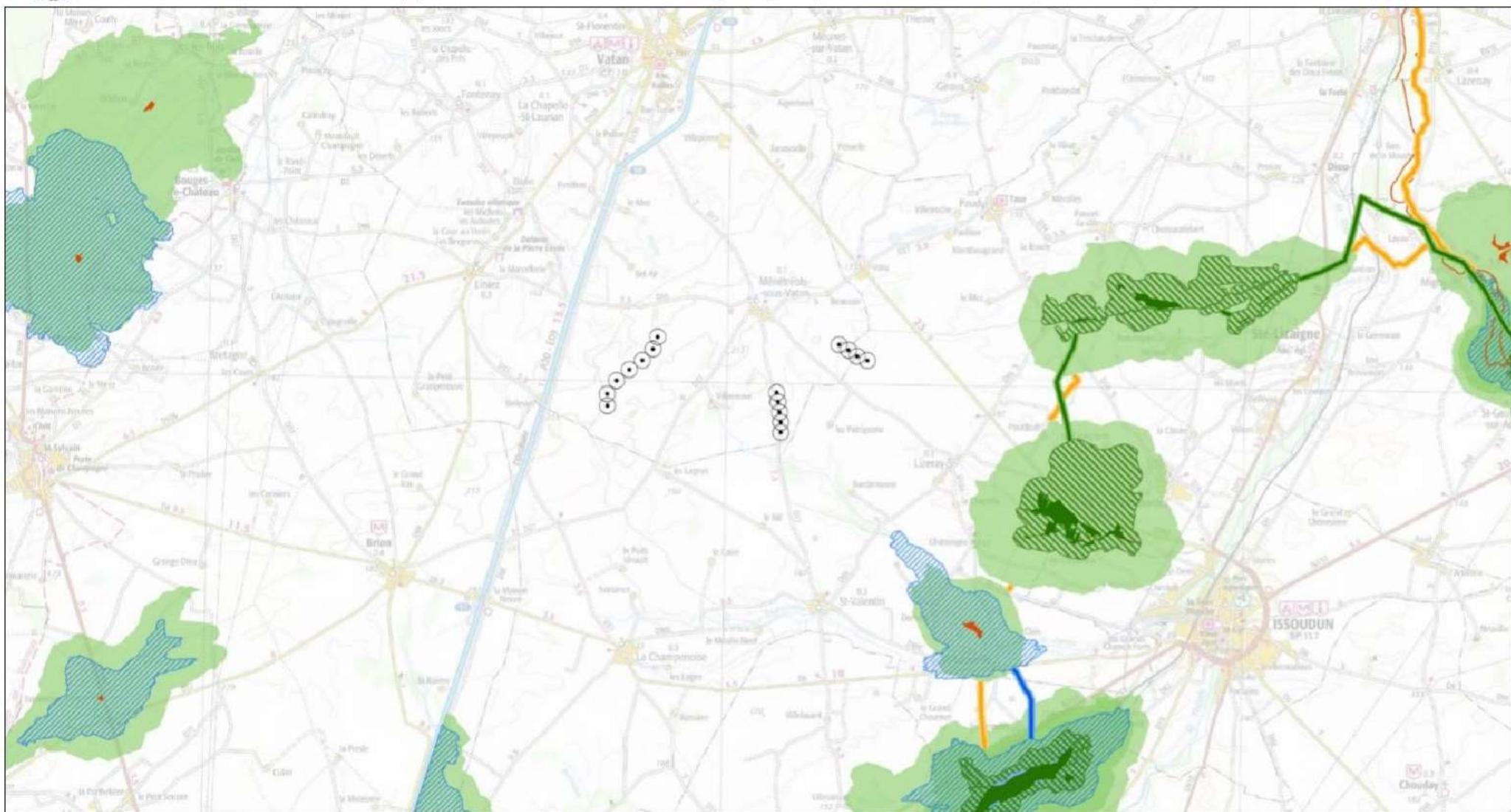
Voir la carte n°3 « Schéma Régional de Cohérence Écologique ».

Le parc éolien de « La Vallée » ne se situe ni dans un réservoir de biodiversité ni dans un corridor écologique (Carte n°3) identifié dans le SRCE, mais se trouve en revanche à environ 5 km à l'ouest d'un réservoir de biodiversité lié aux espaces boisés. Aucun lien fonctionnel n'existe entre le parc de « la Vallée » et ce réservoir.

Un autre réservoir, concernant les sous-trames des milieux humides et des pelouses et prairies avec son réseau de corridors diffus, est situé à un peu plus de 6 kilomètres à l'est du parc. Aucun lien fonctionnel n'existe entre le parc de « La Vallée » et ces corridors.

Carte n° 3 : Schéma régional de cohérence écologique

Parc éolien de "La Vallée" (36) - Communes de Ménétréols-sous-Vatan et Lizeray - Suivi post-implantation de la mortalité et de la fréquentation des chiroptères et des oiseaux



Eolienne

Réservoirs de biodiversité

- Sous-trame boisée (forêt calcaire, acide et alluviale)
- Sous-trame bleue (zone humide)
- Sous-trame herbacée (prairie, pelouse acide)

Corridors écologiques

- Sous-trame boisée
- Sous-trame herbacée (pelouses calcaires et prairies)
- Sous-trame des prairies
- Sous-trame milieux humides

Corridors diffus

- Sous-trame boisée
- Sous-trame herbacée (pelouses calcaires et prairies)
- Sous-trame des milieux humides



Ecosphère, Boralex,
2017

Source : Fond Scan100 - IGN ©
données DREAL Centre

2.4. Synthèse bibliographique des études écologiques réalisées dans le cadre de l'étude d'impact

Trois structures ont participé à la réalisation de l'étude d'impact écologique : le bureau d'étude GAUDRIOT (avifaune), l'association BATS (chiroptères) et le bureau d'étude SAUNIER et Associés (habitats naturels et flore).

2.4.1. Avifaune

Le bureau d'étude a réalisé des observations à poste fixe pour étudier les espèces migratrices et les lieux de halte migratoire entre septembre 2004 et septembre 2005, avec un total de 12 passages répartis sur un cycle annuel. Les espèces hivernantes ont été étudiées par contact visuel et auditif. Les individus nicheurs ont été suivis par la méthode d'IPA (Indices Ponctuels d'Abondance). D'après l'auteur, **8 espèces sensibles au dérangement ou à l'éolien ont été recensées à proximité du projet, toutes étant des rapaces diurnes** : Busard Saint Martin, Buse variable, Circaète Jean-le-Blanc, Épervier d'Europe, Faucons crécerelle, émerillon et hobereau, et Milan royal.

2.4.2. Chiroptères

Les recherches acoustiques au sol ont été menées à l'aide d'un détecteur d'ultrasons (15 points d'écoute de 5 min sur 3 soirées en septembre 2004) et ont permis de contacter **3 espèces au sein et à proximité du site d'implantation** : Murin de Daubenton, Pipistrelle commune et Sérotine commune. Ces faibles résultats sont en partie dus à la pauvreté du paysage dépourvu de haies, bosquets et points d'eau, mais surtout liés à la faible pression d'échantillonnage.

2.4.3. Synthèse des enjeux, impacts et mesures

D'après l'étude d'impact, le parc présente une sensibilité forte liée à l'avifaune recensée à proximité des éoliennes (rapaces diurnes). En phase travaux, les périodes hors nidification ont été privilégiées pour limiter le dérangement des espèces sensibles. En outre, afin de limiter les impacts sur l'avifaune migratrice en phase exploitation, les machines ont été placées parallèlement au sens de migration et les éoliennes ont été regroupées au maximum.

Les espèces de chiroptères inventoriées à l'époque n'étant pas considérées comme sensibles à l'éolien, aucune mesure n'a donc été définie pour ce groupe.

3. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

3.1. Caractéristiques générales du parc éolien

Le parc éolien de « La Vallée » est composé de 16 éoliennes mises en service en décembre 2013.

Tableau 1 : Caractéristiques du parc de « La Vallée »

Date de mise en service	Décembre 2013
Modèle	GAMESA 90
Nombre d'éoliennes	16
Exploitant	BORALEX
Puissance cumulée	32 000 kW

3.2. Caractéristiques techniques des éoliennes en service

Le modèle GAMESA G90/2000KW est utilisé sur le parc de « La Vallée ».

Tableau 2 : Caractéristiques des éoliennes GAMESA 90/2000KW

Hauteur du moyeu	67 m
Diamètre du rotor	90 m
Garde au sol	22 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)	21 m/s

4. MÉTHODES DE TRAVAIL

4.1. Suivi de mortalité (2019)

4.1.1. Protocole expérimental « Roads & Pads »

4.1.1.1. Méthode de travail

Des expérimentations nord-américaines (Huso et al 2015⁵ ; Avangrid 2017⁶) notamment ont permis de montrer que des recherches aléatoires sur les surfaces les plus visibles autour des éoliennes jusqu'à un rayon de 120 m, et répétées un grand nombre de fois sur toutes les éoliennes d'un parc éolien permettaient de collecter des données statistiquement valides, à condition d'y associer des tests estimant bien les biais.

Elle consiste à prospecter systématiquement mais rapidement ces surfaces nues faciles à observer (plateformes, chemins d'accès, labour fin) jusqu'à un rayon de 100 m qui correspondent seulement 15 à 25 % des surfaces totales d'un rayon de 50 m (protocole réglementaire) ; et de chercher brièvement aux jumelles autour si des cadavres d'oiseaux de gros gabarit (rapaces notamment).



Figure 2 – Éolienne 36 de l'alignement est du parc de la Vallée.
En jaune : les surfaces les plus visibles (« roads & pads ») qui seront prospectées systématiquement et rapidement

⁵ Source : <https://pdfs.semanticscholar.org/b0e8/df908af865a6d80437638aeed3c6655ee6f4.pdf>

⁶ Plus d'infos sur http://www.avangridrenewables.us/rel_11.12.08.html et http://cww2017.pt/images/Congresso/presentations/oral/CWW17_talk_S08_2_Roppe%20et%20al.pdf

Associées à des tests de persistance des cadavres et de performance des observateurs bien élaborés, ces prospections apportaient suffisamment de données statistiquement représentatives les espèces et les périodes sensibles, tout en réduisant fortement les temps de prospections par éolienne (10 min contre 40 min en moyenne) et la pénibilité associée à la marche dans les labours et cultures.

En effet, l'expérience montre que la persistance dans ce type de milieux est relativement courte (quelques jours : 1 à 4 en général) notamment pour les chauves-souris. Ce protocole expérimental permet de doubler la fréquence de passage le parc, et de réduire ainsi le biais de la disparition des cadavres par rapport à 1 passage tous les 7 jours.

[4.1.1.2. Nombre d'éoliennes contrôlées](#)

Les **16 éoliennes** du parc ont été suivies pour optimiser la validité statistique de ce protocole expérimental.

[4.1.1.3. Calendrier du suivi](#)

En vue d'une vérification de l'efficacité du bridage, 38 passages entre mi-mai et fin octobre 2019 (1 passage tous les 7 jours en 1^{ère} période, et 2 passages tous les 7 jours en seconde période).
Les dates de passage sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Date et fréquence des passages

Passage	Date Passage	Commentaire
1	17-mai-19	Suivi de mortalité
2	24-mai-19	Suivi de mortalité
3	31-mai-19	Suivi de mortalité
4	07-juin-19	Suivi de mortalité + Test de persistance des cadavre, Jour 1
5	08-juin-19	Test de persistance des cadavre, J+1
6	10-juin-19	Test de persistance des cadavre, J+3
7	14-juin-19	Suivi de mortalité + Test de persistance des cadavre, J+7
8	17-juin-19	Test de persistance des cadavre, J+10
9	21-juin-19	Suivi de mortalité + Test de persistance des cadavre, J+14
10	28-juin-19	Suivi de mortalité
11	05-juil-19	Suivi de mortalité
12	12-juil-19	Suivi de mortalité
13	19-juil-19	Suivi de mortalité
14	26-juil-19	Suivi de mortalité
15	30-juil-19	Suivi de mortalité
16	02-août-19	Suivi de mortalité
17	06-août-19	Suivi de mortalité
18	09-août-19	Suivi de mortalité
19	13-août-19	Suivi de mortalité
20	16-août-19	Suivi de mortalité
21	20-août-19	Suivi de mortalité
22	23-août-19	Suivi de mortalité

Passage	Date Passage	Commentaire
23	27-août-19	Suivi de mortalité + Test de persistance des cadavre, Jour 1
24	28-août-19	Test de persistance des cadavre, J+1
25	30-août-19	Suivi de mortalité + Test de persistance des cadavre, J+3
26	03-sept-19	Suivi de mortalité + Test de persistance des cadavre, J+7
27	06-sept-19	Suivi de mortalité + Test de persistance des cadavre, J+10
28	10-sept-19	Suivi de mortalité + Test de persistance des cadavre, J+14
29	13-sept-19	Suivi de mortalité
30	17-sept-19	Suivi de mortalité
31	20-sept-19	Suivi de mortalité
32	24-sept-19	Suivi de mortalité
33	27-sept-19	Suivi de mortalité + Test effet observateur
34	01-oct-19	Suivi de mortalité
35	04-oct-19	Suivi de mortalité
36	08-oct-19	Suivi de mortalité
37	11-oct-19	Suivi de mortalité
38	15-oct-19	Suivi de mortalité
39	18-oct-19	Suivi de mortalité
40	22-oct-19	Suivi de mortalité
41	25-oct-19	Suivi de mortalité
42	29-oct-19	Suivi de mortalité Beaucoup de brouillard

4.1.1.4. Collecte des observations

Après avoir identifiés (sinon mesuré et photographié) les éventuels cadavres découverts, l'observateur a veillé à noter leur position (coordonnées GPS, direction et distance par rapport au mât) et leur état (degré de dégradation, type de blessure apparente...). Des mesures complémentaires ont été relevées si possible (âge, sexe, état reproductif, temps estimé de la mort...). L'observateur a renseigné aussi autant que possible les conditions météorologiques (vent, nébulosité...) à chaque passage.

Un exemple de fiche de terrain est disponible en annexe 1.

4.1.2. Limites liées au suivi de mortalité

4.1.2.1. Biais liés à l'identification des cadavres

Malgré l'état de décomposition ou de fragmentation de certains cadavres, l'ensemble des individus ou plumiers trouvés a autant que possible été identifié à l'espèce. Différents ouvrages ont été utilisés pour l'identification en fonction de l'état dans lequel était le cadavre au moment de la découverte.

❖ *Oiseaux*

Guides et ouvrages consultés :

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

Dans certain cas, le cadavre a été prédaté et seules les plumes restaient. Elles possédaient pour la plupart des caractéristiques particulières permettant de spécifier l'individu. Les ouvrages et site internet suivants ont aidé à l'identification :

- ✓ Fraigneau C. 2014. Reconnaître facilement les plumes, Delachaux & Niestlé ;
- ✓ Brown R., Ferguson J., Lawrence M. & Lees D., 1989. Reconnaître les plumes, les traces et indices des oiseaux, Bordas, 232p. ;
- ✓ Site web: www.alulawebiste.com.

❖ *Chiroptères*

Guides et clés d'identification consultés :

- ✓ Menu H. et Popelard J-B. 1987. Utilisation des caractères dentaires pour la détermination des Vespertilionines de l'ouest européen. Le Rhinolophe, bulletin de la coordination ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris. N°4. Museum d'Histoire Naturelle de Genève. 89 p ;
- ✓ Dodelin B. 2002. Identification des chiroptères de France à partir de restes osseux. Fédération Française de Spéléologie. 48 p ;
- ✓ Dietz & von Helversen. 2004. Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe. 56 p ;
- ✓ Arthur L. & Lemaire M. 2015. Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope. 544 p ;
- ✓ Marchesi, Blant et Capt. 2011. Clé morphologique et clé des crânes présentes dans le guide : Mammifères de Suisse : clés de détermination. Fauna Helvetica 21, CSCF & SSBF, Neuchâtel. 294 p.

La clé d'identification de Dietz & von Helversen et la clé morphologique de Fauna Helvetica sont principalement utilisables pour des individus en bon (voire très bon) état. Des mesures biométriques (longueur de l'avant-bras, des 3^{ème} et 5^{ème} doigts ou forme de certaines cellules du patagium de l'aile) permettent parfois d'identifier les Pipistrelles de Nathusius et de Kuhl, et ponctuellement les Pipistrelles commune ou pygmée.

La clé des crânes de Fauna Helvetica, ainsi que les publications de Menu et Dodelin, permettent une identification à l'espèce à partir du crâne et tout particulièrement de la dentition. 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 chez les Pipistrelles (Dietz & von Helversen, 2004). Toutes les chauves-souris découvertes n'ont pas pu être identifiées à l'espèce (notamment lorsqu'il manquait le crâne). Les Pipistrelles commune et pygmée sont le plus souvent impossibles à distinguer, même avec l'observation des dents, la plupart des

critères (dentaires et morphologiques) ayant été décrits avant la séparation des deux espèces (Jones & Van Parijs, 1993). Sur le site étudié, la Pipistrelle pygmée reste très rare, la plupart des cadavres de ce groupe d'espèce est ainsi très probablement de la Pipistrelle commune.



Figure 3 : Mesure de l'avant-bras sur une Pipistrelle commune
(Ecosphère)

4.1.2.2. Limites de détection des cadavres

Les limites de détection des cadavres induisant un biais pour l'évaluation de l'impact réel d'une éolienne sont les suivantes dans le cadre de ce protocole expérimental « Roads & Pads » :

- **la surface prospectée** : elles sont limitées aux surfaces rases les plus visibles (plateformes et chemins d'accès) de manière volontaire, en général représentant 20 à 35 % de la surface d'un disque d'un rayon de 50 m. Ceci étant dit, les surfaces sont généralement peu prospectables de toutes les façons avant les moissons (période 1), du coup le différentiel n'est pas si important avec les prospections du protocole national ;
- **la performance de l'observateur pour la découverte des cadavres** peut varier selon les personnes (différents degrés d'expérience dans la détection), mais étant donné que les surfaces sont bien visibles, les écarts entre observateurs sont en général faibles et les scores élevés ;
- **la disparition des cadavres** est plus ou moins rapide selon l'abondance des charognards, les habitats proches et la durée depuis la mise en service des éoliennes (habituation des charognards). Les disparitions pouvant avoir lieu dans la nuit même ou sur un nombre de jours plus ou moins long (persistance des cadavres). Cette persistance semble également variable selon le type et la taille des cadavres.

Ces limites sont des paramètres clés pour estimer la mortalité des chauves-souris et des oiseaux, notamment au travers d'analyses statistiques.

Pour ce second suivi réalisé en 2019 à titre volontaire de la part de Boralex, la visibilité était bonne pour une majorité des surfaces prospectées, et toutes les 16 éoliennes ont pu être suivies (seulement 12 l'auraient été en application du protocole national 2018).

De même afin d'évaluer la persistance des cadavres, des leurres ou « faux cadavres » (souris blanches congelées et poussins surtout) ont été posés et recherchés.

4.1.3. 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.

Les estimations de cette probabilité de détection peuvent se faire selon plusieurs modèles d'estimation 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 persistances 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, **quelque-soit la méthode utilisée, les estimations sont sous-estimées pour des durées de persistances 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.

4.1.2.3. 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.

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

$$A = \frac{\sum_{k=1}^7 \frac{c_k}{p_k \cdot s_k}}{\sum_{k=1}^7 \frac{c_k}{p_k}}$$

Avec :

Sk : la proportion du cercle concentrique k prospecté
Ck : le nombre de cadavres comptés sur le cercle concentrique k
Pk : la probabilité de détection, ou efficacité de l'observateur (ici notée d)

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 ce suivi, l'utilisation de l'application « EolApp »⁷ (détailée ci-après) ne nécessite pas directement les résultats de ces calculs fins ; mais se base plutôt sur les évaluations des surfaces prospectées (exprimées en pourcentage de la surface théorique de prospection autour d'une éolienne et moyenné sur toutes les valeurs obtenues pour les 16 éoliennes du parc).

❖ *Taux de persistance journalière des cadavres (p)*

Comme vu précédemment, le taux de persistance des cadavres est une donnée fondamentale, il équivaut à la proportion de dépouilles qui demeurent durant l'intervalle compris entre deux recherches (Cornut et Vincent, 2010). La durée de persistance des carcasses en jours dépend à la fois de la pression de préation 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.

Dans le cadre de ce suivi, et en accord avec les recommandations du protocole de suivi environnemental, deux tests de persistance ont été effectués à chaque période (avant et après fin juillet), soit en juin et en aout. Ils ont consisté à déposer **un total de 40 cadavres (36 souris blanches et 4 poussins)** fraîchement décongelés autour de plusieurs éoliennes des trois alignements du parc de la Vallée. Aussi, **les souris ont été déposées aléatoirement sur l'emprise de la surface théorique à prospecter, et réparties uniquement sur les surfaces bien visibles (classe 1).**

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).

⁷ <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>



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

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

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

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

L'efficacité de l'observateur principal à détecter des cadavres a été testée le 27/09/2019. Pour ce faire, des leurres en caoutchouc ont été déposés aléatoirement dans le périmètre prospecté en amont des recherches de mortalité, au sein des classes de végétation... 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.

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

D'habitude, cette efficacité dépend des classes de végétation définies par la combinaison de la hauteur de végétation, de la visibilité du site et de la topographie (Rodrigues *et al.*, 2008). **Sur le parc étudié, seule la classe de visibilité bonne correspondant aux plateformes et chemins d'accès prospectés a été testée.**



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

4.1.2.4. 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. 4.1.2.3)

d : efficacité de l'observateur (cf. 4.1.2.3)

tm = durée moyenne de persistance en jours

I : Intervalle moyen entre deux visites

\hat{I} : Intervalle effectif moyen

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

$$\frac{\min(I:\hat{I})}{I}$$

Jones utilise la notion d'« intervalle effectif » pour calculer le coefficient correcteur \hat{e} 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, \hat{I} est donc égal à : $-\log(0,01) \times tm$. Dans le calcul, I prend la valeur minimale entre I et \hat{I} , notée \hat{e} .

❖ 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 :

D'où la formule :

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

Avec :

C : nombre de cadavres trouvés

a : coefficient de correction surfacique (cf. 4.1.2.3)

d : efficacité de l'observateur (cf. 4.1.2.3)

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

$$\frac{\min(I:\hat{I})}{I}$$

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

4.1.2.5. 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 serveur⁸. 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, conformément aux demandes du protocole national de 2018. En effet, le calcul de la mortalité à l'aide des différentes formules issues de la littérature et proposées par le Ministère, sont de fait des estimations. Ce calcul repose sur des processus d'échantillonnage multiples. Par exemple, la répartition des mortalités dans le temps est en soi 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.

4.1.2.6. GENEST : estimateur international standardisé

Les spécialistes internationaux mentionnées précédemment que sont **Huso & Dalthorp (USGS) et Korner-Nievergelt (Oïkostat), trois auteurs cités dans le protocole national 2018**, se sont associés avec d'autres pour mettre à disposition une solution informatique gratuite fonctionnant sous le logiciel open source R⁹, nommée « **GenEst** »¹⁰. Celle-ci permet d'intégrer les différents paramètres pour modéliser au mieux la mortalité (persistance des cadavres, efficacité de la détection) et **fournir des estimations ajustées selon les variables prises en compte (taille des cadavres, période de l'année, distinction oiseaux des 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.

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, 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, mais de manière plus fine (par période et par taille de cadavres selon les classes visibilités des zones prospectées).

⁸<https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>

⁹<https://www.r-project.org/>

¹⁰<https://www.usgs.gov/centers/fresc/science/a-generalized-estimator-estimating-bird-and-bat-mortality-renewable-energy>

4.1.2.7. Correctif lié à la période d'étude

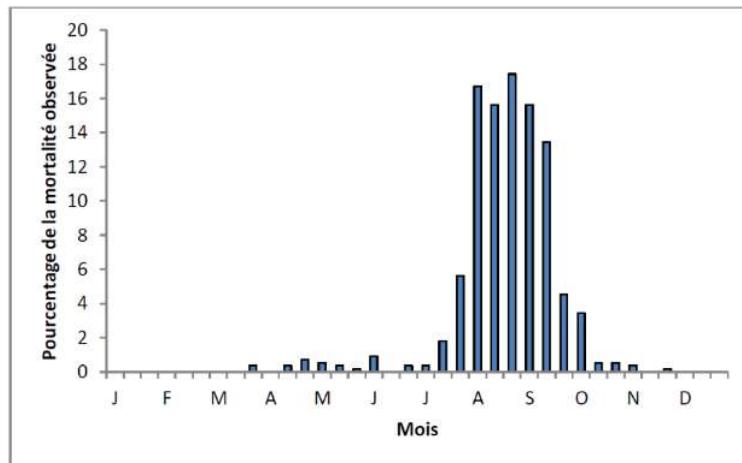
Les 38 passages ont été réalisés entre le 17/05 et le 29/10/2019 pour l'ensemble des 16 éoliennes.

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 suivant compilé par Ecosphère (Heitz & Jung, 2017) pour disposer de pourcentages par décades.

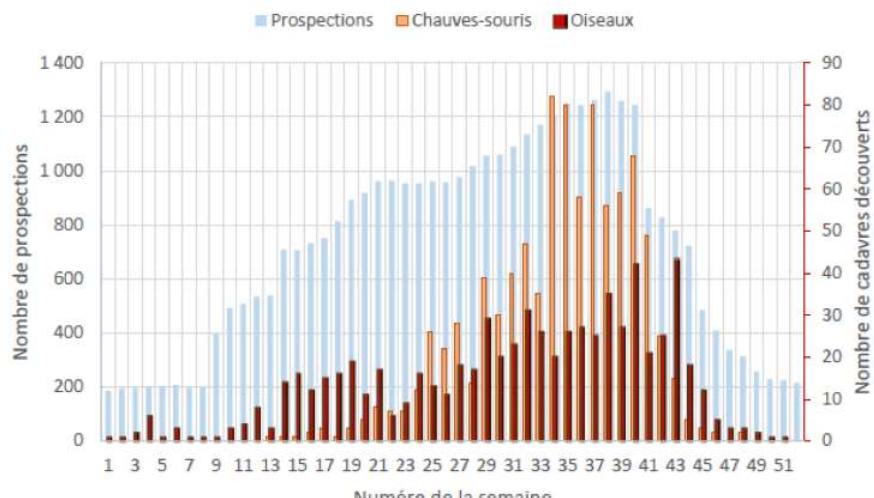


Répartition temporelle des cadavres de chauves-souris récoltés
(données Dürr, 2007, in Jones & al., 2009 ; graphique Heitz & Jung, 2017)

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

Semaine de découverte des cadavres

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



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

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

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

Pourcentage de mortalité (toutes espèces)	Chiroptères		Oiseaux	
mi-mai à fin Octobre (semaines 20 à 44)	90 %	4 cadavres découverts	70 %	11 cadavres découverts
Reste de l'année avec des cadavres possiblement observés selon la bibliographie	10 %		30 %	

4.2. Méthode d'évaluation des enjeux et impacts

4.2.1. Évaluation de l'enjeu de conservation des espèces

Un enjeu de conservation est attribué à partir des listes rouges régionales, nationales et européennes¹¹ sur la base du tableau suivant.

Liste Rouge IUCN	Niveau d'enjeu de conservation
CR (En danger critique)	Très fort
EN (En danger)	Fort
VU (Vulnérable)	Assez fort
NT (Quasi-menacé)	Moyen
LC (Préoccupation mineure)	Faible
DD (insuffisamment documenté), NE (Non évalué)	« 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 de chauves-souris, l'enjeu est estimé sur la base de la liste rouge nationale uniquement (2017), la liste rouge européenne étant plus ancienne (2007). 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).

4.2.2. Évaluation de la sensibilité générale des espèces à l'éolien

NB : Depuis 2015-16, la méthodologie a un peu évolué ; et les données européennes sur la mortalité ont été mises à jour.

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.

¹¹ 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'IUCN. 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.

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 :

Tableau 3 : 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, Cendrillon 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 dénominations 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'Eurolab 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 Eurolab 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'Eurolab.

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

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

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

Tableau 4 - Évaluation de la sensibilité brutes 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 Natusius	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 échancrées	5 / 3	< 0,1 %	
Murin à moustaches	5 / 1	< 0,1 %	Faible à négligeable
Murin de Natterer	2 / 0	< 0,1 %	
Barbastelle d'Europe	6 / 4	< 0,1 %	
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.



4.2.3. Évaluation des impacts

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

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

Tableau 5 - définition des niveaux d'intensité de l'effet négatif

		Niveau de sensibilité		
Niveau de Portée de l'effet		Fort	Moyen	Faible
Fort	Fort	Assez Fort	Moyen	Moyen
Moyen	Assez Fort	Moyen	Faible	
Faible	Moyen à Faible	Faible		-

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

Tableau 6 : 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).

4.3. 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 bridge) des éoliennes est la principale mesure de réduction de l'impact de collision des chauves-souris et des oiseaux. **Ce bridge doit être proportionné au niveau d'impact constaté** (nombre de cadavres et vulnérabilité des espèces concernées) **et à la fréquentation du parc** (nombre de contacts enregistrés en altitude et vulnérabilité des espèces contactées). Il est défini principalement en fonction des périodes d'activité des espèces vulnérables (mois de l'année, heures de la nuit, vitesse du vent, température...).

5. RÉSULTATS DU SUIVI DE MORTALITÉ

5.1. Rappel des nombres de cadavres d'oiseaux et de chiroptères recensés en 2016

Sur les 10 éoliennes suivies du parc au cours des 4 passages réalisés en août 2016, un total de 5 cadavres a été trouvé dont 3 oiseaux et 2 chauves-souris (voir la carte 6).

Les 3 oiseaux tués par les éoliennes sont des espèces probablement locales et reproductrices (Bruant proyer : 1 cadavre, Faucon crécerelle : 2 cadavres).

Les 2 chauves-souris tuées par les éoliennes sont des espèces probablement migratrices (Noctule de Leisler : 2 cadavres). On constate qu'un seul groupe de chauves-souris est impacté : les noctules avec des espèces réputées sensibles et à enjeu national.

Tableau 7 : Synthèse des cadavres recensés sur le parc de « La Vallée » en 2016

N° de l'éolienne	Date de découverte du cadavre	Espèce	Distance au mat (m)	État	Enjeu régional (reproduction)	Enjeu européen (oiseaux) ou national (chiroptères)
14	16/08/2016	Faucon crécerelle	27	Reproducteur local probable	Faible	Faible
	16/08/2016	Noctule de Leisler	5	Migrateur probable	Moyen	Moyen
18	16/08/2016	Faucon crécerelle	42	Individu local probable	Faible	Faible
35	23/08/2016	Noctule de Leisler	26	Migrateur probable	Moyen	Moyen
37	16/08/2016	Bruant proyer	21	Reproducteur local probable	Faible	Faible

Sur les 5 cadavres, **2 cadavres (soit 40 %)** ont été trouvés alors que la visibilité était de très bonne à bonne. Les autres cadavres ont été trouvés alors que la visibilité était moyenne.

Sans corrections statistiques, les chiffres moyens de 0,3 oiseau et de 0,2 chiroptère par éolienne pour 10 jours de suivi sont obtenus pour les machines de ce parc.

Les cadavres ont été retrouvés sous 4 éoliennes sur les 10 suivies. **La plus impactante d'entre-elles est l'éolienne 14 avec deux cadavres.** On ne constate aucun lien entre le nombre de cadavres et l'isolement des machines : trois de ces 4 éoliennes sont totalement isolées de toutes trames arborées ou arbustives. De plus, les éoliennes 14 et 35 se trouvent au centre de l'alignement et non aux extrémités.

5.2. Mortalités brutes du suivi de 2019

Sur les 16 éoliennes suivies du parc au cours des 38 passages (26-44 % de surfaces totales d'un rayon de 50 m) réalisés de mi-mai à fin octobre 2019, un total de 15 cadavres a été trouvé dont 11 oiseaux et 4 chauves-souris (voir la carte 5).

Parmi les 11 oiseaux, seulement 3 sont des espèces probablement locales et reproductrices (Fauvette grisette, pigeon et Bruant proyer). À noter qu'aucun Faucon crécerelle n'a été trouvé avec ce protocole « Roads & Pads », alors qu'il est quasi sédentaire à l'année.

Les 4 chauves-souris sont des espèces probablement migratrices (Noctule commune et Pipistrelle de *Nathusius*). À noter qu'aucun la Noctule de *Leisler* n'a été trouvée avec ce protocole « Roads & Pads ».

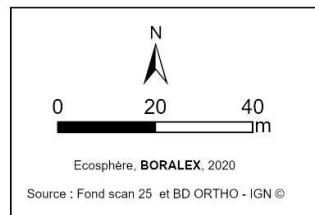
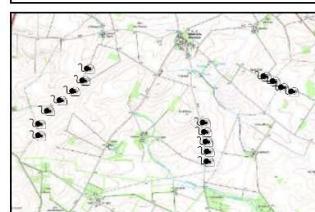
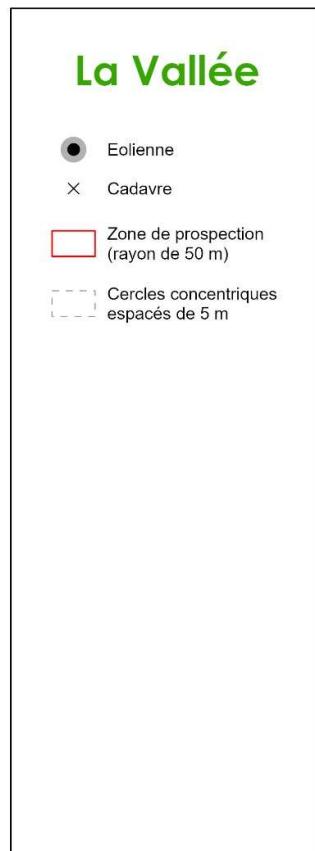
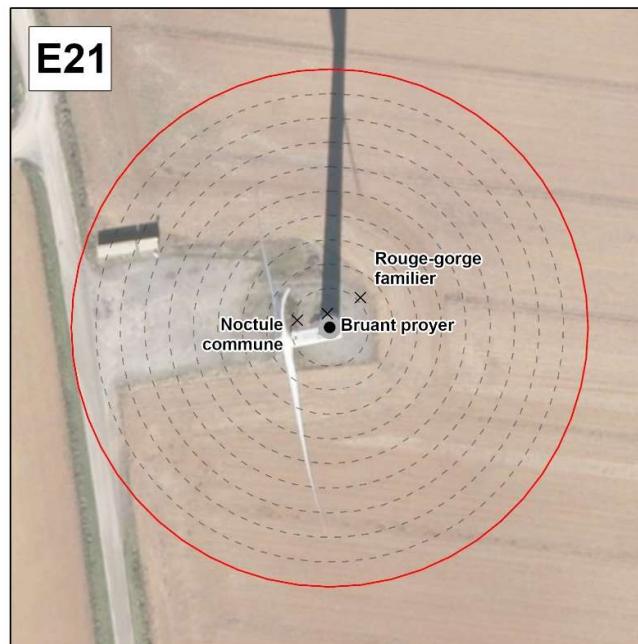
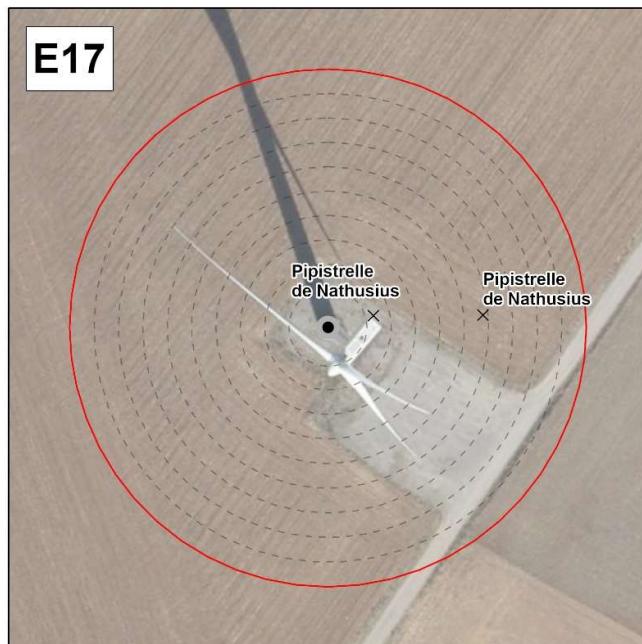
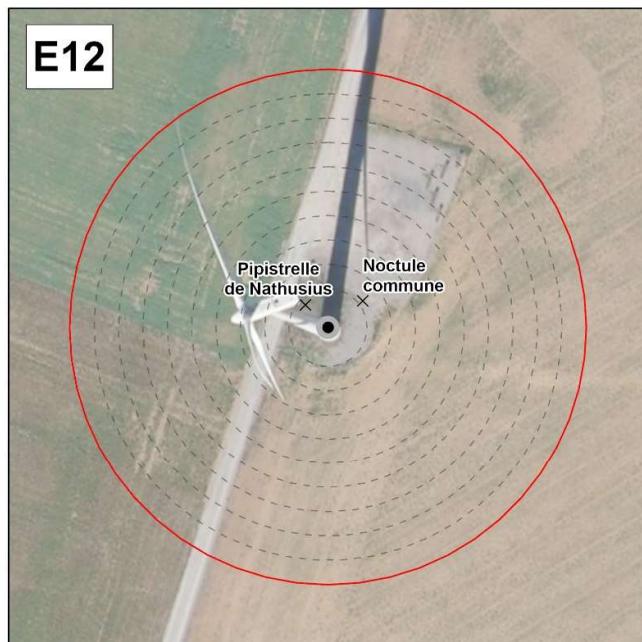
Enfin, de nombreux cadavres ont été retrouvés le 29 octobre suite à une nuit brumeuse et une situation météorologique particulière bloquant la migration les nuits précédentes.

Tableau 8 – Cadavres recensés par le suivi de 2019

Éolienne	Date	Espèce	Distance Mat	État	Enjeu régional	Enjeu européen (oiseaux) ou national (chiroptères)
A23	17-mai-19	Fauvette grisette	< 1 m	Reproducteur local probable	Faible	Faible
A34	31-mai-19	Pigeon sp.	43 m	Reproducteur local probable	Faible	Faible
A14	26-juil-19	Bruant proyer	3 m	Reproducteur local probable	Moyen	Faible
A15	02-août-19	Alouette lulu	< 1 m	Migrateur probable	Faible	Faible
A12	09-août-19	Noctule commune	6 m 50	Migrateur probable	Moyen	Assez fort
A21	23-août-19	Noctule commune	2 m 50	Migrateur probable	Moyen	Assez fort
A17	10-sept-19	Pipistrelle de <i>Nathusius</i>	7m	Migrateur probable	Assez fort	Moyen
A24	24-sept-19	Passereau indéterminé	< 1 m	Migrateur possible	NA	NA
A16	29-oct-19	Passereau indéterminé	2 m	Migrateur possible	NA	NA
A22	29-oct-19	Roitelet à triple bandeau	15 m	Migrateur probable	Faible	Faible
A21	29-oct-19	Bruant proyer	< 1 m	Migrateur probable	Moyen	Faible
A21	29-oct-19	Rouge-gorge	5 m	Migrateur probable	Faible	Faible
A34	29-oct-19	Rouge-gorge	13 m	Migrateur probable	Faible	Faible
A35	29-oct-19	Rouge-gorge	15 m	Migrateur probable	Faible	Faible
A12	29-oct-19	Pipistrelle de <i>Nathusius</i>	2 m	Migrateur probable	Assez fort	Moyen

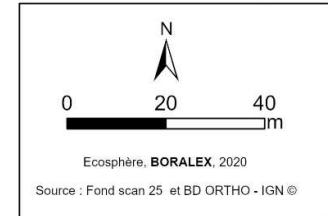
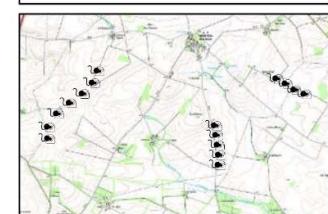
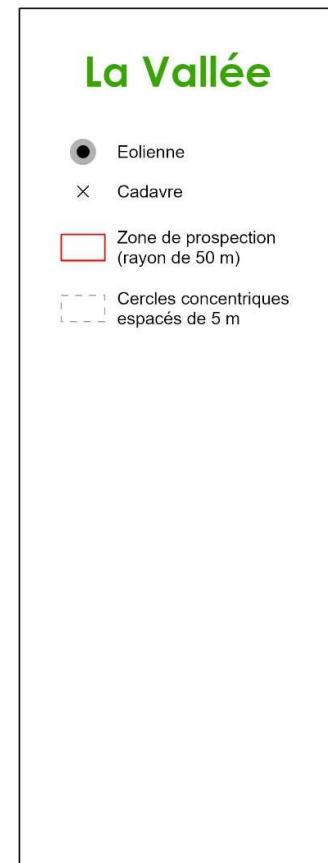
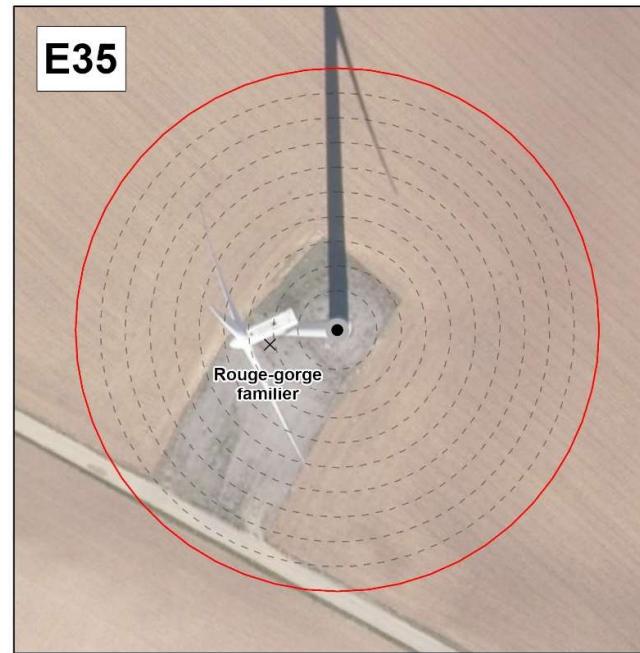
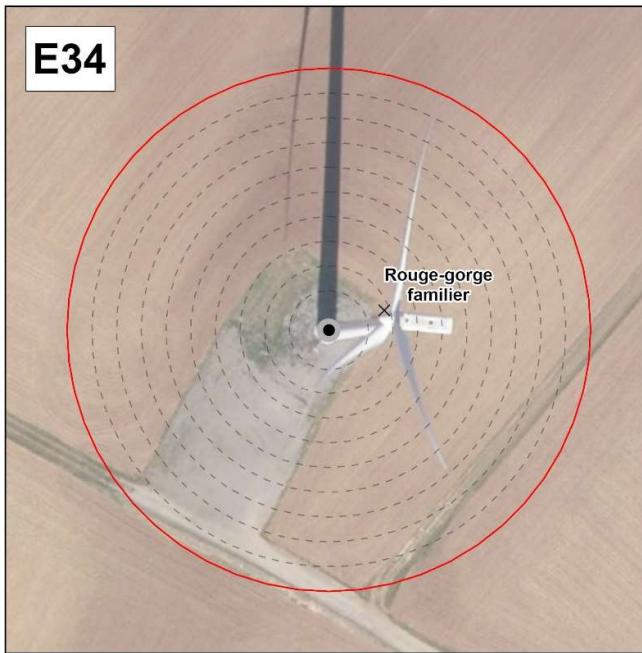
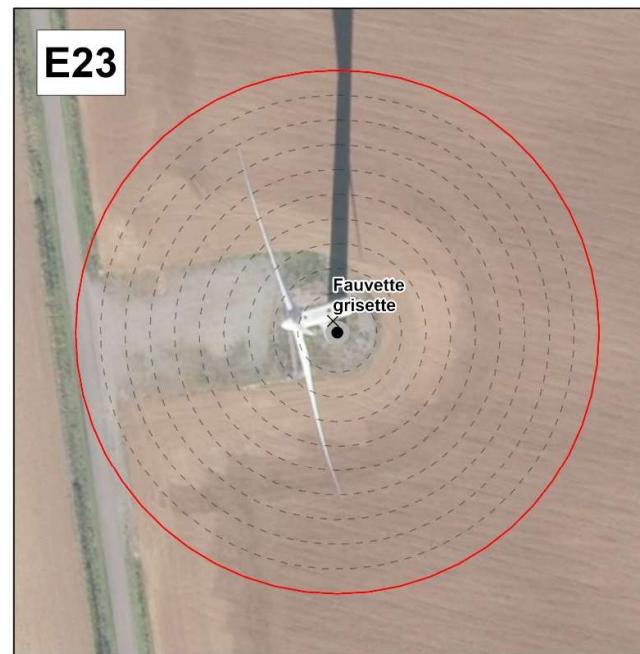
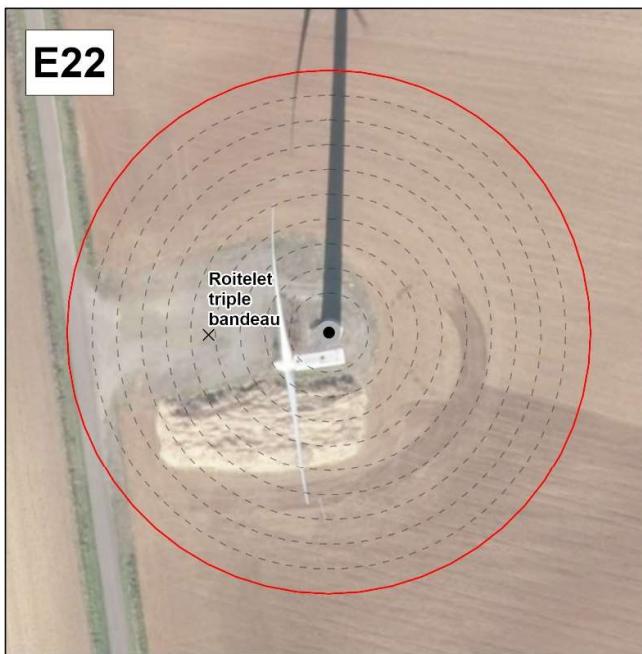
Carte 5 - Localisation des cadavres d'oiseaux et de chiroptères (2019)

Parc éolien de "La Vallée" (36) - Communes de Ménétréols-sous-Vatan et Lizeray. Suivi post-implantation de la mortalité et de la fréquentation des chiroptères et des oiseaux



Carte 6 - Localisation des cadavres d'oiseaux et de chiroptères (2019)

Parc éolien de "La Vallée" (36) - Communes de Ménétréols-sous-Vatan et Lizeray. Suivi post-implantation de la mortalité et de la fréquentation des chiroptères et des oiseaux



5.3. Variables servant à l'estimation de la mortalité réelle

5.3.1. Test de persistance des cadavres (variable p)

SANTOS & 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.

Les résultats des deux tests de persistance sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tm = temps moyen de persistance des cadavres ; p = taux de persistance / probabilité qu'un cadavre soit encore présent à $j+i$).

Il a ainsi été décidé de considérer des valeurs de Tm et de p communes aux 16 éoliennes car :

- le contexte environnemental des 16 éoliennes reste homogène (plaine de cultures intensives), et ne présente pas de différences significatives (type d'habitat, carnivores présents, pas de déplacement par des engins agricoles, etc.) ;
- les résultats obtenus sur le parc sont relativement homogènes entre les éoliennes, et entre les périodes pour une même éolienne ;
- en Europe, il a été démontré que les taux de persistance sont globalement constants dans le temps (KORNER-NIEVERGELT & al. 2011).

Pour la période 1 du suivi (mai à fin juillet), les résultats de la persistance des cadavres « non naturels » à $j+7$ (1 passage tous les 7 jours) révèlent :

- **Temps moyen de persistance (Tm) = 1,4 j**
- **Taux de persistance (p) = 3 %**

Pour la période 2 du suivi (fin juillet à fin octobre), les résultats de la persistance des cadavres « non naturels » à $j+3$ (1 passage tous les 3 ou 4 jours) révèlent :

- **Temps moyen de persistance (Tm) = 0,2 j**
- **Taux de persistance (p) = 3 %**

5.3.2. Test de détectabilité ou d'efficacité de l'observateur (variable d)

L'efficacité des observateurs a été testée en septembre sur des surfaces bien visibles globalement aussi en période 2 qu'en période 1 (plateformes et chemins d'accès). L'efficacité n'a donc pas été testée au sein des parcelles non échantillonées appartenant aux classes de végétation 1 (visibilité mauvaise) et 2 (moyenne).

Dans des conditions normales de recherche, 55 leurres ont été retrouvés par l'observateur sur les 62 disposés sur les plateformes et chemins d'accès, dont la visibilité était bonne pour les deux périodes. **Le taux de découverte (efficacité de l'observateur) est de 88 % en période 1 et 2.**

5.3.3. Ajustement de la surface réellement contrôlée (variable A)

Pour chaque éolienne, la surface réellement contrôlée est calculée au regard de la surface totale comprise dans le cercle de 50 m de rayon, soit 7 850 m². Il s'agit de la valeur requise pour l'utilisation de l'application EolApp.

Tableau 9 : Surface moyenne de prospection par éolienne pour les 38 passages en 2019

Éolienne	Surface moyenne prospectée (m ²)	Pourcentage par rapport à la surface théorique (%)
Plateforme A12	2247	28,6 %
Plateforme A13	2057	26,2 %
Plateforme A14	2130	27,1 %
Plateforme A15	2187	27,9 %
Plateforme A16	2490	31,7 %
Plateforme A17	2233	28,4 %
Plateforme A18	2057	26,2 %
Plateforme A21	2739	34,9 %
Plateforme A22	2725	34,7 %
Plateforme A23	2814	35,8 %
Plateforme A24	2701	34,4 %
Plateforme A25	3482	44,4 %
Plateforme A34	2907	37,0 %
Plateforme A35	2609	33,2 %
Plateforme A36	2980	38,0 %
Plateforme A37	2825	36,0 %
Total et moyenne	41 183	32,8 %

Ainsi, la proportion de surface prospectée moyenne, telle que demandée par l'application EolApp pour l'utilisation des formules d'Erickson, Huso et Jones, est **de 33 %**.

5.3.4. Correctif lié à la période d'étude

Sur la base des données bibliographiques et les résultats recueillis en 2019, les suivis réalisés sur le parc de la Vallée couvrent une période correspondant théoriquement à :

- 90 % de la mortalité des chiroptères => **correction de + 10 % liée à la période non suivie** ;
- 70 % de la mortalité des oiseaux => **correction de + 30 % liée à la période non suivie**.

Ces corrections 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.

5.4. Estimation de la mortalité réelle (2019)

5.4.1. Selon l'application « EolApp »

Les trois modèles présentés dans le cadre de cette étude et calculé par le biais de l'application **EolApp**¹³ (Besnard & Bernard) à partir des différents éléments méthodologiques présentés dans le chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, seront les modèles d'**Erickson, Huso et Jones** et l'**intervalle de confiance** utilisé sera **de 80 % (bornes à 10 % et 90 %)**. Le modèle d'Erickson étant connu pour sous-estimer la mortalité par rapport aux modèles plus récents d'Huso et Jones (voir chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.4.**), ce dernier est seulement présenté à titre informatif.

Les différents paramètres pris en compte sont présentés dans un premier tableau ci-dessous (paramètres généraux), puis dans le tableau des résultats en page suivante (paramètres détaillés).

Tableau 10 : Récapitulatif des différents paramètres généraux pris en compte pour les estimations globales sur 2019

Paramètres	2019
Période du suivi	Mi-mai à fin octobre
Nbre d'éoliennes suivies	16 sur 16 en fonctionnement
C (nombre de cadavres brut découverts sous les éoliennes dans un rayon de 50 m)	15 (4 chiroptères et 11 oiseaux)
d (taux de détection moyen)	0,88
I (intervalle moyen entre 2 visites)	7 jours en période 1 (de mai jusqu'à fin juillet) 3,5 jours en période 2 (début août à fin oct..)
n (nombre de passage)	38
Sk (surface prospectée moyenne)	33 % (plateformes et chemins d'accès uniquement - cf. protocole)

¹³ <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>

Paramètres	2019
p brut (taux de persistance durant l'intervalle)	0,3 jours (à j+7) en période 1 0,3 jours (à j+3) en période 2
Tm (durée moyenne de persistance durant l'intervalle)	1,4 jours (à j+7) en période 1 0,2 jours (à j+3) en période 2

Les figures ci-dessous présentent les résultats des estimations de la mortalité réelle obtenus à partir de l'application « EolApp » et pour les 4 estimateurs (Erickson, Huso, Winkelmann, Jones), sur le parc éolien de la Vallée 2019. Les estimations ont été détaillées par groupe pour une meilleure distinction des impacts sur les chauves-souris et sur les oiseaux. Cependant, plus la taille de l'échantillon est petite, moins la précision des estimations statistiques est bonne (plus l'intervalle de confiance est grand). Dans le cas présent, cela est d'autant plus vrai pour la période 1 (mai à fin juillet) qui compte moins de cadavres bruts, notamment de chauves-souris (n = 2).

5.4.1.1. Pour les chauves-souris en période 1 (1 passage tous les 7 jours)

Aucun cadavre brut n'ayant été trouvé, il n'est pas possible d'opérer une estimation ; même s'il reste envisageable qu'il y ait pu avoir des cas de mortalité pour ce groupe et non découverts car se situant dans les zones non prospectées à visibilité moyenne (les zones à visibilité mauvaise n'étant jamais prospectée même dans le cadre d'un protocole réglementaire).

5.4.1.2. Pour les oiseaux en période 1 (1 passage tous les 7 jours)

Les estimateurs les plus utilisés (Huso & Jones) varient fortement : leurs médianes vont de 67 (Huso) à 175 (Jones) et des bornes de l'intervalle de confiance 80 % comprises entre 23 à 136 (Huso) ou entre 55 à 484 (Jones) pour les 16 éoliennes. Cet écart est lié à la distinction qu'ont ces deux modèles statistiques sur le moment probable de la disparition des cadavres entre deux passages consécutifs à 7 jours d'intervalle¹⁴. Nous retiendrons l'estimation d'Huso, soit **une médiane de 46 cadavres avec un IC 80 % entre 2 et 98 en arrondissant au supérieur.**



Estimation des mortalités induites par les éoliennes

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :

Upload complète

Nb lignes lues = 15

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

Upload complète

Nombre de lignes lues = 40

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 =

60

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

50

Pourcentage de la surface prospectée =

0.33

CALCULER

Données en entrée

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

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

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

1, 1, 1, 1, 1, ..., 1, 1, 3, 3, 10

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	56.67	0.00	134.48	19.60	103.98
Huso	66.73	0.00	183.02	23.07	136.31
Winkelmann	290.91	0.00	839.16	89.90	632.41
Jones	175.64	0.00	717.81	54.52	484.21

Figure 6 - Estimations de la mortalité réelle des oiseaux pour la période 1 de 2019 par EolApp

¹⁴ Le test de Jones (variante de celui d'Huso publié avant) fait l'hypothèse théorique suivante : la probabilité de disparition au milieu de l'intervalle d'un passage est égale à la probabilité moyenne de persistance d'un cadavre. Or, pour ce suivi la persistance globale est bien plus courte (pm = 1,4 jours max) que le milieu de l'intervalle (3,5 jours) ; ce qui a pour effet de surestimer partiellement la mortalité, notamment si peu de cadavres ont été découverts comme c'est le cas en période 1.

5.4.1.3. Pour les chauves-souris en période 2 (1 passage tous les 3 ou 4 jours)

Les estimateurs les plus utilisés (Huso & Jones) varient bien moins qu'en période 1, du fait qu'un peu plus de cadavres ont été découverts et que l'intervalle moyen des passages a été divisé par deux. Les médianes vont de 46 (Huso) à 71 (Jones) avec un intervalle de confiance 80 % compris entre 22 et 77 (Huso) ou entre 33 et 120 (Jones) cadavres pour les 16 éoliennes.

 CENTRE D'ECOLOGIE
FONCTIONNELLE
& EVOLUTION

Estimation des mortalités induites par les éoliennes

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :

Browse... cadavres_Lizeray-19_chiro_P2.csv
Upload complète

Nb lignes lues = 27

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

Browse... persistence_Lizeray-19_P2.csv
Upload complète

Nombre de lignes lues = 40

Méthode de calcul des intervalles de confiance

Non-paramétrique
 Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =

3.5

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =

62

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

55

Pourcentage de la surface prospectée =

0.33

Données en entrée

Nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes (une valeur par visite de terrain) :
0,0,1,0,0,...,0,0,0,0,1

Durée de présence de cadavres déposés par les expérimentateurs (une valeur par cadavre déposé)
1,1,1,1,1,...,1,1,1,1,3

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	44.73	10.80	92.29	21.35	74.44
Huso	46.39	11.20	95.17	22.27	76.76
Winkelmann	NA	NA	NA	NA	NA
Jones	71.05	16.77	147.56	32.93	119.54

CALCULER

Figure 7 - Estimations de la mortalité réelle des chauves-souris pour la période 2 de 2019 par EolApp

5.4.1.4. Pour les oiseaux en période 2 (1 passage tous les 3 ou 4 jours)

Les estimateurs les plus utilisés (Huso & Jones) varient encore significativement : leurs médianes vont d'environ **88 (Huso) à 135 (Jones) avec un intervalle de confiance 80 % compris entre 12 à 190 (Huso) ou entre 19 à 296 (Jones)** pour les 16 éoliennes. Cet écart est lié la modalité de prise en compte d'un plus grand nombre de cadavres bruts par chaque modèle.

The screenshot shows the EolApp software interface for estimating bird mortality. The main title is "Estimation des mortalités induites par les éoliennes".

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :
Browse... cadavres_Lizeray-19_oisos_P2.csv Upload complète
Nb lignes lues = 27

Sélectionner un fichier avec la durée de persistance des cadavres déposés :
Browse... persistence_Lizeray-19_P2.csv Upload complète
Nombre de lignes lues = 40

Méthode de calcul des intervalles de confiance
 Non-paramétrique
 Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =
3,5

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =
62

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =
55

Pourcentage de la surface prospectée =
0.33

Données en entrée
Nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes (une valeur par visite de terrain) :
1, 0, 0, 0, 0, ..., 0, 0, 0, 0, 6
Durée de présence de cadavres déposés par les expérimentateurs (une valeur par cadavre déposé)
1, 1, 1, 1, 1, ..., 1, 1, 1, 1, 3

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	84.71	0.00	252.91	11.74	182.79
Huso	87.90	0.00	260.79	12.11	189.85
Winkelmann	NA	NA	NA	NA	NA
Jones	134.88	0.00	407.99	18.97	295.85

Figure 8 - Estimations de la mortalité réelle des oiseaux pour la période 2 de 2019 par EolApp

Malgré le fait d'avoir séparés les oiseaux des chauves-souris et les deux périodes (avant/après moissons), on voit que selon le modèle d'estimation retenu (Huso ou Jones), il peut subsister des grandes variations. Un autre outil d'estimation nommé GENEST va permettre d'affiner davantage ces estimations de mortalité réelle selon les groupes et périodes car les modélisations sont plus fines (puisque alimentées avec des données davantage détaillées).

5.4.2. Selon l'application GENEST

Les cadavres ont été séparés en 2 groupes : les oiseaux et les chauves-souris.

L'ensemble des données compilées sous les 5 tableurs nécessaires à GENEST (calendrier des passages, observations des cadavres, tests de persistance, tests d'efficacité de l'observateur et correction surfacique) sont détaillés dans l'annexe 2.

La courbe ci-dessous montre la distribution des probabilités (méthode du bootstrapping sur 1 000 itérations) pour un intervalle de confiance à 80 %. **La médiane est d'environ 102 cadavres au total, et la borne inférieure de l'intervalle est de 61 et la borne supérieure est de 260 pour les 16 éoliennes.**

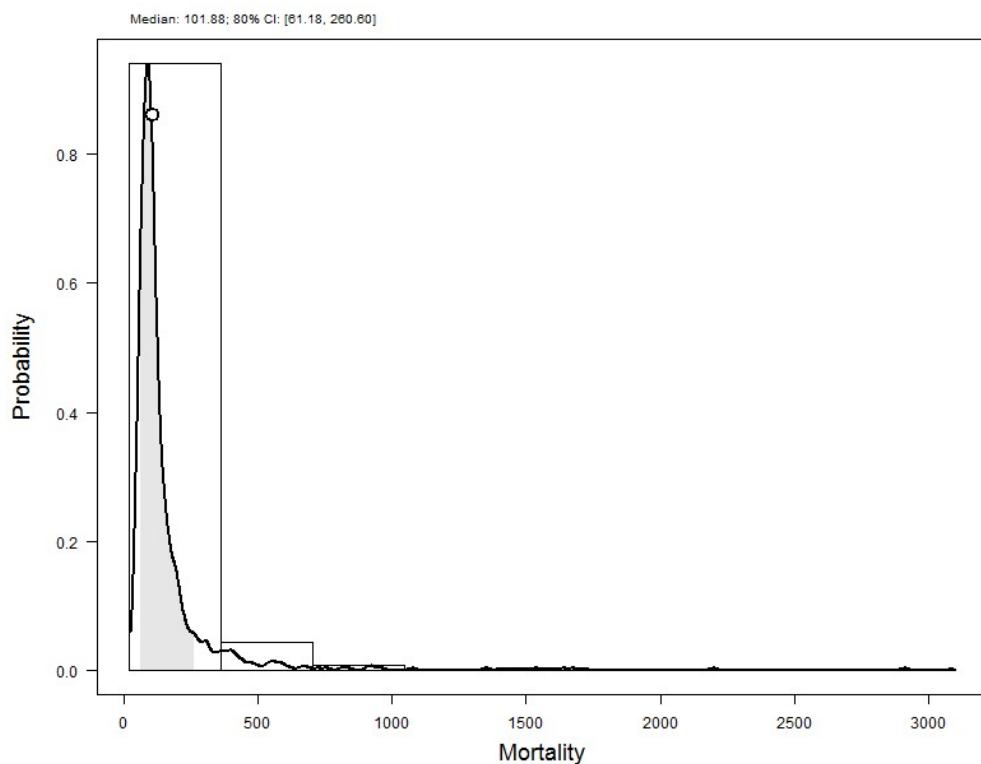


Figure 9 – Courbe de distribution des probabilités des mortalités estimées par GENEST (toutes espèces et groupes) pour un IC 80%

Le graphique suivant présente les mêmes résultats mais déclinés selon la période 1 et 2, et pour les chauves-souris (représentées par S) et les oiseaux (représentés par M). Les boîtes à moustaches présentent les médianes encerclées des quartiles Q25% et Q75 %.

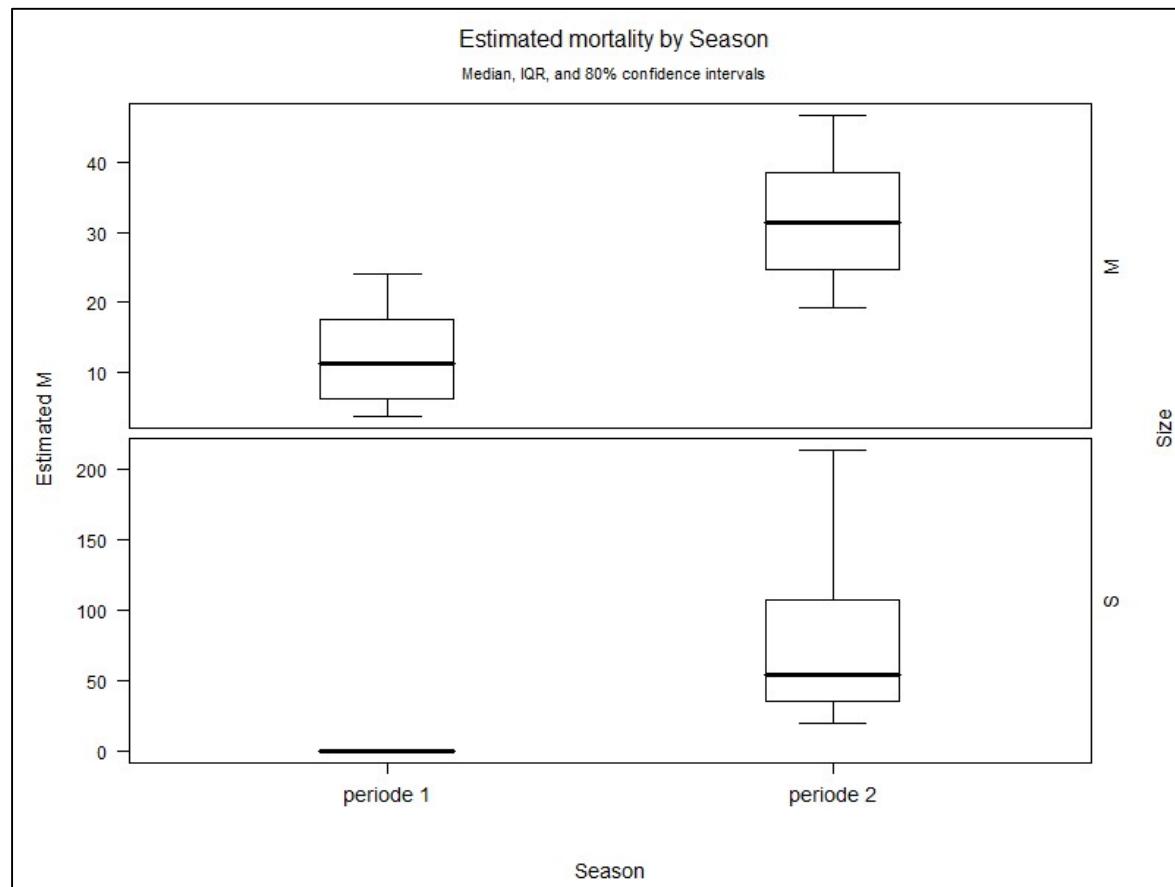


Figure - Mortalité estimée déclinée par période (1 = avant le 31 juillet 2019 et 2 = après le 31 juillet 2019) par groupes d'espèces (S : chauves-souris ; M : oiseaux) pour un IC 80%

Tableau 11 – Distribution par quantile de la mortalité estimée par période (Season) et par groupe (Size)

Groupe « Size »	Season	N bruts (X)	Q 10%	Q 25%	Q 50%	Q 75%	Q 90%
M (oiseaux)	période 1	2	2	6,2	11,2	17,2	23,3
M (oiseaux)	période 2	8	19,5	25,2	31,3	38,6	45,2
S (chiros)	période 1	0	0	0	0	0	0
S (chiros)	période 2	4	19,9	33,6	55	112	240

En période 1, seuls les oiseaux comptent en arrondissant une mortalité autour d'une médiane de 11 cadavres avec Q25 = 6 et Q75 = 18 ; les chauves-souris n'étant pas vraiment estimée du fait qu'il n'y ait aucun cadavre brut découvert.

En période 2, les oiseaux affichent une médiane arrondie de 31 cadavres avec Q25 = 25 et Q75 = 39 ; tandis que les chauves-souris affichent une médiane de 55 cadavres avec Q25 = 33 et Q75 = 112.

5.4.3. Comparaison des estimateurs

Le tableau ci-dessous récapitule et compare les estimations obtenues entre « EolApp » et GENEST.

La finesse des modélisations par GENEST a permis de mieux ajuster les estimations en n'utilisant pas des moyennes sur les taux de persistance et d'efficacité observateur par période et par groupe.

CHAUVES-SOURIS		OISEAUX	
EolApp	GENEST	EolApp	GENEST
Période 1	0 : Les chauves-souris n'étant pas vraiment estimée du fait qu'il n'y ait aucun cadavre brut découvert	0 : Les chauves-souris n'étant pas vraiment estimée du fait qu'il n'y ait aucun cadavre brut découvert	médiane de 46 cadavres avec un IC 80 % entre 2 et 98 (Huso)
	⇒ Estimations identiques car nulles a priori		⇒ EolApp (Huso) surestime /GENEST
période 2	46 (Huso) à 71 (Jones) avec un IC 80 % compris entre 22 et 77 (Huso) ou entre 33 et 120 (Jones) cadavres	médiane de 55 cadavres avec Q25 = 33 Q75 = 112 Q90 = 240	88 (Huso) à 135 (Jones) avec un IC 80 % entre 12 à 190 (Huso) ou entre 19 à 296 (Jones)
	⇒ Estimations similaires, excepté pour la borne Q90% de l'IC qui est le double (240) selon GENEST (même si le Q75% n'est que de 112). Etant donné qu'il est anormal qu'un Q90% soit supérieur au triple de la médiane (55) en théorie des probabilités, nous retiendrons un Q90% de 120 maximum.		⇒ EolApp (Huso & Jones) surestime /GENEST

5.4.4. Conclusion sur la mortalité résiduelle estimée avec un bridage nocturne

En période 1 (mi-mai à fin juillet) :

- la mortalité des oiseaux est modérée selon GENEST avec un intervalle à 80 % compris entre 6 et 23, et une médiane de 11 cadavres sur l'ensemble des 16 éoliennes ; soit une valeur médiane de 0,7 cadavres d'oiseaux par éolienne pour la période du 17 mai au 31 juillet ;
- Elle a priori quasi nulle ou faible pour les chauves-souris en période 1 (aucun cadavre découvert).

En période 2 (début août à fin octobre) :

- la mortalité des oiseaux augmente significativement avec un intervalle à 80 % compris entre 25 et 45, et une médiane de 31 cadavres sur l'ensemble des 16 éoliennes selon GENEST ; soit une valeur médiane de 1,9 cadavres d'oiseaux par éolienne pour la période du 1^{er} août au 30 octobre ;
- la mortalité des chauves-souris, *Noctule commune* et *Pipistrelle de Nathusius*, atteint selon GENEST une médiane de 55 avec intervalle à 80 % compris entre 33 et 120 cadavres pour les 16 éoliennes ; soit une valeur médiane de 3,4 cadavres de chauves-souris par éolienne pour la période du 1^{er} août au 29 octobre

Il est clair que les estimations pour les chauves-souris semblent moins performantes du fait du faible nombre de cadavres bruts découverts en période 2, et nul en période 1. Même si les chauves-souris peuvent être un peu plus difficiles à détecter que les oiseaux en général ; cela ne s'applique pas vraiment dans le cadre de ce suivi expérimental « Roads & Pads » puisque les prospections n'ont été faites que sur les surfaces bien visibles (plateformes et chemin d'accès). **La persistance très courte en période 2 (moins d'1 jour en moyenne) doit conduire à surestimer possiblement les estimations pour ce groupe.** De plus, la modalité du test (pose de tous les faux cadavres le même jour, plutôt qu'étalée dans le temps comme le sont probablement les collisions) doit expliquer en partie ce résultat de faible persistance.

De plus, même si la totalité des surfaces d'un rayon de 50 m avaient été effectuées, les estimations auraient encore été moins valables si l'intervalle avait été de 7 jours tout du long ; ce qui est généralement le cas lorsque seulement 20 passages sont réalisés, contre 38 pour ce suivi volontaire.

Au total, la mortalité résiduelle estimée à partir d'un suivi volontaire de 38 passages « Roads & Pads » selon l'application d'estimation GENEST correspond :

- **pour les oiseaux (passereaux), à environ une quarantaine d'individus sur l'ensemble du suivi, et avec 30 % de plus sur l'année soit une cinquantaine de cadavres par an (médiane de 52 avec un IC 80% [39-85]), ou 3 cadavres par éolienne par an en moyenne sur le parc de la Vallée ; ce qui est modérée au vu des grandes populations concernées ;**
- **pour les chauves-souris, à environ une cinquantaine d'individus sur l'ensemble du suivi (mais centrée d'août à octobre), et avec 5 % de plus sur l'année soit près d'une soixantaine de cadavres (médiane de 58 avec un IC 80% [35-125]), ou quasiment 4 cadavres par éolienne par an en moyenne sur le parc de la Vallée ; ce qui reste significatif au vu des populations concernées et le faible renouvellement par an (1 naissance par femelle par an, au mieux).**

6. ÉVALUATION DES IMPACTS

6.1. Chiroptères impactés en 2016

Seuls des individus migrateurs de Noctule de Leisler avaient été découverts lors de 4 passages réalisés en août 2016.

Espèce	Niveau de sensibilité de l'espèce	Contexte et fréquentation locale
 Noctule de Leisler	La Noctule de Leisler est fortement sensible à l'éolien (niveau 4) (plus de 500 février 2017) avec des vols à hauteur de pale très réguliers en période de migration et de reproduction.	Un individu a été trouvé le 16 août 2016 au pied de l'éolienne 14, et un autre le 23 août 2016 au niveau de l'éolienne 35. Le boisement le plus proche de cette dernière pouvant abriter cette espèce se situe à plus de 500 m. Aucun élément de trame boisée ne se trouve à moins d'1 km de l'éolienne 14. Il s'agit probablement d'individus en migration.

Un suivi acoustique sur 3 nacelles (1 par alignement) continu d'août à novembre avait permis de confirmer la présence à hauteur de la zone de rotation des pales (zone à risque) des **Noctules de Leisler et commune** et des **Pipistrelles de Kuhl et commune**. Le risque de collision avait été évalué par secteur et par mois dans le tableau ci-dessous.

Évaluation du risque de mortalité ou niveau d'impact avéré des chauves-souris (2016)

	E12 – alignement ouest	E21 – alignement central	E34 – alignement est
Juillet 2016	Activités très faibles (quasiment pas de noctules), aucun cadavre recensé => risque négligeable	Activités très faibles (quasiment pas de noctules), aucun cadavre recensé => risque négligeable	Activités très faibles, aucun cadavre recensé => risque négligeable
Août 2016	Activités moyennes pour les noctules ; 1 cadavre N. Leisler (E14) sur 4 passages => impact fort pour une espèce 3,5	Activités supérieures à la moyenne pour deux espèces 3,5 mais aucun cadavre recensé => risque assez fort	Activités moyennes toutes espèces ; 1 cadavre N. Leisler (E35) sur 4 passages => impact fort pour une espèce 3,5
Septembre 2016	Activités moyennes pour deux espèces 3,5 mais aucun cadavre recensé => risque assez fort	Activités très faibles, aucun cadavre recensé => risque négligeable	Activités très faibles (pas de noctules), aucun cadavre recensé => risque négligeable
Octobre 2016	Activités très faibles (quasiment pas de noctules), aucun cadavre recensé => risque négligeable	Activités très faibles, aucun cadavre recensé => risque négligeable	Activités très faibles, aucun cadavre recensé => risque négligeable

Note importante : Toutes ces données recueillies en 2016¹⁵ 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. Ainsi, seuls un suivi de mortalité au sol et un suivi acoustique depuis la nacelle réalisés sur plusieurs mois permettent d'évaluer en conditions réelles le niveau d'impact avéré et les risques liés à une éolienne donnée.

¹⁵ Les événements météorologiques observés en 2016 dans ce secteur géographique ont particulièrement été « anormaux » et ne sont donc pas vraiment représentatifs des moyennes saisonnières.

6.2. Chiroptères impactés en 2019

Deux espèces à enjeu ont été retrouvées en période 2 uniquement (août à octobre). En effet, ni la Noctule de Leisler, la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle commune détectées par les suivis nacelle de 2016 n'ont été retrouvés par ce suivi expérimental « Roads & Pads ».

La **Pipistrelle de Natusius** gîte principalement dans les arbres. On la trouve dans les forêts de feuillus mais également dans les forêts de résineux et mixtes. Elle apprécie les forêts riches en plans d'eau et en mares. Elle chasse les insectes en volant le long des lisières, des allées boisées ou bien au-dessus des étendues d'eau (étang, rivière, fleuve, ...). C'est une grande migratrice qui se reproduit dans le nord-est de l'Europe et hiverne sur les côtes méditerranéennes et atlantiques. Au vu du total de cadavres connu en Europe et en France (1 594 / 272 cas soit 15 % des 10 619 cas de collisions au 7 janvier 2020 selon T. Dürr), elle est considérée comme ayant une **sensibilité au risque de collision de niveau fort**.



Cadavre de Pipistrelle de Natusius (Léa Boutault, Ecosphère)

La **Noctule commune** est également commune dans la région, mais l'individu découvert correspond très certainement à un migrateur. En effet, la mortalité sur le parc a eu lieu au cœur du pic de migration de cette espèce (août). Elle est une espèce forestière chassant dans les sous-bois, le long des chemins forestiers et des lisières. Elle apprécie également les zones humides telles que les étangs forestiers, les lacs, et les rivières. Les colonies changent régulièrement de gîtes durant l'été et peuvent utiliser plusieurs arbres-gîtes en une seule saison. Grande migratrice, elle peut réaliser des parcours de plusieurs centaines de kilomètres entre ses gîtes estivaux et ses sites d'hibernation. Les migrations concernent surtout les femelles. Au vu du total de cadavres connu en Europe et en France (1 543 / 104 cas, soit 14,5 % des 10 619 cas de collisions recensés au 7 janvier 2020 selon T. Dürr), elle est considérée comme ayant une **sensibilité au risque de collision de niveau fort**.



Noctule commune (L. Arthur, Museum de Bourges)

Tableau 12 - Statuts et enjeux des espèces de chauves-souris impactées

	LRE	LRN	LRR	Portée de l'impact	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
					Sensibilité à l'impact (maximum entre Dürr, jan. 20 et Eurobats, juin 18)	Intensité d'impact	Enjeu spécifique	Niveau d'impact mortalité	
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	LC	VU	NT	Moyenne 2 cadavres bruts en août (A12 et A21) Individu migrateur de populations de taille moyenne	Forte	Assez forte	Assez fort	Assez fort	
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	LC	NT	NT	Moyenne 2 cadavres bruts (A17 le 10/09/2019, et A12 le 29/10/19) Individus migrants	Forte	Assez Fort	Moyen	Moyen	

Le bridage actuel n'est donc pas suffisant pour réduire drastiquement la mortalité des chauves-souris en période de migration (août à octobre), même si elle n'atteint des valeurs élevées comparativement à d'autres parcs éoliens plus à risque (> 10 cadavres estimés de toutes espèces par éolienne par an en moyenne).

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.

6.3. Oiseaux impactés en 2016

	Niveau de sensibilité brute de l'espèce	Contexte et fréquentation locale
 Faucon crécerelle	Espèce omniprésente et possédant de forts effectifs (409 à 603 milliers de couples estimés en Europe en 2015 par BirdLife International), mais également impactée de manière régulière (414 cas de mortalité constaté en Europe au 2 juin 2015), ce qui justifie son niveau de sensibilité moyen .	Cette espèce a été trouvée sous 2 éoliennes différentes au sein du même alignement. De nombreux individus ont été observés en chasse au sein du parc.

	Niveau de sensibilité brute de l'espèce	Contexte et fréquentation locale
 Bruant proyer	<p>Espèce faiblement sensible (302 cas au 2 juin 2015) à l'éolien au regard de la taille des populations (plus de 14 millions de couples estimés en Europe en 2015 par BirdLife International)</p>	<p>Cette espèce a été trouvée sous 1 éolienne sous l'alignement est. Bien que non observée sur le site (période peu propice à son observation car hors période de chant), les habitats sur place sont favorables à sa présence.</p>

6.4. Oiseaux impactés en 2019

Aucune espèce ayant au moins une sensibilité moyenne au risque de collision n'a été trouvée. Les espèces découvertes par les recherches de cadavres ont toutes des populations européennes se chiffrant en millions d'individus et ne sont actuellement pas considérées comme menacées.

Seul le Bruant proyer (2 cas de mortalité) a un enjeu moyen en période de reproduction, toutes les autres espèces ont un enjeu faible.

Il est à noté que le **Roitelet à triple bandeau est une des espèces d'oiseaux les plus concernées par le risque de collision** : la 4^{ème} passereau après l'Alouette des champs, le Bruant proyer et l'hirondelle de fenêtre à l'échelle de l'Europe et le 1^{er} oiseau tous groupes confondus en France. **Près de 60 % des Roitelets à triple bandeau impactés le sont en France**, ce qui confère une responsabilité à ce pays. Il convient par ailleurs d'ajouter que les chiffres de mortalité sont très probablement sous-estimés du fait de la disparition rapide (dégradation naturelle + préation) de leurs cadavres. Un autre facteur de sous-estimation lié à la phénologie de ces espèces vient s'ajouter : de nombreux suivis de mortalité, desquels sont issus une majorité des chiffres de Dürr, échantillonnent peu les périodes de vol de cette espèce (octobre/novembre). De récents suivis en France démontrent par exemple que les roitelets payent un tribut de plus en plus lourd qu'il convient d'analyser en termes d'impacts cumulatifs. Outre l'existence de flux migratoires à travers le parc éolien, les populations d'oiseaux migrants impactées par les éoliennes pourraient être aussi attirées par les balisages lumineux lorsqu'ils sont en migration. Néanmoins, le Roitelet à triple bandeau présente une dynamique favorable (âge adulte rapidement atteint, taux de reproduction important, etc.) et les tendances européennes et françaises montrent une certaine stabilité des tailles de population. Au vu de cet ensemble de critères, **la sensibilité à ce type d'impact est maintenue à faible**.

Le tableau ci-dessous présente le niveau d'impact avéré dont des cas de collision ont été relevés en 2019.

Tableau 13 - Statuts et enjeux des espèces d'oiseaux impactées en 2019

					1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
	LRE	LRN ni- cheurs	LRN migra- teurs	LRR	Portée de l'impact	Sensibilité à l'impact (Dürr 2019)	Intensité d'impact	Enjeu spé- cifique	Niveau d'impact constaté par la mortalité
Alouette lulu <i>Lullula arborea</i>	LC	LC	NA	LC	Faible 1 cadavre brut (A15 02/08/19) migrateur	Faible (121 en Europe, dont seulement 5 en France)	Faible	Faible	Négligeable
Bruant poyer <i>Emberiza calandra</i>	LC	LC	NA	NT	Faible 1 cadavres brut (A14 26/07/19) reproducteur	Faible (320 en Europe, dont seulement 11 en France)	Faible	Moyen	Faible
					Faible 1 cadavres brut (A21 29/10/19) migrateur		Faible	Faible	Négligeable
Fauvette grisette <i>Sylvia communis</i>	LC	LC	DD	LC	Faible 1 cadavre brut (A23 17/05/19) reproducteur	Faible (3 en Europe, dont seulement 1 en France)	Faible	Faible	Négligeable
Roitelet à triple bandeau <i>Regulus ignicapilla</i>	LC	LC	NA	LC	Faible 1 cadavre brut (A22 29/10/19) migrateur	Faible (261 en Europe, dont 160 en France)	Faible	Faible	Négligeable
Rougegorge familier <i>Erithacus rubecula</i>	LC	LC	NA	LC	Faible 3 cadavres bruts (A21, A34, A35, 29/10/19) migrateurs	Faible (161 en Europe, dont 34 en France)	Faible	Faible	Négligeable

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.

7. MESURES DE RÉDUCTION DE L'IMPACT ÉOLIEN

7.1. Algorithmes de bridage nocturne

7.1.1. Algorithmes de bridage mis en place depuis mai 2019

Avant le début de la saison active des chiroptères et le démarrage du suivi mortalité de 2019, Boralex a sollicité Ecosphère pour réviser les bridages différenciés préconisés à la suite du premier suivi en 2016 (voir annexe 3 pour les détails des résultats des trois suivis acoustiques en nacelle). En s'appuyant sur ces premiers résultats (**96 % des contacts enregistrés les 6 premières heures de la nuit de mi-juillet à fin octobre 2016**) et d'autres retours d'expérience dans la région sur des parcs implantés en milieux similaires (cultures intensives), de nouvelles préconisations ont été spécifiées selon le tableau suivant.

Tableau 14 - Algorithmes de bridage différencié préconisé pour mise en application dès 2019

	Éoliennes	Mai – Juin – Juillet	Août	Septembre	Octobre
Alignment Ouest	12 a 18	3 m/s Toute la nuit T>13°C	5 m/s 7 h après le coucher T>13°C	4,5 m/s 7h après le coucher T>13°C	3 m/s Toute la nuit T>13°C
Alignment Central	21 a 25	3 m/s Toute la nuit T>13°C	5 m/s 7 h après le coucher T>13°C	4,5 m/s 7h après le coucher T>13°C	3 m/s Toute la nuit T>13°C
Alignment Est	34 a 37	3 m/s Toute la nuit T>13°C	5 m/s 7 h après le coucher T>13°C	3 m/s Toute la nuit T>13°C	3 m/s Toute la nuit T>13°C

Ce premier jeu d'algorithmes de bridage nocturne a permis a priori de limiter fortement la mortalité des chauves-souris en période 1 (mi-mai à fin juillet : reproduction), mais il n'a que partiellement réduit la mortalité des espèces migratrices longue distance.

7.1.2. Algorithmes de bridage recommandé pour les années à venir

Du fait que la mortalité résiduelle constatée pour les chauves-souris en 2019 est significative, bien que modérée car concerne des chauves-souris migratrices probables (2 individus de Noctule commune et 2 Pipistrelle de Nathusius) entre août et octobre notamment, un nouvel algorithme est préconisé et détaillé dans le tableau ci-dessous.

Étant donné que les heures exactes des collisions ne sont pas connues, et que ces espèces peuvent aussi bien traverser le site quelques heures après le coucher du soleil ou plutôt en fin de nuit, il est proposé d'étendre la plage horaire à toute la nuit.

Par ailleurs, d'autres retours d'expériences indiquent que la température baisse significativement d'août à octobre, et ces espèces peuvent être contactées à hauteur de nacelle avec des températures de 9°C (Ecosphère). Il est donc proposé également de baisser les seuils pour la fin d'été et le début de l'automne.

Enfin, pour simplifier la mise en œuvre opérationnel du bridage, il est aussi envisageable de regrouper la fin d'été de la façon suivante.

Tableau 15 - Algorithme simplifié de bridage différencié préconisé pour mise en application dès 2020

	Éoliennes	1 ^{er} mai au 31 juillet	1er août au 15 septembre	15 septembre au 31 octobre
Alignment Ouest	12 a 18	3 m/s Toute la nuit T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>10°C
Alignment Central	21 a 25	3 m/s Toute la nuit T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>10°C
Alignment Est	34 a 37	3 m/s Toute la nuit T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>13°C	6 m/s 7 h après le coucher T>10°C

Ce bridage nocturne dédié aux chiroptères aura également un effet positif collatéral sur les passereaux migrant de nuit.

7.2. Vérification de l'efficacité du nouveau bridage nocturne

Il est attendu que ces nouveaux algorithmes de bridage différencié permettront d'atteindre une mortalité résiduelle minimale pour les chauves-souris migratrices et les passereaux migrant de nuit de début août à fin octobre.

En accord avec la réglementation, le prochain suivi à réaliser 10 après le premier suivi réglementaire effectué en 2016, soit en 2026, pourra combiner la recherche de cadavres au sol et un suivi acoustique en nacelle (a minima sur deux éoliennes des trois alignements) pour corroborer cette assertion.

Celui-ci devra être protocolé sur la base des recommandations du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (révisé en 2018) pour que les données soient statistiquement exploitables.

8. BIBLIOGRAPHIE

- ALBOUY S., CLEMENT D., JONARD A., MASSE P., PAGES J.-M. & NEAU P. 1997. *Suivi ornithologique du parc Éolien de Port-la Nouvelle : Rapport final*. Abiès, Géokos consultants, LPO Aude, novembre 1997. 66 p.
- ALBOUY S., DUBOIS Y. & PICQ H. 2001. *Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue Haute (AUDE)*. Abiès, LPO Aude, octobre 2001. 55 p.
- ALBOUY S, 2010. Suivis de l'impact éolien sur l'avifaune et les chiroptères exemples de parcs audiois (11). Présentation lors du colloque éolien à Reims les 15, 16 et 17 septembre 2010. ADEME, MEEDDM, SER/FEE, LPO. 31 p.
- 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 Windernigieanlagen. 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. <i>Examining relationships between bird risk behaviours and fatalities at the altamont wind resource area : a second year's progress report.</i> In : proceeding of the national avian-wind power planning meeting, Carmel, California : 5-14.
CONDUCHE N. et al., 2012. <i>Suivi des impacts sur les chiroptères d'un parc éolien dans l'Aisne (02).</i> Ecosphère/Ecothèque, Saint-Maur-des-Fossés, France. 42p.
CONSEIL DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES - 1979 - Directive 79/409/CEE du 2 avril 1979 concernant la conservation des Oiseaux sauvages (Directive "Oiseaux"). <i>Journal Officiel des Communautés européennes</i> 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. <i>Journal Officiel des Communautés européennes</i> N° L 206/7 du 22 juillet 1992.
CORNUT J. & VINCENT S. 2010. Suivi de la mortalité des chiroptères sur 2 parcs éoliens du sud de Rhône-Alpes. LPO Drôme. 32 p.
DIETZ & VON HELVERSEN. 2004. Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe.
DIETZ C., VON HELVERSEN O. & NILL D., 2009. <i>L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord.</i> Delachaux & Niestlé, Paris, 400 p.
DUBOIS Ph.-J., LE MARECHAL P., OLIOSO G. & YESOU P., 2008. <i>Nouvel inventaire des oiseaux de France.</i> Delachaux et Niestlé, Paris, 558 p.
DULAC P., 2008. Evaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi. <i>Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon – Nantes.</i> 106 p.
DÜRR T., 2001. Flermäuse als Opfer von Windkraftanlagen – Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 10, 182.
DÜRR T., 2002. Eoliennes et Chauves-souris. <i>Nyctalus</i> , n°8 2002, cahier 2, p 115-118.
DÜRR T. 2017. <i>Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe.</i> 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. <i>Vogelverluste an Windenergieanlagen / bird fatalities at windturbines in Europe.</i> Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. NABU. Situation au 9 février 2017.
ECOSPHERE, 2012. <i>Projet d'implantation d'un parc éolien en Dordogne (24) : Etude chiroptérologique en altitude sur mât de mesure d'août à octobre 2012.</i> Ecosphère, Saint-Maur-des-Fossés, France. 38p.
ECOSPHERE. 2013. <i>Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions.</i> Rapport de stage de L. Jung et document interne actualisé.
ÉCOSPHERE. 2017. Liste des Oiseaux nicheurs de la région Centre-Val de Loire et statut de rareté - <i>Document interne actualisé.</i>
ÉCOSPHERE. 2017. Liste des Mammifères de la région Centre-Val de Loire et statut de rareté - <i>Document interne actualisé.</i>
ECOSPHERE, 2015. Expertise chiroptères et suivi de mortalité des parcs éoliens de Lomont et Pays de Montbéliard (25) pour EPR. Ecosphère, agence nord-est, Strasbourg, France. 65 p.
ECOTHEME. 2012. Suivis des impacts sur les chiroptères du parc éolien de la Picoterie. 31 p.
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_INT_O_THE_PROBLEM
ERICKSON W. P. et al. 2001. <i>Avian collision with wind turbines : a summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the United states.</i> National Wind Coordinating Committee.
FAUNA HELVETICA. 2011. Mammifères de Suisse : clés de détermination : clé morphologique et clé des crânes de chiroptères.
FIERS, V., GAUVRIT, B., GAVAZZI, E., HAFFNER, P. & MAURIN, H. 1997 - <i>Statut de la faune de France métropolitaine : statuts de protection, degrés de menace, statuts biologiques.</i> 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. <i>The EBCC Atlas of European Breeding Birds. Their distribution and abundance.</i> Poyser, London, 920 p.
HAQUART A. et al., 2012. <i>Suivi annuel continu de l'activité des chiroptères sur 10 masts de mesure : évaluation des facteurs de risque lié à l'éolien.</i> Biotope, Bourges. 54p.
HEDENSTRÖM A. & RYDELL J. 2012. <i>Effect of wind turbine mortality on noctula bats in Sweden : predictions from a simple population model.</i> Biology Department Lund University, Sweden. 11p.
HÖTKER H., THOMSEN K.-N. & KOSTER H., 2004. <i>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.</i> NABU, 80 p.

HÖTKER H. et al. 2006. <i>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.</i> Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.
JOIRIS E. 2012. <i>High altitude bat monitoring.</i> Preliminary results Hainaut & Ardennes. CSD Ingénieurs. 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.
KRONE O. T. et al. 2009. <i>White-tailed Sea Eagles and wind power plants in Germany – preliminary results. Birds of Prey and Wind farms : Analysis of problems and possible solutions.</i> Documentation of an international workshop in Berlin 21-22 oct 2008. (H. Hötker, red) s. 44-49. NABU, Berlin.
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
LUCAS M. de. et al. 2004. <i>The effects of a wind farm on birds in a migration point : the Strait of Gibraltar.</i> Biodiversity and Conservation 13, 395-407.
MAMMEN U. K. et al. 2009. <i>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.</i> Documentation of an international workshop in Berlin 21-22 oct 2008. (H. Hötker, red) s. 14-21. NABU, Berlin.
MARCHAIS G., 2011. <i>Projet d'implantation d'un parc éolien sur les communes de Saint-Civran, Chazelet et Sacerges-Saint-Martin. Rapport sur le suivi de l'activité chiroptérologique en hauteur (avril – octobre 2011).</i> Ecosphère, Saint-Maur-des-Fossés, France. 49p.
MNHN & UICN, 2008. <i>Liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine.</i> Paris, 14 p.
NEWTON I. & LITTLE B. 2009. <i>Assessment of wind-farm and other bird casualties from carcasses found on a Northumbrian beach over an 11-year period.</i> Bird Study 56, 158-167.
OSBORN R., DIETER C.D., HIGGINS K.F. & USGAARD R.E. 1998. <i>Bird Flight Characteristics Near Wind Turbines in Minnesota.</i> American Midland Naturalist, 139 (1) : 29-38.
PEDERSEN M.B. & POULSEN E. 1991. <i>En 90 m² Mw vindmøller indvirning på fuglelivet - Fugles reaktioner på opførelsen og idriftsættelsen af Tjæreborgmøllen ved Det Danske Vadehav.</i> Miljøministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser. 38 p. (résumé en anglais).
PERCIVAL, S.M. 2001. Assessment of the effects of offshore wind farms on birds. Ecology consulting. 66 p.
PERTHUIS A., 2002. <i>L'avifaune de la région Centre-Val de Loire : synopsis des connaissances.</i> Recherches Naturalistes en Région Centre-Val de Loire, 11 : 17-30.
PETTERSON J. 2005. <i>Havsbaserade vindkraftverks inverkan pa fagillivet i södra Kalmarsund.</i> Energimyndigheten, Stockholm.
PRATZ, 2012. <i>Note relative à la réalisation et au financement des suivis réglementaires de mortalité des parcs éoliens de la région Centre-Val de Loire.</i>
QUAINTENNE G., BROSSAULT P., 2013. <i>Les oiseaux nicheurs rares et menacés en France en 2012.</i> Ornithos 20-6. LPO.
RAMEAU, J.C., MANSION, D. & DUME, G., 1989. <i>Flore Forestière Française ; guide écologique illustré ; vol.1 : plaines et collines.</i> IDF, DERF et ENGREF - Dijon, 1785 pp.
RASRAM L, et al. 2009. <i>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.</i> Documentation of an international workshop in Berlin 21-22 oct 2008. (H. Hötker, red) s. 22-25. NABU, Berlin.
RICO P. & LAGRANGE H. 2011. <i>Bilan des tests d'asservissement sur le parc du Mas de Leuze (commune de Saint Martin de Crau-13).</i> Biotope. 39 p.
ROCAMORA, G. & YEATMAN-BERTHELOT, D. – 1999 – <i>Oiseaux menacés et à surveiller en France. Listes rouges et recherche de priorités. Populations. Tendances. Menaces. Conservation.</i> 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 - <i>Atlas des Mammifères sauvages de France - Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères,</i> 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.
THIOLAY J.-M. & BRETAGNOLLE V., 2004. <i>Rapaces nicheurs de France, Distribution, effectifs et conservation</i> , Delachaux et Niestlé, Paris. 176p.
TORONTO RENEWABLE ENERGY CO-OPERATIVE. 2000. Wind Turbine environmental assessment. Vol. 1 : Screening document. Toronto Renewable Energy Co-operative, April 2000.
YEATMAN-BERTHELOT, D. & JARRY, G., 1994. <i>Nouvel Atlas des Oiseaux nicheurs de France, 1985-1989</i> . 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. <i>La migration des oiseaux : comprendre les voyageurs du ciel</i> . Guide Nature. Editions Sud-Ouest. Mai 2015. 352p.

9. ANNEXE 1 : DONNÉES MORTALITÉ BRUTE 2019

N°	Date	Eolienne	Espèce	Distance Mat	Orientation	Etat Cadavre	Cause Présumée	Age	Sexe	Commentaire
1	17-mai-19	A23	Fauvette grisette	< 1 m	Nord-ouest	Bon état	Collision	Adulte	M	Tête en début de décomposition
2	31-mai-19	A34	Pigeon sp.	43 m	Sud-est	Reste de plumes	Collision	Adulte	Indéterminé	Bande enherbée entre A34 et A35
3	26-juil-19	A14	Bruant proyer	3 m	Est	Bon état	Collision	Adulte	M	
4	02-août-19	A15	Alouette lulu	< 1 m	Sud-ouest	Bon état mais décapité	Collision	Adulte	Indéterminé	Sur la plateforme
5	09-août-19	A12	Noctule commune	6 m 50	Nord-est	Décomposition avancée	Collision	Adulte	M	
6	23-août-19	A21	Noctule commune	2 m 50	Ouest	Bon état	Collision	Adulte	M	Sans doute frais de la nuit
7	10-sept-19	A17	Pipistrelle de Nathusius	7m	Nord-est	Blessures ventre et patagium	Collision	Adulte	M	Sans doute frais de la nuit
8	24-sept-19	A24	Oiseau indéterminé	< 1 m	Nord-ouest	Plumes, crâne	Collision	Adulte	Indéterminé	Sur la plateforme
9	29-oct-19	A16	Oiseau indéterminé	2 m	Sud-est	Aile	Collision	Adulte	Indéterminé	Beaucoup de brouillard
10	29-oct-19	A22	Roitelet à triple bandeau	15 m	Ouest	Bon état	Collision	Adulte	M	Sur la plateforme, brouillard
11	29-oct-19	A21	Bruant proyer	< 1 m	Nord-ouest	Intact	Collision	Adulte	M	Beaucoup de brouillard
12	29-oct-19	A21	Rouge-gorge	5 m	Nord-est	Bon état	Collision	Adulte	M	Beaucoup de brouillard
13	29-oct-19	A34	Rouge-gorge	13 m	Nord-est	Duvet, plumes	Collision	Adulte	M	À l'angle de la plateforme, brouillard
14	29-oct-19	A35	Rouge-gorge	15 m	Sud-ouest	Plumes	Collision	Adulte	M	Sous le panneau, brouillard
15	29-oct-19	A12	Pipistrelle de Nathusius	2 m	Est	Décomposition avancée	Collision	Adulte	M	

10. ANNEXE 2 : DONNÉES MORTALITÉ FORMATÉES POUR LES ESTIMATIONS AVEC « GENEST »

TABLEAU DES OBSERVATIONS DES CADAVRES (UNIT = ÉOLIENNE)

carcID	Unit	Visibility	HabitatType	Species	Size	DateFound
x1	Unit23	Bonne	plateforme	Fauvette grisette	M	17/05/2019
x2	Unit34	Bonne	plateforme	Pigeon sp.	M	31/05/2019
x3	Unit14	Bonne	plateforme	Bruant proyer	M	26/07/2019
x4	Unit15	moyenne	plateforme	Alouette lulu	M	02/08/2019
x5	Unit12	Bonne	plateforme	Noctule commune	S	09/08/2019
x6	Unit21	Bonne	plateforme	Noctule commune	S	23/08/2019
x7	Unit17	moyenne	plateforme	Pipistrelle de Nathusius	S	10/09/2019
x8	Unit24	Bonne	plateforme	Oiseau indéterminé	M	24/09/2019
x9	Unit16	Bonne	plateforme	Oiseau indéterminé	M	29/10/2019
x10	Unit22	moyenne	plateforme	Roitelet à triple bandeau	M	29/10/2019
x11	Unit21	moyenne	plateforme	Bruant proyer	M	29/10/2019
x12	Unit21	Bonne	plateforme	Rouge-gorge	M	29/10/2019
x13	Unit34	faible	plateforme	Rouge-gorge	M	29/10/2019
x14	Unit35	faible	plateforme	Rouge-gorge	M	29/10/2019
x15	Unit12	moyenne	plateforme	Pipistrelle de Nathusius	S	29/10/2019

TABLEAU DES TESTS DE PERSISTANCE DES CADAVRES

cpID	Visibility	Season	GroundCover	Size	LastPresentDecimalDays	FirstAbsentDecimalDays	Type
cp1	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp2	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp3	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp4	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp5	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp6	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp7	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp8	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp9	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp10	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp11	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp12	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp13	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp14	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp15	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp16	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp17	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp18	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp19	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp20	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp21	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp22	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp23	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp24	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp25	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp26	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris

cpID	Visibility	Season	GroundCover	Size	LastPresentDecimalDays	FirstAbsentDecimalDays	Type
cp27	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp28	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp29	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp30	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp31	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp32	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp33	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp34	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp35	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp36	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp37	Bonne	periode 1	A	S	1	3	souris
cp38	Bonne	periode 1	A	M	3	7	poussin
cp39	Bonne	periode 1	A	M	3	7	poussin
cp40	Bonne	periode 1	A	M	10	14	poussin
cp41	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp42	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp43	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp44	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp45	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp46	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp47	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp48	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp49	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp50	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp51	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp52	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp53	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris

cpID	Visibility	Season	GroundCover	Size	LastPresentDecimalDays	FirstAbsentDecimalDays	Type
cp54	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp55	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp56	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp57	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp58	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp59	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp60	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp61	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp62	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp63	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp64	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp65	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp66	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp67	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp68	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp69	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp70	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp71	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp72	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp73	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp74	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp75	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp76	Bonne	periode 2	A	S	0,5	1	souris
cp77	Bonne	periode 2	A	M	1	3	poussin
cp78	Bonne	periode 2	A	M	1	3	poussin
cp79	Bonne	periode 2	A	M	1	3	poussin
cp80	Bonne	periode 2	A	M	3	7	poussin

TABLEAU DU TEST D'EFFICACITÉ OBSERVATEUR

seID	Visibility	HabitatType	Season	Size	Search1	Search2	Unit	
se1	Bonne	plateforme	periode 2	S		1	NA	Unit12
se2	Bonne	plateforme	periode 2	S		1	NA	Unit12
se3	Bonne	plateforme	periode 2	S		1	NA	Unit12
se4	Bonne	plateforme	periode 2	S		1	NA	Unit12
se5	Bonne	plateforme	periode 2	S		1	NA	Unit12
se6	Bonne	plateforme	periode 2	M		1	NA	Unit12
se7	Bonne	plateforme	periode 2	M		1	NA	Unit12
se8	Bonne	plateforme	periode 2	M		1	NA	Unit12
se9	Bonne	plateforme	periode 2	M		1	NA	Unit12
se10	Bonne	plateforme	periode 2	M		1	NA	Unit12
se11	Bonne	plateforme	periode 2	M		0	NA	Unit12
se12	Bonne	plateforme	periode 2	S		1	NA	Unit15
se13	Bonne	plateforme	periode 2	S		1	NA	Unit15
se14	Bonne	plateforme	periode 2	S		1	NA	Unit15
se15	Bonne	plateforme	periode 2	S		1	NA	Unit15
se16	Bonne	plateforme	periode 2	S		1	NA	Unit15
se17	Bonne	plateforme	periode 2	M		1	NA	Unit15
se18	Bonne	plateforme	periode 2	M		1	NA	Unit15
se19	Bonne	plateforme	periode 2	M		1	NA	Unit15
se20	Bonne	plateforme	periode 2	M		1	NA	Unit15
se21	Bonne	plateforme	periode 2	M		1	NA	Unit15
se22	Bonne	plateforme	periode 2	M		1	NA	Unit15
se23	Bonne	plateforme	periode 2	S		1	NA	Unit21
se24	Bonne	plateforme	periode 2	S		1	NA	Unit21
se25	Bonne	plateforme	periode 2	S		1	NA	Unit21
se26	Bonne	plateforme	periode 2	S		1	NA	Unit21

selID	Visibility	HabitatType	Season	Size	Search1	Search2	Unit
se27	Bonne	plateforme	periode 2	S	1	NA	Unit21
se28	Bonne	plateforme	periode 2	M	1	NA	Unit21
se29	Bonne	plateforme	periode 2	M	1	NA	Unit21
se30	Bonne	plateforme	periode 2	M	1	NA	Unit21
se31	Bonne	plateforme	periode 2	M	1	NA	Unit21
se32	Bonne	plateforme	periode 2	M	1	NA	Unit21
se33	Bonne	plateforme	periode 2	S	0	NA	Unit25
se34	Bonne	plateforme	periode 2	S	1	NA	Unit25
se35	Bonne	plateforme	periode 2	S	1	NA	Unit25
se36	Bonne	plateforme	periode 2	S	1	NA	Unit25
se37	Bonne	plateforme	periode 2	S	1	NA	Unit25
se38	Bonne	plateforme	periode 2	M	1	NA	Unit25
se39	Bonne	plateforme	periode 2	M	1	NA	Unit25
se40	Bonne	plateforme	periode 2	M	1	NA	Unit25
se41	Bonne	plateforme	periode 2	M	1	NA	Unit25
se42	Bonne	plateforme	periode 2	M	1	NA	Unit25
se43	Bonne	plateforme	periode 2	S	0	NA	Unit35
se44	Bonne	plateforme	periode 2	S	1	NA	Unit35
se45	Bonne	plateforme	periode 2	S	1	NA	Unit35
se46	Bonne	plateforme	periode 2	S	1	NA	Unit35
se47	Bonne	plateforme	periode 2	S	1	NA	Unit35
se48	Bonne	plateforme	periode 2	M	1	NA	Unit35
se49	Bonne	plateforme	periode 2	M	1	NA	Unit35
se50	Bonne	plateforme	periode 2	M	1	NA	Unit35
se51	Bonne	plateforme	periode 2	M	1	NA	Unit35
se52	Bonne	plateforme	periode 2	M	1	NA	Unit35
se53	Bonne	plateforme	periode 2	S	0	NA	Unit37

selID	Visibility	HabitatType	Season	Size	Search1	Search2	Unit	
se54	Bonne	plateforme	periode 2	S		1	NA	Unit37
se55	Bonne	plateforme	periode 2	S		1	NA	Unit37
se56	Bonne	plateforme	periode 2	M		1	NA	Unit37
se57	Bonne	plateforme	periode 2	M		1	NA	Unit37
se58	Bonne	plateforme	periode 2	M		1	NA	Unit37
se59	Bonne	plateforme	periode 2	M		1	NA	Unit37
se60	Bonne	plateforme	periode 2	M		1	NA	Unit37

TABLEAU DE LA CORRECTION SURFACIQUE APPROXIMÉE (DENSITY-WEIGHTED PROPORTION)

Unit	S (chiroptères)	M (oiseaux)
Unit12	28,6%	28,6%
Unit13	26,2%	26,2%
Unit14	27,1%	27,1%
Unit15	27,9%	27,9%
Unit16	31,7%	31,7%
Unit17	28,4%	28,4%
Unit18	26,2%	26,2%
Unit21	34,9%	34,9%
Unit22	34,7%	34,7%
Unit23	35,8%	35,8%
Unit24	34,4%	34,4%
Unit25	44,4%	44,4%
Unit34	37,0%	37,0%
Unit35	33,2%	33,2%
Unit36	38,0%	38,0%
Unit37	36,0%	36,0%

TABLEAU DU CALENDRIER DES PASSAGES

DateSearched	Season	Construction	Unit12	Unit13	Unit14	Unit15	Unit16	Unit17	Unit18	Unit21	Unit22	Unit23	Unit24	Unit25	Unit34	Unit35	Unit36	Unit37
17/05/2019	periode 1	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24/05/2019	periode 1	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
31/05/2019	periode 1	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
07/06/2019	periode 1	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
08/06/2019	periode 1	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10/06/2019	periode 1	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14/06/2019	periode 1	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17/06/2019	periode 1	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21/06/2019	periode 1	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28/06/2019	periode 1	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
05/07/2019	periode 1	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12/07/2019	periode 1	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19/07/2019	periode 1	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26/07/2019	periode 1	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30/07/2019	periode 1	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
02/08/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
06/08/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
09/08/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13/08/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16/08/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20/08/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23/08/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27/08/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28/08/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30/08/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

DateSearched	Season	Construction	Unit12	Unit13	Unit14	Unit15	Unit16	Unit17	Unit18	Unit21	Unit22	Unit23	Unit24	Unit25	Unit34	Unit35	Unit36	Unit37
03/09/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
06/09/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10/09/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13/09/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17/09/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20/09/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24/09/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27/09/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
01/10/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
04/10/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
08/10/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11/10/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15/10/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18/10/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22/10/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25/10/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29/10/2019	periode 2	After	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

RÉCAPITULATIF DES MODÈLES UTILISÉS POUR LES ESTIMATIONS AVEC GENEST

Estimated mortality

X 10% 25% 50% 75% 90%
15 94.93 118.86 149.2 182 215.99
Confidence level: 80%

Searcher Efficiency

Selected model for M : $p \sim \text{constant}$; k fixed at 1
cell n p_median p_lwr p_upr k_median k_lwr k_upr
all 32 0.96875 0.893968 0.991303 1 1 1
Selected model for S : $p \sim \text{constant}$; k fixed at 1
cell n p_median p_lwr p_upr k_median k_lwr k_upr
all 28 0.892857 0.792033 0.94801 1 1 1

AIC Tables :

- M :
 p_{formula} k_{formula} AICc deltaAICc
1 $p \sim 1$ k fixed at 1 11.03 0
- S :
 p_{formula} k_{formula} AICc deltaAICc
1 $p \sim 1$ k fixed at 1 21.22 0



Carcass persistence

Data: Lizeray-19_CP3_carcass_persistency.csv

Last present: LastPresentDecimalDays

First absent: FirstAbsentDecimalDays

Confidence level: 80%

Selected model for M : lognormal; l ~ constant; s ~ constant

cell n l_median l_lwr l_upr s_median s_lwr s_upr

1 all 7 1.29 0.952 1.628 0.643 0.435 0.949

Selected model for S : weibull; l ~ constant; s ~ constant

cell n l_median l_lwr l_upr s_median s_lwr s_upr

1 all 73 0.048 -1.366 1.462 0.124 0 744509888146.057

AIC Tables

Size M (oiseaux)	Size S (chauves-souris)
l_{formula} s_{formula} AICc deltaAICc	l_{formula} s_{formula} AICc deltaAICc
2 exponential $l \sim 1$ NULL 22.96 0	1 exponential $l \sim \text{Season}$ NULL 100.83 0
6 lognormal $l \sim 1$ $s \sim 1$ 24.19 1.23	3 weibull $l \sim 1$ $s \sim 1$ 105.36 4.53
8 loglogistic $l \sim 1$ $s \sim 1$ 24.46 1.5	4 lognormal $l \sim 1$ $s \sim 1$ 105.36 4.53
1 exponential $l \sim \text{Season}$ NULL 25.39 2.43	5 loglogistic $l \sim 1$ $s \sim 1$ 105.36 4.53
5 lognormal $l \sim \text{Season}$ $s \sim 1$ 25.41 2.45	2 exponential $l \sim 1$ NULL 130.88 30.05
4 weibull $l \sim 1$ $s \sim 1$ 25.46 2.5	
7 loglogistic $l \sim \text{Season}$ $s \sim 1$ 25.79 2.83	
3 weibull $l \sim \text{Season}$ $s \sim 1$ 26.1 3.14	

model: $I \sim \text{constant}$; $s \sim \text{constant}$

weibull loglogistic

— exponential — lognormal

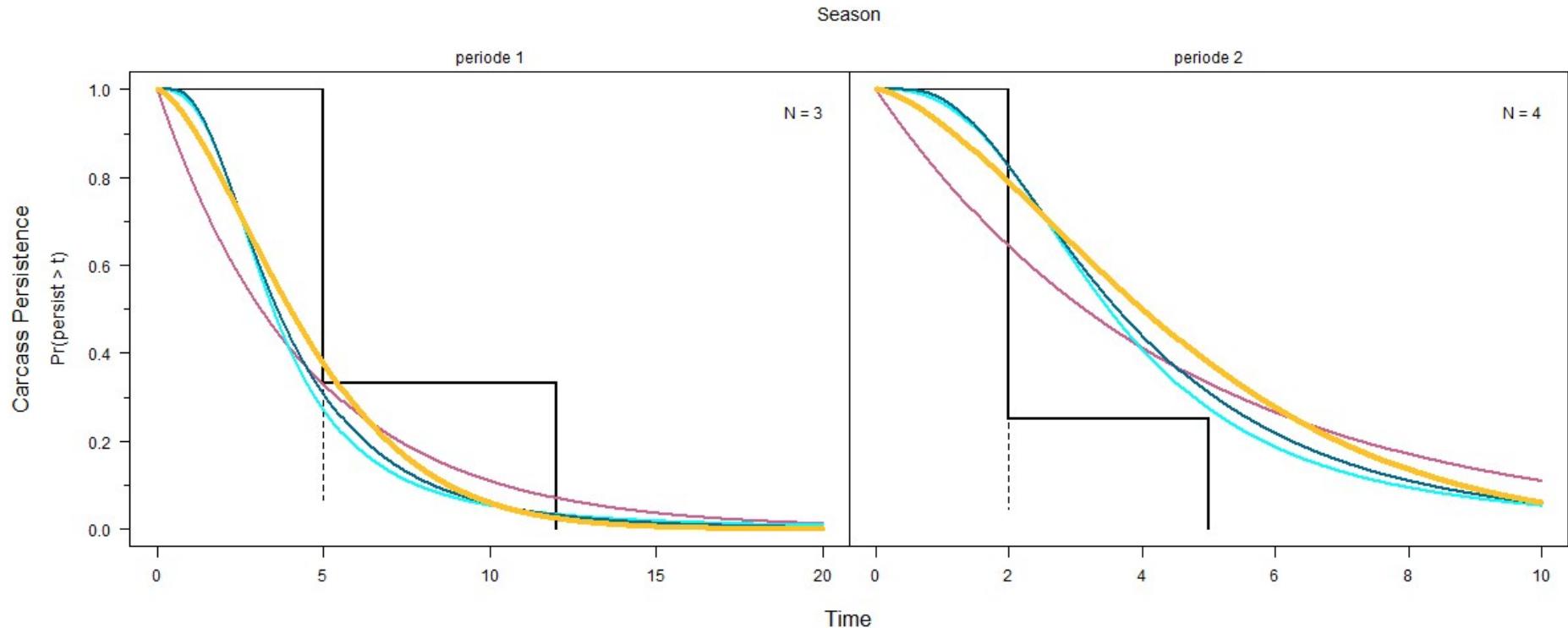
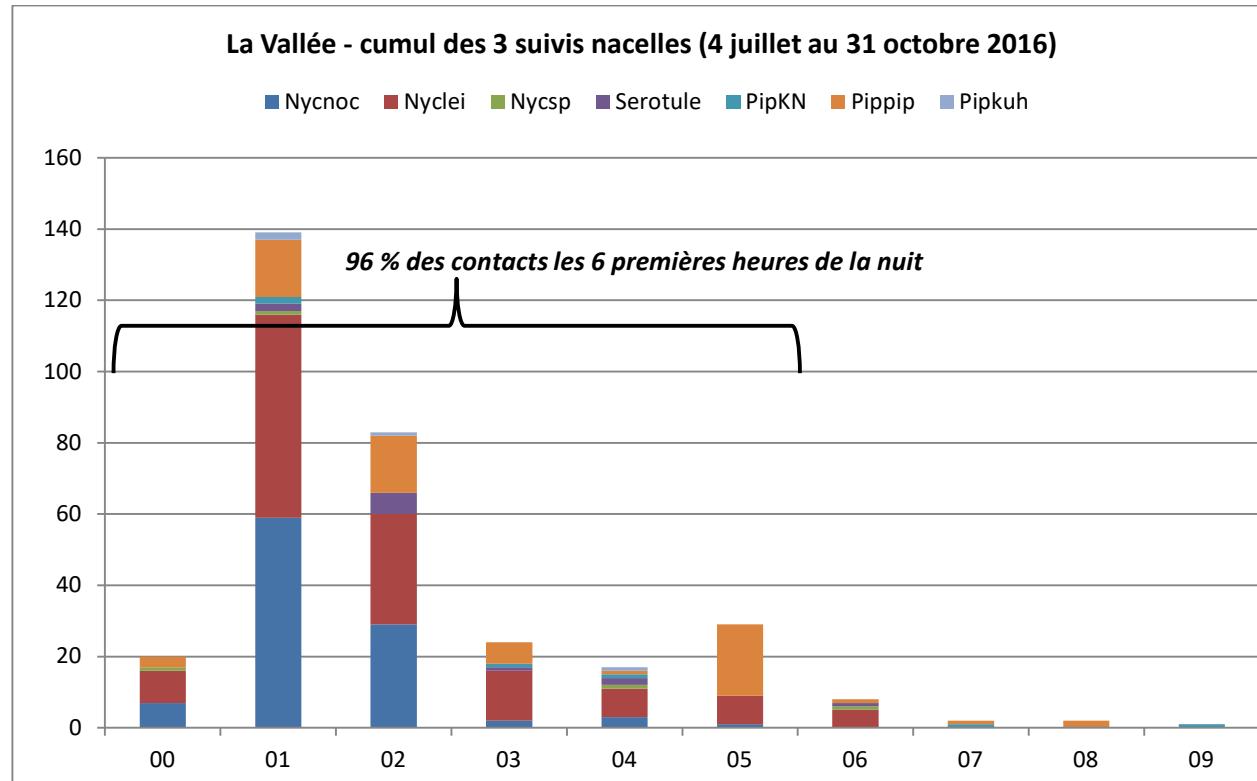


Figure 10 – Courbe de modélisations de la persistance des cadavres par GFNEST

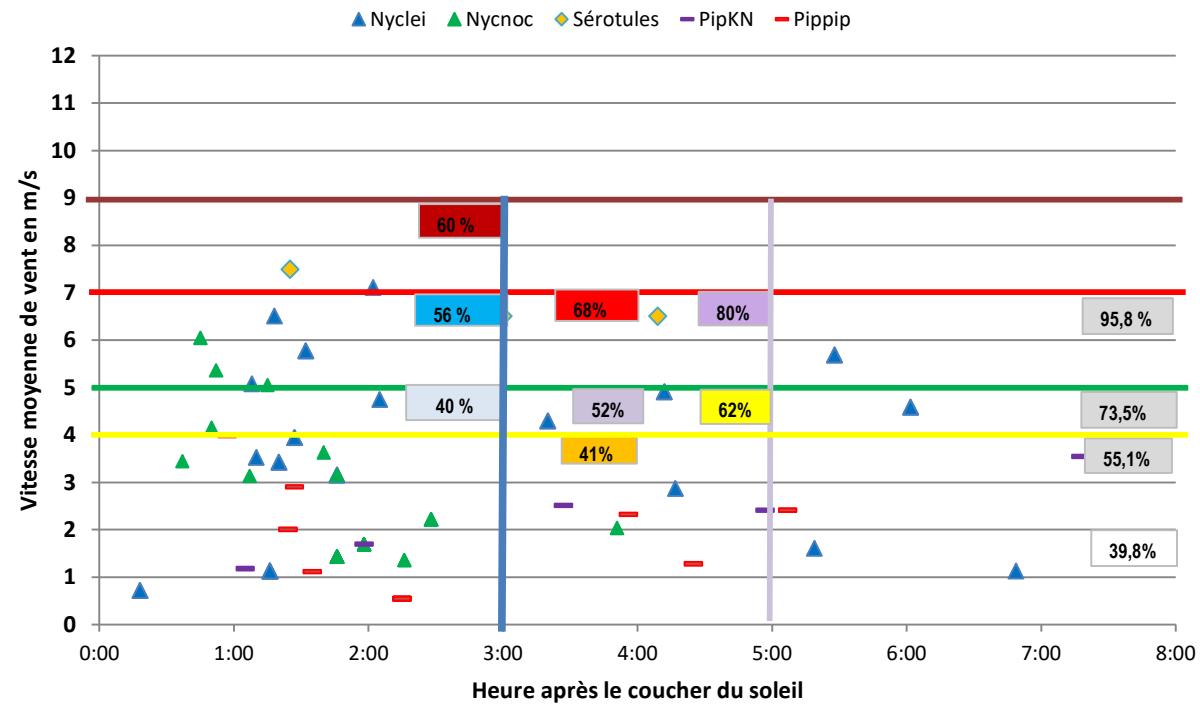
11. ANNEXE 3 : RÉSULTATS DES TROIS SUIVIS ACOUSTIQUES EN ANCELLE DE 2016



La Vallée : 3 suivis acoustiques des chiroptères à hauteur de nacelle en 2016

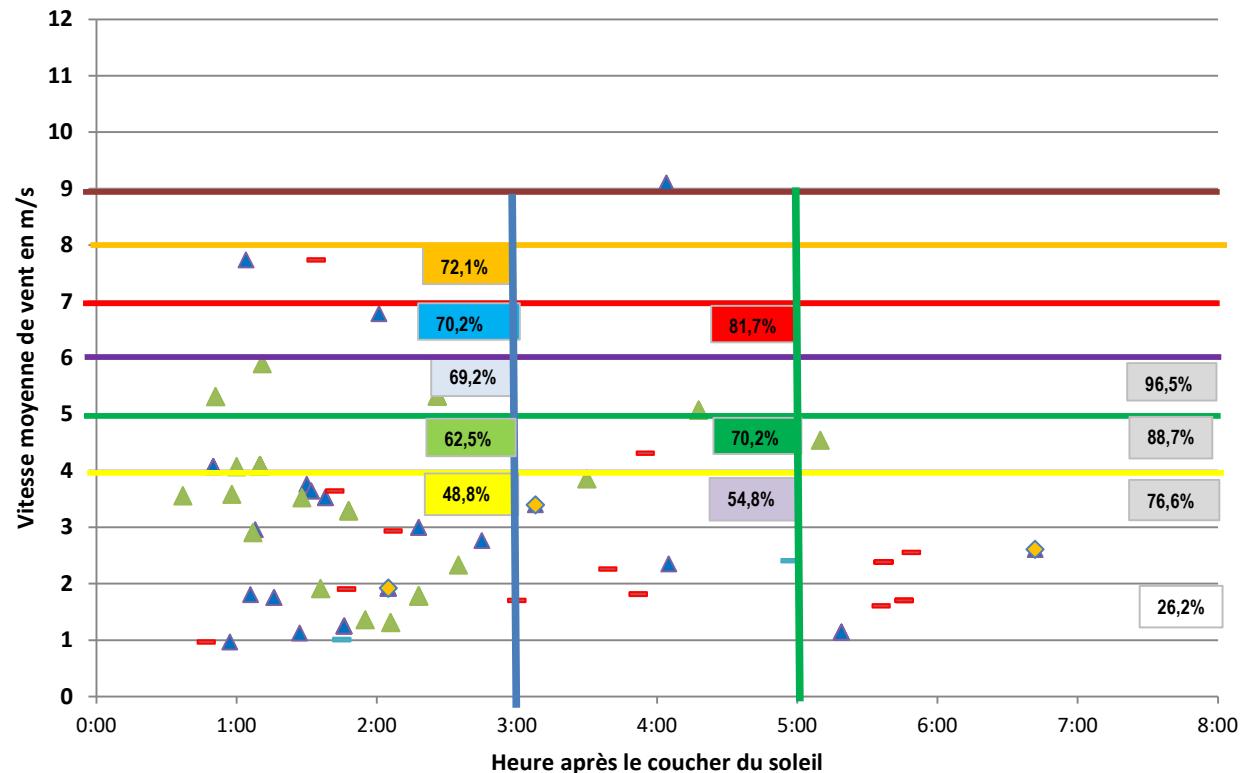


La Vallée E12 - suivi en nacelle du 4 juillet au 31 octobre 2016
(n = 88 sur 118 nuits avec parfois plusieurs contacts sont sur un même point)



La Vallée E21 - suivi nacelle du 4 juillet au 31 octobre 2016
(n = 141 avec parfois plusieurs contacts sont sur un même point)

▲ Nyclei ▲ Nyncnoc ▲ Sérotules ▲ Pipkuh ▲ Pippip



La Vallée E34 - suivi en nacelle du 4 juillet au 31 octobre 2016

(n = 96 avec parfois plusieurs contacts sont sur un même point)

▲ Nyclei ▲ Nycnoc ▲ Serotule ▲ PipKN — Pippip

