



Parc éolien de Marchéville (28)

Suivi post-implantation 2022

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

09/05/2023



INFORMATIONS & CONTACTS ●●●

Parc éolien de Marchéville (28) Suivi post-implantation 2022

Étude réalisée pour : EDP Renewables France SAS

🏠 25 quai Panhard et Levassor
75013 Paris

👤 **Guillaume MARCHAIS**
📞 +33 6 02 18 16 18
✉ guillaume.marchais@edp.com

Étude réalisée par : ÉCOSPHÈRE Agence Centre-Bourgogne

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

Coordination, contrôle qualité

Manon ACQUEBERGE
Chargée de projets faune

Suivi de mortalité, Suivi de fréquentation avifaune et chiroptères

Benoît FOREAU, Maxence PELLETIER et Dylan VEAU
Chargés d'études faune (Eure-et-Loir Nature)

Analyses faunistiques

Iserette ANDRE
Chargée d'études faune

Julie AUCLAIR et Justine PAVIS
Chargées d'études chiroptères

SIG et cartographie

Ulysse BOURGEOIS
Géomaticien

CONTEXTE ●●●

Le parc éolien de Marchéville est situé sur la commune de Marchéville dans le département de l'Eure-et-Loir (28). Il est constitué de 6 éoliennes. Ce parc est implanté en milieu agricole dans un contexte de cultures intensives. Il a été mis en service en 2020.

Afin de se conformer à la réglementation ICPE, la société EDP Renewables France a missionné Ecosphère et Eure-et-Loir Nature pour réaliser le suivi post-implantation du parc, selon le protocole national réglementaire et les engagements de l'étude d'impact initiale du projet.

Un premier suivi post-implantation a été réalisé sur le parc de Marchéville en 2021, aboutissant à la détermination d'algorithmes de bridage nocturne. Ce deuxième suivi de mortalité permettra de vérifier l'efficacité des paramètres retenus et de les adapter en cas de besoin.

Dans ce contexte, la mission d'Eure-et-Loir Nature consistait à :

- Effectuer des recherches de cadavres au sol de début mai à fin octobre 2022 (soit environ 6 mois consécutifs) ;
- Réaliser un suivi de la fréquentation des chauves-souris et des oiseaux aux alentours du parc éolien (de mai à septembre 2022 pour les chiroptères, et de novembre 2021 à novembre 2022 pour l'avifaune).

Tandis que la mission d'Écosphère consistait à :

- Réaliser un suivi acoustique en continu à hauteur de nacelle sur l'éolienne MRV04, pendant la période d'activité des chauves-souris (de fin février à fin novembre 2022, soit 9 mois consécutifs) ;
- Évaluer les impacts par collision ou barotraumatisme ;
- Proposer le cas échéant des mesures de réduction proportionnées.

Citation recommandée :

Ecosphère, 2023. Suivi environnemental du parc de Marchéville (28) – année 2022, Ecosphère, Orléans, 66 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.

Référence interne étude : « Marchéville Eol Sv 22 ».

SOMMAIRE

INFORMATIONS & CONTACTS	2
CONTEXTE	2
SOMMAIRE	3
RESUME	4
1. CADRE TECHNIQUE ET REGLEMENTAIRE D'UN SUIVI POST-IMPLANTATION	8
1.1 CADRE REGLEMENTAIRE	8
1.2 DEFINITION DU PROTOCOLE NATIONAL	8
1.3 APPLICATION DU PROTOCOLE NATIONAL A L'ECHELLE DU PARC SUIVI	8
2. PRESENTATION DU PARC EOLIEN	9
2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ECOLOGIQUE.....	9
2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES	9
2.3 PLAN DE REGULATION (BRIDAGE) EN PLACE	11
2.4 SITUATION ECOLOGIQUE ANTERIEURE	11
3. METHODES DE TRAVAIL	14
3.1 SUIVI DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE	14
3.2 SUIVI DE MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX	15
3.3 SUIVI DE LA FREQUENTATION CHIROPTEROLOGIQUE ET AVIFAUNISTIQUE	22
3.4 METHODE D'EVALUATION DES ESPECES FREQUENTANT LE PARC.....	23
3.5 METHODE DE DEFINITION DES IMPACTS ET DES MESURES DE REDUCTION ADAPTEES AU PARC	25
4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE	26
4.1 VALIDITE DU MATERIEL UTILISE	26
4.2 DESCRIPTION DES ACTIVITES ENREGISTREES	26
4.3 SYNTHESE ET EVALUATION DES ACTIVITES.....	29
4.4 REPARTITION DE L'ACTIVITE SELON L'HEURE DE LA NUIT	30
4.5 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LES VITESSES DE VENT.....	30
4.6 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LA TEMPERATURE	31
4.7 CONCLUSION DU SUIVI ACOUSTIQUE A HAUTEUR DE NACELLE.....	31
5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE MORTALITE	32
5.1 RESULTATS BRUTS DU SUIVI 2022.....	32
5.2 VARIABLES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE	35
5.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE	38
5.4 CONCLUSION DU SUIVI DE LA MORTALITE	40
6. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE LA FREQUENTATION ACOUSTIQUE ET AVIFAUNISTIQUE	41
6.1 RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE LA FREQUENTATION DES CHAUVES-SOURIS.....	41
6.2 RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE LA FREQUENTATION DES OISEAUX	41
7. EVALUATION DES IMPACTS PAR COLLISION ET BAROTRAUMATISME	43
7.1 RAPPEL DES RESULTATS BRUTS DE MORTALITE DE 2021 ET 2022	43
7.2 OISEAUX	46
7.3 CHAUVES-SOURIS	47
7.4 CONCLUSION SUR LES IMPACTS DU PARC DE MARCHEVILLE EN 2022.....	49

8. MESURES DE REDUCTION DES RISQUES DE COLLISION	50
8.1 PROTECTION DES CHAUVES-SOURIS FREQUENTANT LE PARC PAR UN BRIDAGE NOCTURNE DIFFERENCIE	50
8.2 GESTION DES HABITATS AUTOUR DES EOLIENNES.....	51
9. SUIVI DE L'EFFICACITE DES MESURES ET MESURES D'ACCOMPAGNEMENT	52
10. BIBLIOGRAPHIE	53
ANNEXE 1 : DATES DE PROSPECTION DU SUIVI DE MORTALITE ET DES TESTS ASSOCIES	58
ANNEXE 2 : SURFACES PROSPECTEES PAR EOLIENNE AU COURS DU SUIVI	59
ANNEXE 3 : SYNTHESE DES CADAVRES DECOUVERTS LORS DU SUIVI DE MORTALITE	61
ANNEXE 4 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR D'EOLAPP	62
ANNEXE 5 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR DE GENEST	63
ANNEXE 6 : PARAMETRES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE AVEC GENEST	65

RESUME

Ce résumé présente les éléments essentiels à retenir, exposés de manière synthétique, et se veut pédagogique mais certains sujets restent très techniques. Le détail des descriptions et des analyses permettant de comprendre précisément les enjeux écologiques se trouve dans le corps du texte.

❖ Présentation du parc éolien suivi

Le parc éolien de Marchéville est localisé sur la commune du même nom au centre-ouest du département de l'Eure-et-Loir (28) en région Centre-Val de Loire, à l'ouest de la Beauce et à proximité du Perche. Il se trouve à 19 km au sud-ouest de Chartres, 27 km au nord-ouest de Châteaudun et 41 km au sud-ouest de Dreux.

Le contexte écopaysager du parc est celui des **plaines de la Beauce chartraine**, région agricole marquée par la présence de paysages de monocultures intensives (blé, maïs...). Au sein et aux alentours du parc éolien, le **paysage est ouvert**, du fait de son implantation en parcelle agricole. Quelques bosquets sont recensés à l'ouest et au nord, le plus proche se trouvant à 400 m au nord-ouest de l'éolienne MRV01. Le Loir s'écoule à l'ouest du parc, à 250 m de l'éolienne MRV01.

Le parc de Marchéville a été mis en service en 2020. **Un premier suivi post-implantation, composé uniquement d'un suivi de la mortalité, a été réalisé en 2021.** Celui-ci a conclu à la mise en place d'un bridage sur le parc (un bridage des éoliennes MRV04, MRV05 et MRV06 a été préconisé, entre le 1^{er} avril et le 31 octobre).

Un deuxième suivi post-implantation (mortalité et nacelle) a été réalisé au cours de l'année 2022 afin de vérifier l'efficacité des mesures correctives.

❖ Méthodes de travail

Suivi à hauteur de nacelle

Un Batmode S+ a été installé sur l'éolienne MRV04 et a fonctionné **du 30 mars au 9 novembre 2022.**

Pour le suivi acoustique sur l'éolienne MRV04, **le micro a été pleinement opérationnel du début à la fin du suivi. Cependant, le Batmode a été déconnecté (alimentation coupée) du 06/04 au 12/05/2022.**

Mortalité

Les 6 éoliennes du parc ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un standard conforme au protocole ministériel de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres en vigueur depuis avril 2018. **Un total de 61 passages a été réalisé pour chaque éolienne. Ces passages sont répartis entre le 2 mai et le 29 octobre 2022** (semaines 18 à 43), avec un **intervalle moyen entre les passages de 3 jours.**

Les prospections ont été effectuées dans un rayon de **50 mètres** autour des mâts des machines.

Deux tests de persistance ont été réalisés (date de dépose des cadavres : 23/05/2022 et 28/09/2022) avec un suivi de la persistance des 4 leurres répartis autour des 6 éoliennes du parc (soit 48 leurres au total) à J+3, J+6, J+9, J+12 et J+15. **Les tests d'efficacité** de l'observateur (01/07/2022 et 29/09/2022) ont consisté en la dépose de 80 leurres sur les différentes zones prospectables autour des éoliennes MRV02 et MRV06.

Les résultats bruts sont corrigés grâce aux applications EolApp (permettant d'obtenir les formules d'Huso et Jones avec leur intervalle de confiance, conformément aux préconisations du protocole national de 2018) et **GenEst** (permettant d'obtenir des résultats plus fins et mieux adaptés aux conditions stationnelles, également sous la forme d'une médiane avec intervalle de confiance).

Fréquentation chiroptérologique et avifaunistique

Fréquentation chiroptérologique :

Dans les communes de Marchéville et de Magny, des églises et un corps de ferme ont été prospectés dans le hameau de Bréhainville à Magny. Un point d'écoute active a été réalisé le 08/09/2022, dans le corps de ferme prospecté à Bréhainville, à l'aide d'un détecteur à ultrasons durant 20 min à partir de 21h30. Ce point d'écoute est situé à environ 1 km au sud du parc de Marchéville.

Fréquentation avifaunistique :

Le suivi de la fréquentation post-implantation de l'avifaune a été réalisé sur un cycle biologique complet. Les inventaires ont été ciblés sur les oiseaux nicheurs, migrateurs et hivernants. Au total, 25 passages ont été effectués, entre le 22 novembre 2021 et le 10 novembre 2022.

Six passages ont été réalisés en période de migration pré-nuptiale (les 1^{er}, 8, 15 et 23 avril ainsi que les 4 et 8 mai 2022) et en période de migration post-nuptiale (le 28 août, les 9 et 30 septembre, les 9 et 18 octobre ainsi que le 10 novembre 2022). En période d'hivernage, sept passages ont eu lieu (le 22 novembre, les 9 et 23 décembre 2021, les 13, 22 et 30 janvier ainsi que le 11 février 2022). Les observations ont été effectuées depuis des points fixes (respectivement 5, 3 et 5 points fixes) durant 40 min chacun, situés entre 100 à 200 m des éoliennes du parc de Marchéville.

Six passages ont été réalisés en période de nidification, les 20 et 25 mai, les 3, 14 et 15 juin, ainsi que le 22 juillet 2022 pour les espèces nicheuses tardives. Les observations ont été menées sur deux rayons de prospections autour du parc éolien : 500 m et 2 km. Dans l'aire de recherche de 500 m de rayon, des transects à pied entrecoupés de points d'écoute de 5 min tous les 300 m ont été effectués. Dans l'aire de recherche de 2 km de rayon, la recherche active a été réalisée par des déplacements en voiture et des arrêts fréquents d'environ 1h sur des points fixes d'observation.

❖ Résultats du suivi acoustique à hauteur de nacelle

Au total, durant ce suivi 2022, **2359 contacts de chauves-souris** ont été enregistrés par le Batmode S+ au niveau de l'éolienne MRV04. Les espèces les plus contactées sont dans l'ordre **la Noctule de Leisler, la Noctule commune et la Pipistrelle commune.** Les mois de juillet et d'août sont les plus fréquentés. **Au total, 880 contacts de Noctule commune ont été enregistrés durant le suivi, dont 487 au mois d'août.** Ces résultats démontrent une importante fréquentation de cette espèce sur le parc, notamment à cette période. Les Pipistrelles de Nathusius sont quant à elles très peu présentes sur le parc durant le suivi 2022, seuls 3 contacts ont été enregistrés durant le mois d'octobre.

❖ Résultats du suivi de la mortalité

Résultats bruts

La mortalité constatée en 2022 se compose ainsi de :

- **5 oiseaux appartenant à 5 espèces** : 1 Busard Saint-Martin [local], 1 Gobemouche noir [migrateur], 1 Goéland brun [migrateur], 1 Faucon crécerelle [migrateur probable] et 1 Pigeon biset [local] ;
- **15 chiroptères appartenant à 3 espèces** : 2 Noctules de Leisler [1 locale, 1 migratrice], 11 Pipistrelles communes [locales] et 2 Pipistrelles de Nathusius [migratrices].

Les cadavres découverts sur le parc de Marchéville sont distribués de manière relativement homogène entre les 6 éoliennes, notamment chez les chauves-souris. Chez les oiseaux, la répartition est plus hétérogène. Hormis la présence d'une haie, de la rivière du Loir et d'un bosquet situés à proximité de MRV01, la topographie et le contexte local sont similaires entre les 6 machines, ce qui permet d'expliquer l'homogénéité globale de la répartition des cadavres.

Concernant les chiroptères, on peut par ailleurs distinguer les éoliennes MRV01 et MRV05 comme étant les plus accidentogènes (respectivement 5 et 4 individus), suivies de près par l'éolienne MRV02 avec 3 individus, des autres éoliennes avec entre zéro et 2 individus impactés. Les 3 éoliennes non bridées cumulent 10 cadavres de chauves-souris, contre 5 sur les éoliennes bridées (parmi ces 5 cadavres, 3 ont été impactés en octobre, période non couverte par le bridage).

Concernant les oiseaux, l'éolienne MRV06 dénombre le plus de cas de mortalité (2 individus), tandis que les autres éoliennes oscillent entre zéro et un individu impacté. Les 3 éoliennes non bridées ne représentent qu'un cadavre d'oiseau, contre 4 sur les éoliennes bridées.

Persistance des cadavres

Les tests de persistance réalisés à partir de 48 cadavres montrent **un taux de persistance de 46 % à j+3 en période 1 et 54 % à j+3 en période 2.**

La persistance est bonne sur l'ensemble du suivi, avec une légère différence non significative entre les deux périodes. L'intervalle réduit entre les passages (un passage tous les 3 j) permet de couvrir le temps moyen de persistance, d'obtenir des estimations relativement fiables et de limiter le degré d'imprécision, n'induisant pas de biais majeur sur les analyses de mortalité réelle

Détectabilité (efficacité de l'observateur)

Le taux d'efficacité (ou de détection) est de 93 % pour la période 1 (soit un très bon taux ; test sur visibilité bonne) et de 65 % pour la période 2 (soit un taux moyen ; test sur visibilité bonne et moyenne).

Classiquement, on notera que la détectabilité est moins bonne dans les surfaces de moyenne visibilité. Ici, la différence d'efficacité entre les visibilités bonne et moyenne en période 2 n'est pas significative. Il est par ailleurs intéressant de noter que le taux de détection est significativement plus faible en période 2 qu'en période 1 sur les surfaces de bonne visibilité.

Ce résultat contribue à réduire le taux moyen d'efficacité de manière significative, impliquant un biais qui sera pris en compte dans les estimations. Les parcelles de visibilité moyenne, quant à elles, représentaient une faible superficie entre août et octobre. De ce fait, ces résultats ne constituent pas un biais majeur pour la suite des estimations.

Surface prospectée

La surface de prospection sur l'ensemble du parc pour toute la période suivie est bonne. Elle est très bonne au cours de la seconde période. Cette surface est nettement plus faible pour la première période (période avant moissons). En période 1, plusieurs éoliennes ont une surface moyenne prospectée inférieure à 40 %, mais les 6 éoliennes sont en réalité très proches de ce seuil. La surface de prospection représente donc un biais localisé en période 1, qui sera pris en compte pour l'interprétation des résultats.

Estimations de la mortalité

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

Ils ont également été analysés à partir de l'application GenEst, développée par Huso & Dalthorp (USGS). Les résultats obtenus avec cette seconde méthode ont été conservés car elle permet un ajustement plus fin aux conditions réelles de suivi.

Ainsi, la mortalité estimée sur l'ensemble du suivi est de **52 cadavres [IC 80 % : 38 - 67]**, répartis comme suit :

- **41 chauves-souris [IC 80 % : 28 - 54]**, néanmoins une analyse de ces estimations montre que la réalité semble plus proche de la tranche basse de l'intervalle en raison de plusieurs biais liés essentiellement aux surfaces prospectées. On considérera donc plutôt une mortalité comprise entre 28 et 41 chauves-souris, soit de l'ordre de 5 à 7 individus par éolienne ;
- **11 oiseaux [IC 80 % : 6 - 17]**, cette estimation étant jugée correcte, avec une mortalité de l'ordre de 1 à 3 individus par éolienne.

❖ Résultats du suivi de la fréquentation chiroptérologique et avifaunistique

Le parc éolien de Marchéville constitue un lieu de passage migratoire fréquenté par plusieurs espèces sensibles au risque de collision. Ses milieux agricoles sont également utilisés comme sites d'alimentation, de repos et/ou d'hivernage par plusieurs espèces sensibles à l'éolien. **Plusieurs espèces d'oiseaux nicheurs se reproduisant aux alentours du parc peuvent fréquenter ce dernier** pour leur alimentation, leurs déplacements locaux ou migratoires, notamment les Busards et la Cigogne noire. **Les cultures sont par ailleurs favorables à la reproduction des Busards. Avec ces derniers, la Cigogne noire et les chauves-souris constituent les principaux enjeux du parc vis-à-vis des risques de collision ou de barotraumatisme avec les éoliennes.**

❖ Evaluation des impacts par collision

Concernant la moitié nord de l'alignement (MRV01, MRV02, MRV03), le niveau d'impact et le risque de collision associé pour chaque espèce sont :

- pour les oiseaux : négligeable pour l'unique espèce découverte ;
- pour les chiroptères : moyen pour la Noctule de Leisler et la Pipistrelle commune.

Le niveau d'impact et le risque de collision associé pour chaque période sont :

- **assez fort** pour les mois de juillet et d'août ;
- **moyen** pour le mois d'octobre ;
- **faible** pour les mois de mai, de juin et de septembre ;
- **négligeable** pour les autres mois ayant fait l'objet d'un suivi.

Concernant la moitié sud de l'alignement (MRV04, MRV05, MRV06), le niveau d'impact résiduel et le risque de collision associé pour chaque espèce sont :

- pour les oiseaux : **moyen pour le Busard Saint-Martin** et négligeable pour les autres espèces ;
- pour les chiroptères : moyen pour les Pipistrelles commune et de Nathusius.

Le niveau d'impact résiduel et le risque de collision associé pour chaque période sont :

- **moyen** pour le mois d'octobre ;
- **faible** pour les mois de mai, juin, juillet, août et septembre ;
- **négligeable** pour les autres mois ayant fait l'objet d'un suivi.

❖ Mesures de réduction des risques de collision, de suivi et d'accompagnement

Bridage nocturne

Le bridage a pour objectif de réduire les risques de collision, tout en maintenant l'éolienne active, en augmentant le seuil de vent (« cut-in speed ») à partir duquel elle commence à produire. Dans le tableau ci-dessous est indiqué le pourcentage d'activité globale enregistrée lors des suivis acoustiques qui serait à protéger par le bridage selon les niveaux d'impact évalués par mois.

	Négligeable	Faible	Moyen	Assez fort	Fort	Très fort
Proportion de l'activité globale à protéger (toutes espèces confondues)	NA	50-70	70-80	80-90	90-95	95-100

La mortalité constatée en 2022 sur les éoliennes non bridées est significative pour les chiroptères. Le niveau d'impact est assez fort en juillet et août. Ce niveau d'impact est par ailleurs moyen en octobre.

La mortalité résiduelle constatée en 2022 est significative pour les chiroptères au mois d'octobre. Le niveau d'impact est moyen en octobre.

Ainsi, le bridage est à renforcer et à appliquer à l'ensemble des éoliennes du parc. Le tableau ci-dessous détermine pour chaque mois les paramètres de bridage à établir afin de réduire les niveaux d'impact pour les chauves-souris, à partir de 2023. Ce plan de bridage propose des paramètres adaptés en fonction de l'alignement nord ou sud.

Préconisations de bridage pour réduire les risques de collision des chiroptères issues du suivi de 2022, en incluant la température à hauteur de nacelle et la durée du bridage à la suite de l'heure du coucher du soleil
(niveau d'impact : blanc : négligeable (= non significatif) ; jaune = moyen ; orange = assez fort ; rouge = fort)

(La colonne du bridage en 2022 correspond au bridage brut ; la colonne du bridage pour 2023 correspond au bridage brut ou résiduel en fonction des éoliennes bridées ou non en 2022)

Mois	Bridage appliqué en 2022 (MRV04, MRV05, MRV06)	Bridage proposé en 2023 (ensemble des éoliennes)	
Janvier à mars	Aucun bridage		
Avril	≤ 6 m/s Toute la nuit > 9°C		
Mai	≤ 6 m/s Toute la nuit > 9°C	≤ 6 m/s Toute la nuit > 9°C Protection estimée toutes espèces en 2022 : 59 % Protection estimée Noctule commune en 2022 : 100 %	
Juin	≤ 6 m/s Toute la nuit > 9°C	≤ 6 m/s Toute la nuit > 9°C Protection estimée toutes espèces en 2022 : 71 % Protection estimée Noctule commune en 2022 : 45 %	
Juillet	≤ 6 m/s Toute la nuit > 9°C	Alignement nord (non bridé) ≤ 6 m/s Toute la nuit > 9°C	Alignement sud (impact résiduel) ≤ 6 m/s Toute la nuit > 9°C
		Protection estimée toutes espèces en 2022 : 81 % Protection estimée Noctule commune en 2022 : 91 %	
Août	≤ 7 m/s Toute la nuit > 17°C	Alignement nord (non bridé) ≤ 7 m/s Toute la nuit > 17°C	Alignement sud (impact résiduel) ≤ 7 m/s Toute la nuit > 17°C
		Protection estimée toutes espèces en 2022 : 95 % Protection estimée Noctule commune en 2022 : 98 %	
Septembre	≤ 7 m/s 10 premières heures de la nuit > 19°C	≤ 7 m/s 10 premières heures de la nuit > 19°C Protection estimée toutes espèces en 2022 : 85 % Protection estimée Noctule commune en 2022 : 88 %	
Octobre	≤ 7 m/s 10 premières heures de la nuit > 19°C Protection estimée toutes espèces en 2022 : 20 % Protection estimée Noctule commune en 2022 : 14 %	≤ 8,5 m/s > 13°C 10 premières heures de la nuit Protection estimée toutes espèces en 2022 : 66 % Protection estimée Noctule commune en 2022 : 14 %	Toute la nuit Protection estimée toutes espèces en 2022 : 70,5 % Protection estimée Noctule commune en 2022 : 14 %
		Aucun bridage	
Novembre à décembre	Aucun bridage		

Gestion des habitats autour des éoliennes

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

Il s'agira de procéder à un entretien régulier des végétations herbacées des plateformes et leurs abords, de telle sorte qu'elles soient rendues défavorables pour les proies des chauves-souris et des oiseaux et peu propices à l'alimentation. Ainsi, nous préconisons *a minima* une opération de coupe à ras de terre et de broyage si besoin la 1^{re} quinzaine de juillet, faisant suite à la période de reproduction ; le risque de destruction de nichée est ainsi très faible et la fructification des végétaux est devancée.

Il faut noter que le contexte de cultures rend difficile si ce n'est impossible la suppression du risque sur les oiseaux, et tout particulièrement sur les rapaces communs de ces milieux.

En parallèle de l'entretien régulier de la végétation des plateformes et de leurs abords, **il est également préconisé la mise en place d'une jachère sur une zone éloignée du parc. L'objectif de cette mesure est de créer un milieu favorable aux rapaces pour leur alimentation,** étant donné la pauvreté de ces milieux par rapport aux grandes cultures intensives présentes dans ce secteur. Cette jachère pourra également être utilisée comme lieu de repos et d'alimentation par divers passereaux. Une zone d'implantation potentielle a été localisée à au moins 800 m à l'ouest du parc éolien, le long de la vallée du Loir.

Suivi de l'efficacité des mesures

L'arrêté ministériel du 22 juin 2020 relatif à la notion ICPE-éolien, prévoit dorénavant que **le suivi environnemental soit renouvelé dans les 12 mois si le précédent suivi a mis en évidence un impact significatif et qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives.**

Au vu des risques de collision pour les chauves-souris identifiées sur le parc de Marchéville, **nous estimons qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives préconisées en fin de suivi par un autre suivi de mortalité entre mai et octobre 2023, couplé à un suivi chiroptérologique à hauteur de nacelle, afin d'ajuster au mieux les paramètres du bridage.**

Compte tenu d'une mortalité plus importante en seconde période, il semble pertinent de maintenir 2 passages par semaine à cette période pour le suivi de mortalité de 2023 (1 passage tous les 3 jours). La première période fera l'objet de 1 passage par semaine (1 passage tous les 7 jours).

Parallèlement à ces suivis, et au regard des résultats issus des suivis de fréquentation des chauves-souris et des oiseaux, il est prévu de reconduire des **suivis spécifiques** et de mettre en place des **mesures de préservation** pour l'année 2023 :

- **Chauves-souris : installation de gîtes artificiels** dans des villages situés aux environs du parc éolien afin de favoriser l'installation de colonies dans les communes situées aux abords du parc. Des prospections complémentaires sont prévues dans un rayon de plus de 2 km autour du parc, afin de localiser les secteurs propices à l'installation des chauves-souris.
- **Busards : suivi de leur reproduction et mise en place de mesures de protection des nichées** le cas échéant. Pour ce faire, les couples nicheurs seront recherchés et suivis entre les mois d'avril et juin, jusqu'à 500 m autour du parc. Si aucun Busard n'est découvert dans ce périmètre, l'aire de prospection sera étendue jusqu'à 2 km autour du parc. En accord avec les propriétaires et

exploitants des parcelles concernées, et dans le cas où la période des moissons précède la date du premier envol des jeunes, les nichées découvertes seront protégées par l'installation de grillages centrés autour des nids. Un suivi régulier de la nidification se poursuivra par la suite. Afin de prévenir les risques de collision maximisés en période d'envol et d'émancipation des jeunes, il est envisagé l'arrêt des machines durant 1 semaine à cette période. Les passages seront mutualisés avec ceux du suivi de la mortalité ;

- **Cigogne noire : suivi comportemental,** couplé au suivi des Busards et de la mortalité, afin d'évaluer le risque de collision. Une dépose de pièges photographiques sur les tronçons du Loir les plus proches du parc et jugés favorables permettront d'évaluer plus justement son niveau de fréquentation du secteur.



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

1.1 CADRE REGLEMENTAIRE

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

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

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

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

L'arrêté du 22/06/2020, modifiant l'arrêté du 26/08/2011, apporte des précisions quant aux exigences sur les délais de rendu des suivis post-implantation et les modalités de téléversement légales des données brutes collectées. **Il stipule également que ce suivi est renouvelé dans les 12 mois si un impact significatif est mis en évidence et qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives.** Au minimum, le suivi est renouvelé tous les 10 ans d'exploitation de l'installation.

1.2 DEFINITION DU PROTOCOLE NATIONAL

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

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

base, une décision ministérielle a été publiée le 5 avril 2018¹ avec un nouveau protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres.

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

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

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

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

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

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

1.3 APPLICATION DU PROTOCOLE NATIONAL A L'ECHELLE DU PARC SUIVI

La méthodologie des suivis mise en place dans le cadre du suivi environnemental du parc éolien de Marchéville (contractualisé en mars 2022 et débuté en mai 2022) prend en compte les spécificités du protocole ministériel actuellement en vigueur depuis avril 2018.

Le parc de Marchéville a été mis en service en 2020. Un premier suivi post-implantation, composé uniquement d'un suivi de la mortalité, a été réalisé en 2021. Celui-ci a conclu à la mise en place d'un bridage sur le parc (uniquement pour les éoliennes MRV04, MRV05 et MRV06, entre le 1^{er} avril et le 31 octobre).

Un deuxième suivi post-implantation (mortalité et nacelle) a été réalisé au cours de l'année 2022 afin de vérifier l'efficacité des mesures correctives.

¹ Décision du 5 avril 2018, NOR : TREP1807992S



2. PRESENTATION DU PARC EOLIEN

2.1 LOCALISATION ET CONTEXTE ECOLOGIQUE

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

Le parc éolien de Marchéville est localisé sur la commune du même nom au centre-ouest du département de l'Eure-et-Loir (28) en région Centre-Val de Loire, à l'ouest de la Beauce et à proximité du Perche. Il se trouve à 19 km au sud-ouest de Chartres, 27 km au nord-ouest de Châteaudun et 41 km au sud-ouest de Dreux.

Le contexte écopaysager du parc est celui des **plaines de la Beauce chartraine**, région agricole marquée par la présence de paysages de monocultures intensives (blé, maïs...). Au sein et aux alentours du parc éolien, le **paysage est ouvert**, du fait de son implantation en parcelle agricole. Quelques bosquets sont recensés à l'ouest et au nord, le plus proche se trouvant à 400 m au nord-ouest de l'éolienne MRV01. Le Loir s'écoule à l'ouest du parc, à 250 m de l'éolienne MRV01.



Vue du contexte paysager depuis la nacelle de l'éolienne MRV03 (J. Auclair, Ecosphère)



Vue du parc situé dans un contexte de grandes cultures (J. Auclair, Ecosphère)

2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU PARC EOLIEN ET CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES EOLIENNES

Le parc éolien de Marchéville est composé de 6 éoliennes, exploitées depuis 2020 par la société EDP Renewables France SAS. Ces éoliennes ont les caractéristiques suivantes :

Caractéristiques du parc de Marchéville

Date de mise en service	2020
Modèle	Vestas V100
Nombre d'éoliennes	6
Exploitant	EDP Renewables France SAS
Puissance cumulée	13,2 MW
Localisation	28120 Marchéville

Caractéristiques des éoliennes en service

Hauteur du moyeu	75 m
Diamètre du rotor	100 m (49 m de longueur de pale)
Garde au sol	25 m
Zone de balayage du rotor	6 362 m ²
Puissance nominale	2,2 MW
Vitesse de connexion (cut-in wind speed)	3 m/s
Vitesse max d'arrêt (10 min en moyenne)	22 m/s
Vitesse de rotation maximale	14,9 tours/minute



Eolienne MRV01



Eolienne MRV01



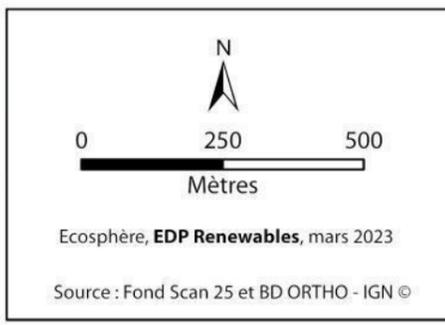
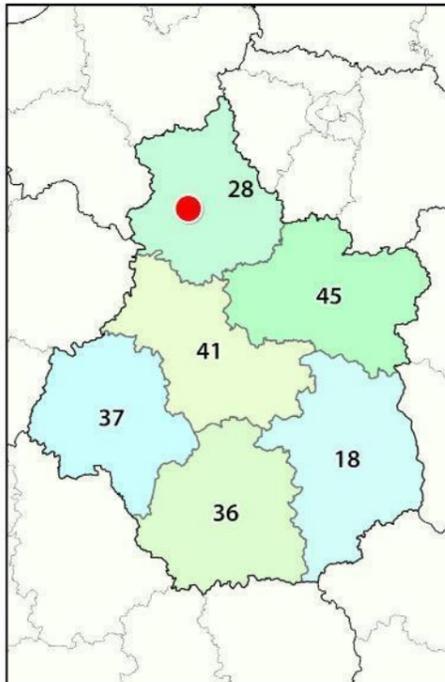
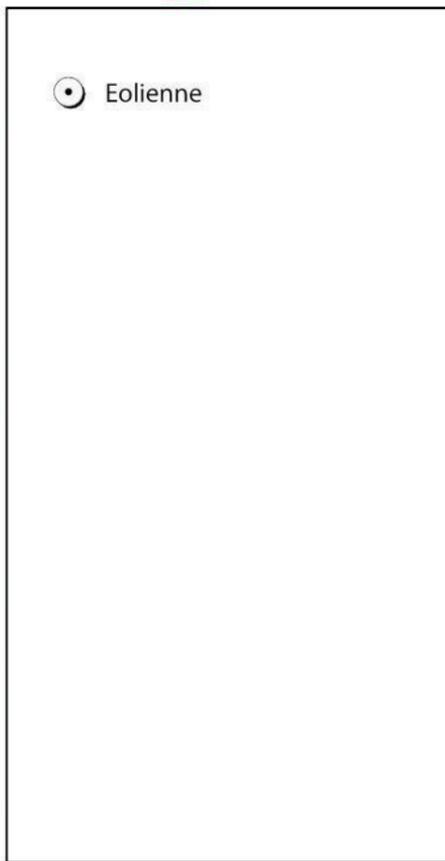
Eolienne MRV03



Eolienne MRV06

Contexte écologique aux abords des éoliennes (Eure-et-Loir Nature)





2.3 PLAN DE REGULATION (BRIDAGE) EN PLACE

Un plan de bridage du parc a été prévu dans l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter complémentaire du 10 octobre 2022, basé sur les préconisations du suivi post-implantation réalisé en 2021. Malgré une homogénéité globale des habitats environnant le parc éolien (plaine agricole intensive), la mortalité en chiroptère est plus importante sur la moitié sud-est du parc. Ainsi, l'arrêté préfectoral prévoit un **bridage ciblé sur les éoliennes MRV04, MRV05 et MRV06 pour les périodes suivantes** :

- Arrêt des machines toute la nuit entre le **1^{er} mai et le 30 juillet**, pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 6 m/s et pour des températures supérieures à 9°C ;
- Arrêt des machines toute la nuit entre le **1^{er} et le 31 août**, pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 7 m/s et pour des températures supérieures à 17°C ;
- Arrêt des machines sur les 10 premières heures de la nuit entre le **1^{er} septembre et le 31 octobre**, pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 7 m/s et pour des températures supérieures à 19°C.

Il s'agit du bridage effectif lors du suivi post-implantation de 2022.

En parallèle de ce plan de bridage basé sur l'activité chiroptérologique, un bridage acoustique est mis en place, depuis le début de l'année 2021 et réitéré chaque année. Ce bridage (modération de la vitesse du rotor et orientation des pales spécifique) concerne les éoliennes MRV01 à MRV05, pour des vitesses de vent à hauteur de nacelle comprises entre 7 et 12,5 m/s, entre 22h00 et 7h00 :

- MRV01 bridée entre 7 et 9,7 m/s ;
- MRV02 et MRV03 bridées entre 7 et 12,5 m/s ;
- MRV04 et MRV05 bridées entre 7 et 11,1 m/s ;
- MRV06 non bridée.

2.4 SITUATION ECOLOGIQUE ANTERIEURE

2.4.1 RAPPEL DE L'ETUDE D'IMPACT EFFECTUEE EN 2005

L'étude d'impact écologique a été réalisée en 2005 par les Naturalistes Orléanais, avec le soutien d'Eure-et-Loir Nature.

L'étude d'impact généraliste intègre la description des impacts potentiels sur le milieu naturel, dont l'avifaune et les chiroptères, ainsi que les mesures proposées. Il y est fait mention du niveau de fréquentation et de la diversité spécifique observée par les Naturalistes Orléanais. Les effectifs précis des espèces contactées et la distinction entre données bibliographiques et observations de terrain ne sont toutefois peu ou pas précisés.

L'étude d'impact met en avant plusieurs éléments liés à l'exploitation des machines sur le parc de Marchéville :

- Les oiseaux nicheurs à enjeu dans le secteur (Alouette des champs, Busard Saint-Martin, Caille des blés, Cochevis huppé, Perdrix grise) pouvaient être amenés à désertier la zone par perturbation visuelle ou auditive liée au mouvement des pales. Cependant, les effectifs de ces différentes espèces étaient déjà faibles dans la zone en 2005. En outre, la plupart des oiseaux cités s'accommodent à la présence d'éoliennes. **Le risque de collision était considéré comme**

trop faible pour menacer les populations locales d'oiseaux. Ces conclusions étaient similaires pour les populations hivernantes ;

- L'impact le plus significatif du parc était liée à l'avifaune migratrice d'après les Naturalistes Orléanais. Toutefois, le parc ne se situe pas dans un couloir significatif de migration des oiseaux, même si des espèces telles que certains rapaces peuvent ponctuellement entrer en collision avec les pales ;
- Les chiroptères ont fait l'objet d'études séparées, menées par Nature Recherche en 2004. Une seule espèce a été contactée sur le secteur : la Pipistrelle commune. 2 populations réduites étaient présentes sur les bourgs de Marchéville et Magny. D'après ce rapport, les potentialités de la zone étaient réduites pour les chiroptères, tant pour les gîtes que pour la chasse. Cette étude évaluait un **faible risque d'impact du parc de Marchéville sur les chauves-souris**. Aucune mesure particulière n'a donc été préconisée dans l'étude d'impact généraliste, si ce n'est un suivi de la mortalité après la mise en service du parc.

Les mesures préconisées dans l'étude d'impact concernaient surtout la disposition des éoliennes les unes par rapport aux autres. Un suivi de mortalité et un suivi de fréquentation de l'avifaune étaient recommandés.

2.4.2 ARRETE PREFECTORAL D'AUTORISATION D'EXPLOITER

Le premier permis de construire pour le parc de Marchéville a été refusé en 2006. L'arrêté préfectoral autorisant l'exploitation du parc a finalement été obtenu le 26 octobre 2012. Il ne stipule aucune mesure relative aux chiroptères et aux oiseaux en phase d'exploitation sur le parc éolien de Marchéville. Par la suite, une demande de bénéfice d'antériorité a été acceptée en 2017. Enfin, une prorogation du permis de construire a été obtenue en 2019.

2.4.3 SUIVI POST-IMPLANTATION EFFECTUE EN 2021

Afin de quantifier l'impact du parc de Marchéville sur les oiseaux et les chauves-souris, **Ecosphère a réalisé en 2021** :

- un suivi de la mortalité entre avril et octobre 2021 ;
- un suivi de la fréquentation des chauves-souris à hauteur de nacelle et des oiseaux utilisant ou traversant le parc existant entre avril et novembre 2021 ;
- une analyse des impacts associée à la proposition de mesures.

Le suivi acoustique à hauteur de nacelle a été réalisé depuis la nacelle de l'éolienne MRV03. Celle-ci a été équipée d'un système de détection/enregistrement des ultrasons du 30 avril au 29 novembre 2021. L'appareil utilisé est un Batmode S+ de Bioacoustics technology GmbH™.

Au total, un **minimum de 5 espèces** a été contacté, et **271 contacts** de chauves-souris ont été enregistrés. **L'activité annuelle a donc été considérée comme très faible** sur l'éolienne MRV03. Les espèces les plus contactées ont été, par ordre décroissant, la Noctule de Leisler, la Noctule commune, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius. Les mois d'août et de septembre ont été les plus largement fréquentés par l'ensemble des espèces de chiroptères.

Le suivi de la mortalité était constitué de prospections dans un carré de 100 m sur 100 m autour des mâts des 6 machines du parc, entre le 15/04 et le 29/10/2021 et à raison de 51 passages, pour un

intervalle moyen de 3 j. Ces passages ont été découpés en 3 périodes écologiques, entrecoupées de laps de temps sans suivi (15 j de mi-mai à début juin et un mois de mi-juillet à mi-août) :

- Une première période liée à la migration pré-nuptiale et à la nidification des oiseaux (du 15 avril au 12 mai – semaines 15 à 19 – à raison de 2 passages par semaine, soit 10 passages avec un intervalle de 3 j). Cela correspond au début de la période 1 ;
- Une deuxième période liée à la dispersion des juvéniles et à la parturition des chauves-souris (du 1^{er} juin au 13 juillet – semaines 22 à 28 – à raison de 2 passages par semaine, soit 15 passages avec un intervalle de 3 j). Cela correspond à la fin de la période 1 ;
- Une troisième période liée à la migration post-nuptiale (du 15 août au 29 octobre – semaines 32 à 43 – à raison de 2 passages par semaine, soit 26 passages avec un intervalle de 3 j). Cela correspond à l'ensemble de la période 2.

La surface moyenne de prospection pour l'ensemble du suivi a été de **58 %**.

Deux tests de persistance ont été réalisés en déposant les 21/04 et 29/09/2021 entre 4 et 5 cadavres de souris, souriceaux ou poussins fraîchement décongelés autour des 6 éoliennes du parc (soit 55 cadavres au total sur l'année). La persistance a ensuite été contrôlée à raison d'un premier passage le lendemain de la dépose (J+1), puis de 1 à 2 passages par semaine à J+3, J+6, J+9, J+12 et J+15.

Les **deux tests d'efficacité** des observateurs, réalisés les 01/07 et 29/09/2021, ont consisté en la dépose de 40 leurres sur les différentes zones prospectables autour des 6 éoliennes du parc.

Les résultats bruts de mortalité ont été corrigés selon les modèles statistiques habituellement utilisés (Erickson, Huso et Jones) à partir de l'application « EolApp » développée par Besnard et Bernard (CEFE CNRS). Ils ont également été analysés à partir de l'application « GenEst », développée par Huso & Dalthorp (USGS). Les résultats obtenus avec cette seconde méthode ont été conservés car elle permet un ajustement plus fin aux conditions réelles de suivi.

Un total de 27 cadavres a été trouvé au pied des 6 éoliennes suivies, soit environ 5 cadavres par éolienne sans corrections statistiques, parmi lesquels :

- **6 oiseaux appartenant à 4 espèces** : 3 Roitelets huppés [migrateurs], 1 Roitelet à triple-bandeau [migrateur], 1 Martinet noir [migrateur] et 1 Etourneau sansonnet [migrateur probable] ;
- **21 chiroptères appartenant à au moins 3 espèces** : 11 Pipistrelles communes [locales], 3 Pipistrelles de Nathusius [migratrices], 3 Noctules de Leisler [migratrices], 3 pipistrelles indéterminées [statut indéterminé] et 1 chiroptère indéterminé [statut indéterminé].

Les cadavres découverts sur le parc étaient répartis de manière hétérogène entre les éoliennes. 20 cadavres de chauves-souris et 6 d'oiseaux ont été repérés sous les éoliennes MRV04, MRV05 et MRV06, tandis qu'un seul cadavre de chauve-souris a été découvert au niveau des éoliennes MRV01, MRV02 et MRV03 sur l'ensemble du suivi. Ainsi, **ce suivi de mortalité a mis en évidence les éoliennes MRV04, MRV05 et MRV06 comme étant les plus mortifères, notamment pour les chauves-souris.**

Les tests de persistance montrent un **taux de persistance de 84 % (période 1) à 37 % (période 2)** durant l'intervalle (3 j). Le taux de persistance était donc modéré sur l'ensemble de l'année.

Le **taux d'efficacité est de 25 % pour la période 1 et de 65 % pour la période 2**. Le taux moyen de détection a donc été considéré comme mauvais sur l'ensemble du suivi.

Sur l'ensemble du parc et l'ensemble du suivi (début avril à fin octobre 2021), la mortalité réelle a été estimée à 195 chiroptères [IC 80 % : 111 - 436] et 12 oiseaux [IC 80 % : 8 - 19].

La mortalité des chiroptères a été globalement constante sur le parc d'après les estimations, avec 55 cadavres entre mi-avril et mi-mai, 62 entre début juin et mi-juillet et 55 entre mi-août et fin octobre. La mortalité des oiseaux n'a été détectée qu'en période 2 (mi-août à fin octobre). Toutefois, les très faibles surfaces prospectées en période 1 (15 %), associées à un faible taux de détection des observateurs, ont généré de grandes incertitudes. **En conséquence, les estimations concernant la période 1 sont peu fiables statistiquement et probablement surestimées.**

Sur la base du suivi réalisé, **l'impact du parc de Marchéville sur les populations européennes d'oiseaux a été évalué à :**

- négligeable d'avril à septembre et faible en octobre sur les éoliennes MRV04, MRV05 et MRV06 ;
- négligeable tout au long de l'année sur les éoliennes MRV01, MRV02 et MRV03.

Concernant les chauves-souris, l'impact du parc a été évalué :

- moyen pour la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Nathusius, sur l'ensemble de l'année et sur les éoliennes MRV04, MRV05 et MRV06 ;
- négligeable toute l'année, sauf en septembre où il est faible pour le nord du parc (MRV01, MRV02 et MRV03).

Ces résultats dénotent avec ceux du suivi acoustique à hauteur de nacelle, qui montre une activité chiroptérologique très faible tout au long de l'année. Deux explications sont possibles. Soit l'activité a effectivement été plus faible au niveau de l'éolienne MRV03 qu'au niveau des éoliennes les plus mortifères (MRV04, MRV05 et MRV06), soit les collisions ont possiblement eu lieu majoritairement dans la partie basse de la rotation des pales, hors de portée du micro en nacelle.

Les éoliennes MRV04, MRV05 et MRV06 ont ainsi fait l'objet d'une régulation. Un bridage des 3 machines a été préconisé, entre le 1^{er} avril et le 31 octobre : toute la nuit d'avril à août et sur les 10 premières heures de la nuit de septembre à octobre, pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 6 m/s d'avril à juillet et 7 m/s d'août à octobre, et pour des températures supérieures à 9°C d'avril à juillet, 17°C en septembre et 19°C en octobre.

Ce bridage, résumé dans le tableau suivant, est mentionné dans **l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter complémentaire du 10 octobre 2022 (voir chapitre 2.3).**

Préconisations de bridage pour réduire les risques de collision des chiroptères issues des suivis de 2021

Niveau d'impact : blanc : négligeable (= non significatif) ; gris = faible ; jaune = moyen ; orange = assez fort

	MRV01, MRV02, MRV03	MRV04, MRV05, MRV06
Janvier	Aucun bridage (hivernage)	Aucun bridage (hivernage)
Février	Aucun bridage (hivernage)	Aucun bridage (hivernage)
Mars	Aucun bridage (hivernage)	Aucun bridage (hivernage)
Avril	Aucun bridage (faible activité)	≤ 6 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 9h30 > 9°C
Mai	Aucun bridage (faible activité)	≤ 6 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 9h30 > 9°C
Juin	Aucun bridage (faible activité)	≤ 6 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 9h30 > 9°C
Juillet	Aucun bridage (faible activité)	≤ 6 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 9h30 > 9°C
Août	Aucun bridage (faible activité)	≤ 7 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 11h > 17°C
Septembre	Aucun bridage (faible activité)	≤ 7 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 10h > 19°C
Octobre	Aucun bridage (faible activité)	≤ 7 m/s de l'heure du coucher du soleil à + 10h > 19°C
Novembre	Aucun bridage (faible activité)	Aucun bridage (faible activité)
Décembre	Aucun bridage (hivernage)	Aucun bridage (hivernage)



3. METHODES DE TRAVAIL

3.1 SUIVI DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE

Un suivi d'activité chiroptérologique en altitude a été mené en continu à 125 m depuis la nacelle de l'éolienne MRV04². Cette méthode permet d'enregistrer l'activité à hauteur de pales, soit dans la zone la plus à risque pour les chauves-souris.



Installation du Batmode S+ en nacelle MRV04 (Écosphère)

L'éolienne MRV04 a été équipée d'un système de détection/enregistrement des ultrasons du 30 mars au 9 novembre 2022. L'appareil utilisé est un Batmode S+ de Bioacoustics technology GmbH™. Cet appareil enregistre les ultrasons au format WAV non compressé avec le micro de haute qualité « Ultrasound gate » d'Avisoft Bioacoustics™ et permet la connexion et le contrôle à distance du suivi (accès via internet, réseau mobile, Wifi). Les données recueillies ont ainsi permis d'apprécier le peuplement chiroptérologique présent sur le site sur 9 mois consécutifs.

Ce détecteur-enregistreur automatique permet de capter dans toute la bande d'émission des chauves-souris. Dès qu'un ultrason est détecté, il est automatiquement enregistré. Les sonagrammes sont ensuite analysés par des experts à l'aide de logiciels de tri et de mesures de paramètres (Kaléidoscope pro et Batsound 4). Précisons que Kaléidoscope pro a été utilisé uniquement comme outil de tri de données et non comme système d'identification automatique car ce système peut facilement induire en erreur, malgré des avancées récentes pour certaines espèces³. En effet, des problèmes de discrimination des signaux de chauves-souris par rapport aux bruits existent encore et nécessitent de longues vérifications. Ce système manque donc encore de précision dans la détermination des espèces et les risques d'erreurs sont importants sans contrôle.

Simultanément aux enregistrements ultrasonores, les équipements intégrés de l'éolienne ont permis d'enregistrer les données météorologiques à hauteur de nacelle, telles que les vitesses de vent et la température. Celles-ci ont été utilisées dans les analyses de corrélation avec les activités afin de

déterminer des paramètres de bridage visant à protéger les chauves-souris volant dans la zone de rotation des pales.

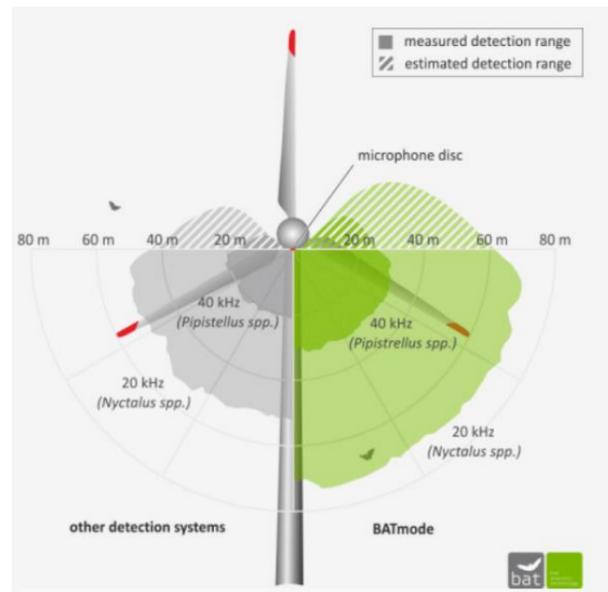
3.1.1 LIMITES LIEES AU MATERIEL UTILISE

De manière générale, les résultats obtenus par le suivi d'activité chiroptérologique ne représentent qu'un échantillon pour un volume d'espace aérien donné d'une activité réelle, quelle qu'elle soit. Dans le cadre de ce suivi, le micro était placé à environ 80 m de hauteur et orienté dans une direction pointant vers le sol. Cela signifie que les cris venant d'autres directions n'ont pas forcément été perçus. De plus, le micro a un volume de détection qui dépend de plusieurs variables, mais dont les plus importantes sont les suivantes :

- **la sensibilité du micro** (préréglée afin d'éviter la saturation et les bruits de fond par le fabricant) ;
- **la puissance et la fréquence des cris d'écholocation selon les espèces** : l'atténuation du signal sonore dans l'air est un facteur prépondérant, étant donné que plus un signal est élevé en fréquence, plus il s'atténue vite dans l'air. Ainsi, les Noctules émettent des ultrasons à basse fréquence (15-25 kHz) qui parcourent d'assez grandes distances en milieu ouvert, tandis que les petites espèces (Pipistrelles) émettent des ultrasons de moyenne fréquence (35-55 kHz) qui parcourent des distances plus courtes. Les distances maximales de détection des espèces ne sont qu'approximatives car les mesures dépendent de nombreux paramètres environnementaux et ne peuvent être chiffrées avec précision à la dizaine de mètres près. Bio Acoustic Technology annonce une distance de captation de 30 m environ pour les pipistrelloïdes et de 70 m environ pour les nyctaloïdes (cf. première figure).
- **les conditions météorologiques** : le micro du BATMODE S+, et notamment sa capsule exposée aux intempéries extérieures, peut montrer des variations de sensibilité et ainsi affecter la bonne détectabilité des ultrasons émis par les chauves-souris (cf. seconde figure). Un test de calibration quotidien a automatiquement été effectué pour vérifier la qualité du micro tout au long du suivi.

² Au regard des résultats de mortalité brute issus du suivi de mortalité de 2021, il est apparu plus judicieux de suivre l'activité chiroptérologique sur l'une des 3 éoliennes les plus mortifères (MRV04, MRV05, MRV06) plutôt que de renouveler le suivi en altitude sur l'éolienne MRV03.

³ www.plume-de-naturalistes.fr/wp-content/uploads/2018/11/08_JAY_10-2018_Identification-chiropteres-SonoChiro_Plume2_99-118.pdf



Variation du volume de captation du micro en fonction de la fréquence d'émission des signaux ultrasonores, de l'hygrométrie et de la température. Source : <http://www.bioacousticstechnology.de/nacelle-monitoring-of-bats-at-wind-turbines/?lang=en>

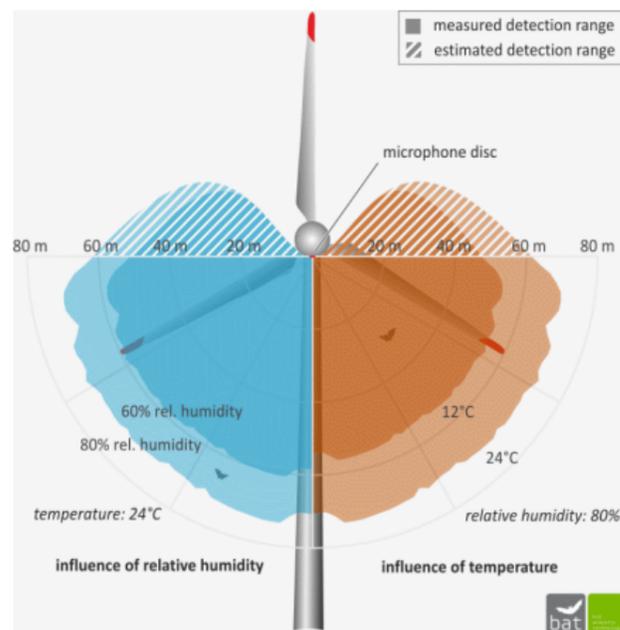


Schéma présentant les volumes de détection du micro « Ultrasoundgate » d'Avisoft Bioacoustics™ selon les conditions de température et d'humidité. Les couleurs foncées correspondent à la détection d'espèces émettant dans les 40 kHz (Pipistrelles), les claires aux espèces émettant dans les 20 kHz (Noctules, Sérotines)

3.1.2 LIMITES LIEES A L'IDENTIFICATION DES ESPECES

Les chiroptères et tout particulièrement les murins font varier la nature et la structure de leurs émissions ultrasonores en fonction de la distance par rapport aux obstacles. Dans certains cas, ils adoptent des signaux très semblables, rendant impossible toute discrimination spécifique. Ainsi, des associations d'espèces ont pu être constituées lorsque l'analyse des signaux n'a pu déboucher sur une identification spécifique :

- « **Sérotule** » pour la Sérotine commune et les Noctules commune et de Leisler : ces trois espèces émettent des émissions sonores régulièrement similaires entre 20 et 30 kHz et sont, par conséquent, difficiles à discriminer. Pour certains cas, le terme « Noctule indéterminée » a été employé lorsque la Sérotine commune peut être écartée avec certitude ;
- « **Pipistrelle de Kuhl/Nathusius** » (PipKN) et « **Pipistrelle commune/de Nathusius** » (PipPN), associées aux Pipistrelles commune, de Kuhl et de Nathusius, correspondent aux individus émettant des cris en fréquence modulée compris entre 35 et 44 kHz. Seules les séquences caractéristiques présentant des cris avec une largeur de bande très faible (QFC) et les cris sociaux (servant à discriminer les Pipistrelles) ont généralement permis une distinction efficace des trois espèces.

Les autres espèces de bas vol comme les murins, rhinolophes et oreillard sont plus rarement contactés sur des suivis en altitude.

On ajoutera enfin que **l'identification des chauves-souris par l'acoustique est encore en développement**. Les méthodes de détermination sont récentes et reposent pour certains groupes (les murins en particulier) sur des probabilités. Une des méthodes les plus robustes en Europe a été définie par Michel Barataud et repose partiellement sur des éléments subtils liés à l'écoute. Une typologie des types de signaux acoustiques a été produite mais les limites atteintes par chaque espèce font encore l'objet de découvertes régulières, qui remettent parfois en question la méthodologie d'identification. Les méthodes d'identification automatique en sont quant à elles à leurs balbutiements et leur fiabilité est faible (risques d'erreurs non négligeables). Elles n'ont pas été utilisées dans le cadre de cette étude.

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

3.2 SUIVI DE MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX

3.2.1 PRESSION D'ECHANTILLONNAGE

3.2.1.1 Éoliennes suivies

Les 6 éoliennes du parc ont été suivies au cours de l'année 2022. Toutes ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un standard conforme au protocole ministériel de suivi environnemental des parc éoliens terrestres en vigueur depuis avril 2018.

3.2.1.2 Calendrier du suivi

Conformément aux préconisations du protocole national et de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter complémentaire du 10 octobre 2022, et dans l'objectif de vérifier l'efficacité des mesures de régulation mises en place à partir de 2021, **un total de 61 passages a été réalisé pour chaque éolienne. Ces passages ont été réalisés à raison de 2 passages par semaine entre les semaines 18 à 43, soit plus précisément entre le 2 mai et le 29 octobre 2022. L'intervalle moyen sur l'ensemble de la période suivie est de 3 j.**

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

Le suivi de la mortalité a ainsi été réalisé sur la période d'activité principale, couvrant 3 périodes d'activité faunistique distinctes :

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

A partir de ces éléments d'écologie et au regard des contraintes de protocole de terrain et d'analyse qui lui sont liés, deux périodes d'étude ont été définies dans le but d'affiner l'analyse et l'interprétation des résultats :

- **la période 1** : ici, **de début mai à fin juillet**. Elle correspond aux mouvements pré-nuptiaux des chauves-souris, à la période de reproduction des oiseaux et à la parturition des chauves-souris. Durant cette période, comme pour la suivante, l'intervalle entre les passages est de 3 j (moyenne de 3,0 j) ;
- **la période 2** : ici, **de début août à fin octobre**. Elle correspond principalement à la période de migration post-nuptiale et à la dispersion des jeunes.

3.2.2 RECUEIL DES DONNEES BRUTES DE MORTALITE

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

3.2.2.1 Méthode pour la recherche des cadavres et surfaces prospectées

D'après la bibliographie, une majorité des cadavres tombe dans un rayon de 50 m autour des mâts (Grünkorn et al., 2005 ; Brinkmann et al., 2011), il s'agit du rayon minimal à suivre. Conformément aux recommandations du protocole de suivi environnemental actuellement en vigueur, dans le cas de machines présentant des pales de longueur supérieure à 50 m, les prospections se font dans un rayon équivalent à la longueur des pales autour des mâts des machines.

Pour le parc éolien de Marchéville, dont les pales mesurent 49 m, les prospections ont été effectuées jusqu'à une distance minimale de 50 m autour des mâts des machines, plus précisément dans un carré de 100 m sur 100 m.

Cette surface a été prospectée en réalisant des transects autour des mâts. Chaque transect est espacé de 5 m, ce qui permet à l'observateur de rechercher la présence de cadavre sur une largeur de 2,5 mètres de part et d'autre de sa ligne de déplacement. En effet, Arnett et al., (2005) ont démontré que l'efficacité chute fortement au-delà d'une distance de 3 mètres. De la sorte, l'observateur a réalisé **21 transects pour s'éloigner au maximum de 50 mètres des mâts**. Précisons que ces itinéraires ont été réalisés d'un pas lent et régulier, pour une détectabilité optimale et quand les conditions lumineuses sont suffisantes.



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

Classes de végétation relevées sur le terrain

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

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



Aperçu des différentes classes de visibilité à proximité de l'éolienne MRV06 : plateforme (3 – bonne), culture qui se densifie (2 – moyenne à 1 – mauvaise) (Eure-et-Loir Nature)

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

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

3.2.2.2 Identification des espèces

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

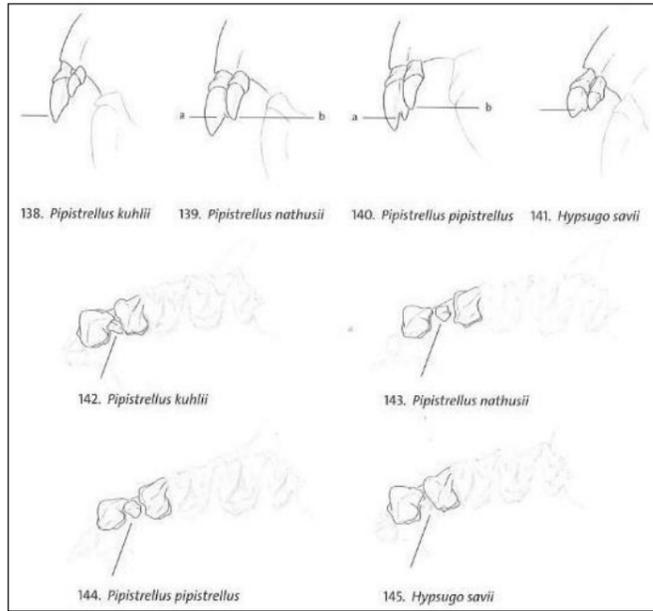
Dans ce cadre, la prise des différentes mesures biométriques nécessaires à l'identification n'est généralement possible qu'avec une manipulation du cadavre de chauve-souris, voire son prélèvement pour l'observation et les mesures de la dentition sous loupe binoculaire. S'agissant d'espèces protégées, **une demande de dérogation pour la capture ou l'enlèvement de cadavres de chiroptères protégés au niveau national a été faite et obtenue auprès de la Direction Départementale des Territoires de l'Eure-et-Loir (Arrêté n° DDT-SGREB-PN 2022-033).**

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

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

- La clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe, par [Dietz & von Helversen \(2004\)](#) ;
- La clé morphologique et la clé des crânes présentes dans le guide : Mammifères de Suisse : clés de détermination, par [Marchesi et al. \(2011\)](#) ;
- Identification des chiroptères de France à partir de restes osseux. Fédération Française de Spéléologie, par [Dodelin B. \(2002\)](#) ;
- Utilisation des caractères dentaires pour la détermination des Vespertilionidés 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 - Menu H. et Popelard J-B. \(1987\)](#).

Les deux premières clés sont principalement utilisables pour des individus en bon (voire très bon) état, la troisième permet une identification 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 pour le genre *Pipistrellus*. L'identification de l'espèce s'effectue en mesurant les rangées dentaires (de la canine à la 3^e molaire) et la distance entre la 1^e et la 3^e molaire, puis en vérifiant les autres critères, discriminants (présence/absence de protoconule, de métalophe/paralophe) et distinctifs (matrice présente dans la clé des crânes, [Marchesi et al. \(2011\)](#)).



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

Pour les oiseaux, les ouvrages suivants ont été consultés :

- [Svensson I., Grant P., Mullarney K. & Zetterström D. \(2010\)](#) - Le guide ornitho. Delachaux & Niestlé, Paris, 2e édition, 447 p ;
- [Beauregard-Vendon - Demongin L. \(2015\)](#) - Guide d'identification des oiseaux en main. Les 250 espèces les plus baguées en France., 310 p ;
- [Svensson \(1992\)](#) - Identification guide to european passerines. BTO, 4ème édition, 368 pp.

Dans certains cas, le cadavre a été dévoré et seules les plumes restent. Celles-ci possèdent pour la plupart des caractéristiques particulières permettant de spécifier l'individu. Dans ce cas, les guides suivants peuvent aider à l'identification :

- [Fraigneau C. \(2017\)](#) - Identifier les plumes des oiseaux d'Europe occidentale. Delachaux & Niestlé, Paris. 400 p ;
- En français : www.alulawebiste.com ;
- En anglais et en allemand : www.federn.org.



Plumée de Faucon crécerelle (hors site, I. André, Ecosphère)

3.2.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE A PARTIR DES DONNEES BRUTES

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

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

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

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

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

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

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

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

3.2.3.1 Paramètres et biais pris en compte

❖ [Ajustement de la surface réellement contrôlée \(a\)](#)

L'une des principales difficultés consiste à corriger les données en fonction de la surface réellement prospectée par rapport à la surface théorique du protocole. Ces différences sont liées en général à la

topographie et/ou à la densité de la végétation. **Le coefficient de correction surfacique renseigne alors sur le pourcentage de cadavres non relevés par l'observateur.** Deux facteurs rendent difficiles l'appréciation :

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

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

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

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

Dans le cas de cette étude, l'utilisation des applications EolApp⁴ et GenEst⁵ (détaillées ci-après) se basent sur la moyenne des surfaces prospectées durant une période considérée.

❖ Taux de persistance journalière des cadavres (p)

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

Il existe **une grande variabilité de persistance des carcasses** dans le temps et dans l'espace. En effet, celle-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, Niemann *et al.* (2011) ont annoncé que le taux de persistance variait de 1,3 à 24,5 jours pour une valeur moyenne de 4,2 jours. En fonction des périodes, ce taux peut atteindre une valeur nulle ou très petite, c'est-à-dire que les cadavres disparaissent très rapidement. Santos *et al.* (2011) démontrent que **les temps de persistance sont très faibles en Europe notamment pour les chiroptères et les petits oiseaux**, avec une probabilité de disparition très élevée dans les 2 premiers jours, par rapport à d'autres groupes d'animaux.

Le taux d'enlèvement équivaut à la proportion de dépouilles qui demeurent durant l'intervalle compris entre deux recherches (Cornut et Vincent, 2010). Des tests de disparition de cadavres peuvent ainsi être effectués sur le terrain et pour chaque période tenir compte des variations de hauteur de végétation dans la zone contrôlée. Idéalement, chaque test dure 10 jours consécutifs⁶.

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

En accord avec les recommandations du protocole de suivi environnemental, un test de persistance a été effectué aux deux périodes (fin de printemps et fin d'été).

Le test a consisté à déposer les 23/05/2022 et 28/09/2022 **4 cadavres de souris ou poussins fraîchement décongelés autour des 6 éoliennes du parc** (soit 48 cadavres au total sur l'année). **Les leurres ont été déposés aléatoirement sur l'emprise de la surface théorique à prospecter et répartis sur l'ensemble des types d'habitats présents** (y compris en visibilité mauvaise en première période, ce qui n'a pas été intégré dans les analyses par la suite).

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 15 jours**, soit à J+3, J+6, J+9, J+12 et J+15 (voir l'annexe 1 pour le détail des dates de suivi).



Souris utilisée pour un leurre de persistance (Eure-et-Loir Nature)



Renard sous une éolienne lors d'un contrôle à J+1 du test de persistance (hors site, L. Burette, Echochiros)

❖ 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 (Niemann *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

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

⁵ <https://www.usgs.gov/centers/fresc/science/a-generalized-estimator-estimating-bird-and-bat-mortality-renewable-energy>

⁶ Dans l'idéal, des cadavres de chauves-souris ou de petits passereaux préalablement décongelés devraient être utilisés. Pour des raisons juridiques (dérogation, espèces protégées), de commodité et d'approvisionnement, ils sont couramment remplacés par des poussins d'un jour ou des rongeurs.

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 à détecter des cadavres a été testée les 01/07/2022 et 29/09/2022. Pour ce faire, des leurres en boules de chiffons noirs (mimant des chauves-souris, sombres), ainsi que des chiffons blancs (mimant des oiseaux de couleur plus claire)⁷ ont été déposés aléatoirement dans le périmètre prospecté en amont des recherches de mortalité, au sein des classes de végétation praticable (visibilité bonne et moyenne). Les secteurs ayant une visibilité moyenne n'étaient présents que de manière ponctuelle par rapport aux secteurs ayant une bonne visibilité, aussi, de manière proportionnelle, un nombre très faible de leurres y a été déposé, uniquement en seconde période. Pour cette étude, tous les autres leurres ont été déposés sur des secteurs ayant une bonne visibilité. **L'observateur a été testé sur les éoliennes MRV02 et MRV06 en période 1 et 2. Un total de 80 leurres a été pris en compte pour ce test.** Selon le nombre de leurres artificiels retrouvés par l'observateur, le taux d'efficacité a pu être calculé par le rapport entre le nombre de leurres découverts et le nombre de leurres déposés.

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

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

3.2.3.2 Modèles statistiques

❖ [Modèle d'Erickson \(2000\)](#)

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

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

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

a : coefficient de correction surfacique

L'estimateur Erickson *et al.* (2000) était 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.

⁷ Une unique taille de leurre a été testée pour évaluer l'efficacité (taille S). La variable liée à la taille ne pourra donc pas être prise en compte dans les estimations de mortalité réelle.

❖ [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 :

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

Avec :

C : nombre de cadavres découverts

a : coefficient de correction surfacique (cf. 3.2.3.1)

d : efficacité de l'observateur (cf. 3.2.3.1)

tm : durée moyenne de persistance (en jours)

I : intervalle moyen entre deux visites (en jours)

\hat{I} : intervalle effectif moyen (en jours)

\hat{e} : coefficient correcteur moyen de l'intervalle équivalent à $\frac{\text{Min}(I;\hat{I})}{I}$

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

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

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



D'où la formule :

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

Avec :

C : nombre de cadavres trouvés
a : coefficient de correction surfacique (cf. 3.2.3.1)
d : efficacité de l'observateur (cf. 3.2.3.1)
tm : durée moyenne de persistance (en jours)
l : intervalle moyen entre deux visites (en jours)
 \hat{l} : intervalle effectif moyen (en jours)
 \hat{e} : coefficient correcteur moyen de l'intervalle équivalent à $\frac{\text{Min}(l;\hat{l})}{l}$

3.2.3.3 EolApp (Besnard & Bernard, 2018)

Les différents modèles de calculs présentés ci-dessus ont été exploités avec une application web Shiny (EolApp) faisant tourner un script R sur le 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 de Montpellier. L'utilisation de cette application permet notamment d'éviter les éventuelles erreurs d'application des formules.

Comme demandé par le protocole national 2018, **cette application permet d'obtenir une médiane des estimations de mortalité (calculée selon les trois modèles statistiques présentés précédemment) encadrée par un intervalle de confiance à 80 % (borne inférieure à 10 % et supérieure à 90 %).**

Estimation des mortalités induites par les éoliennes

Données en entrée

Nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes (une valeur par visite de terrain) : 0, 0, 0, 0, 0, ..., 2, 0, 1, 1, 0

Durée de présence de cadavres déposés par les expérimentateurs (une valeur par cadavre déposé) : 0, 15, 1, 15, 0, ..., 1, 3, 1, 3, 3

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	30.86	15.13	57.38	19.81	46.49
Huso	53.34	27.96	87.05	35.88	73.82
Winkelmann	70.59	35.59	124.92	46.54	102.47
Jones	55.23	28.77	91.13	37.09	76.93

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

L'application EolApp analyse les données brutes relevées sur le terrain. Elle se base sur un protocole standardisé, à savoir un nombre défini de prospections sur une ou plusieurs éoliennes, séparées par des pas de temps constants. L'application prend en compte également les données issues des tests mis en œuvre pour évaluer la persistance des cadavres et l'efficacité de recherche.

Les résultats obtenus sont de fait des estimations de la mortalité. En effet, le calcul repose sur des processus d'échantillonnage multiples. Les passages répétés dans le temps sous les éoliennes correspondent à un processus d'échantillonnage et la répartition des mortalités dans le temps est en soit un processus aléatoire. La persistance et la détection des cadavres reposent aussi sur des processus aléatoires. Tous ces processus impliquent une incertitude sur les estimations qui se doit d'être quantifiée.

C'est l'interprétation de l'intervalle de confiance et l'analyse des différents biais éventuels qui permettra d'évaluer la cohérence de l'estimation statistique réalisée. Cet intervalle de confiance est une étendue de valeurs probables dans laquelle se trouve l'estimation de la mortalité. Autrement dit, l'intervalle de confiance encadre la valeur de mortalité estimée par une borne supérieure (valeur à laquelle la mortalité estimée est susceptible d'être inférieure) et une borne inférieure (valeur à laquelle l'estimation de la mortalité est susceptible d'être supérieure). Ici, le niveau de confiance de cet intervalle est de 80 %, ce qui signifie qu'il y a 80 chances sur 100 pour que la valeur de l'estimation de la mortalité soit comprise entre la borne inférieure et la borne supérieure. Un intervalle de confiance large attestera alors d'une imprécision de l'estimation statistique et, par conséquent, d'une difficulté d'interprétation des résultats.

Les limites de cette méthode sont les suivantes :

- La correction surfacique (les zones prospectées n'étant pas toujours égales à la surface théorique du protocole) se fait sur l'ensemble des éoliennes tout au long du suivi ou d'une sous-période. Cela a tendance à approximer et/ou lisser la réalité de terrain ;
- L'absence de prise en compte de la taille et du type des carcasses sur leur probabilité de disparition et de détection, ainsi que de l'occupation du sol et de la visibilité associée, que cela soit pour les cadavres comme pour les leurres ;
- Les résultats du test d'efficacité des observateurs sont également globalisés ;
- Les estimateurs utilisés se basent sur des fonctions simples ou exponentielles de la même manière sur l'ensemble des données, ce qui peut avoir tendance soit à la surestimation (Huso/Jones), soit à la sous-estimation (Winkelmann/Erickson).

3.2.3.4 GenEst : estimateur international standardisé

Plus récemment, les spécialistes internationaux que sont **Huso & Dalthorp (USGS) et Korner-Nievergelt (Oikostat)**, **trois auteurs cités dans le protocole national 2018**, se sont associés avec d'autres pour mettre à disposition gratuitement une solution informatique (« package ») nommée **GenEst**⁹ fonctionnant sous le logiciel¹⁰ open source R. Celle-ci permet d'imbriquer les différents paramètres pour modéliser finement la mortalité (persistance des cadavres, efficacité de la détection, correction surfacique) et **fournir des estimations ajustées selon les variables prises en compte (taille des cadavres, période de l'année, distinction oiseaux / chauves-souris...).**

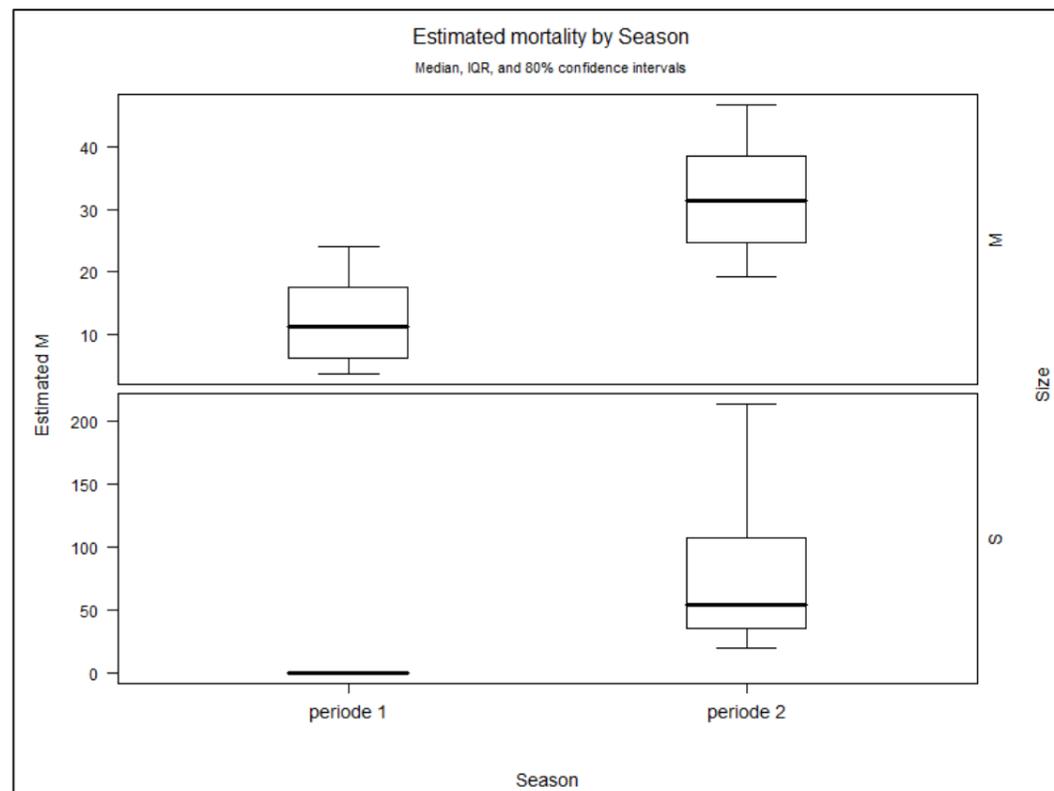
⁸ <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp/>

⁹ <https://www.usgs.gov/centers/fresc/science/a-generalized-estimator-estimating-bird-and-bat-mortality-renewable-energy>

¹⁰ <https://www.r-project.org/>

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

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



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

3.3 SUIVI DE LA FREQUENTATION CHIROPTEROLOGIQUE ET AVIFAUNISTIQUE

3.3.1 SUIVI DE LA FREQUENTATION DES CHAUVES-SOURIS

Les résultats du suivi post-implantation de 2021 ayant mis en évidence une mortalité importante de chauves-souris, Eure-et-Loir Nature a mené en 2022 des inventaires ciblés sur ce groupe aux environs du parc de Marchéville, en recherchant les colonies et les gîtes de mise-bas (observations directes et écoute active). L'objectif final de ces prospections était de préconiser des mesures complémentaires à celles établies par le suivi de mortalité de 2022.

Pour ce faire, les bâtiments communaux susceptibles d'accueillir des chiroptères ont été identifiés dans les communes de Marchéville et de Magny. Les églises ont ainsi été prospectées à l'œil nu. Après le lancement d'une campagne de sensibilisation des habitants, un corps de ferme a également pu être prospecté dans le hameau de Bréhainville, dans la commune de Magny.

Enfin, un point d'écoute active a été réalisé le 08/09/2022, dans le corps de ferme prospecté à Bréhainville, à l'aide d'un détecteur à ultrasons durant 20 min à partir de 21h30. Ce point d'écoute est situé à environ 1 km au sud du parc de Marchéville.

3.3.2 SUIVI DE LA FREQUENTATION DES OISEAUX

Le suivi de la fréquentation post-implantation de l'avifaune a été réalisé sur un cycle biologique complet. Les inventaires ont été ciblés sur les oiseaux nicheurs, migrateurs et hivernants. Au total, 25 passages ont été effectués, entre le 22 novembre 2021 et le 10 novembre 2022.

Six passages ont été réalisés en période de migration pré-nuptiale (les 1^{er}, 8, 15 et 23 avril ainsi que les 4 et 8 mai 2022) et en période de migration post-nuptiale (le 28 août, les 9 et 30 septembre, les 9 et 18 octobre ainsi que le 10 novembre 2022). En période d'hivernage, sept passages ont eu lieu (le 22 novembre, les 9 et 23 décembre 2021, les 13, 22 et 30 janvier ainsi que le 11 février 2022). Les observations ont été effectuées depuis des points fixes (respectivement 5, 3 et 5 points fixes) durant 40 min chacun, situés entre 100 à 200 m des éoliennes du parc de Marchéville.

Six passages ont été réalisés en période de nidification, les 20 et 25 mai, les 3, 14 et 15 juin, ainsi que le 22 juillet 2022 pour les espèces nicheuses tardives. Les observations ont été menées sur deux rayons de prospections autour du parc éolien : 500 m et 2 km. Dans l'aire de recherche de 500 m de rayon, des transects à pied entrecoupés de points d'écoute de 5 min tous les 300 m ont été effectués. Dans l'aire de recherche de 2 km de rayon, la recherche active a été réalisée par des déplacements en voiture et des arrêts fréquents d'environ 1h sur des points fixes d'observation.

3.4 METHODE D'ÉVALUATION DES ESPECES FREQUENTANT LE PARC

3.4.1 ÉVALUATION DE L'ENJEU DE CONSERVATION DES ESPECES

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

Statut de menace/rareté		Niveau d'enjeu régional de l'espèce
CR	Espèce animale en danger critique d'extinction au niveau régional	Très fort
EN	Espèce animale en danger d'extinction au niveau régional	Fort
VU ¹² NT et au moins R	Espèce animale vulnérable au niveau régional Espèce animale quasi-menacée et au moins rare au niveau régional	Assez fort
NT ¹³ LC mais au moins AR (voire AC)	Espèce animale quasi-menacée au niveau régional Espèce animale non menacée mais peu commune au niveau régional	Moyen
LC	Espèce animale non menacée, souvent assez commune à très commune, parfois assez rare ou rare	Faible
DD, NE	Données insuffisantes ou espèce non évaluée	« Dire d'expert » si possible

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

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

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

3.4.2 ÉVALUATION DE LA SENSIBILITE DES ESPECES A L'EOLIEN

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 2021 (www.birdlife.org/datazone/species). Les sources de données sont 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. La dernière mise à jour est de juin 2022. On a ainsi un total maximal de **16 557 cadavres d'oiseaux recensés dans toute l'Europe**.

La sensibilité est donc définie comme le rapport entre le nombre de cas de collision connus et la taille de la population européenne. 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'UICN. La liste rouge est utilisée et complétée, au besoin, par une liste rouge régionale, si celle-ci existe. ». Par extrapolation, la Liste Rouge Européenne est également prise en compte pour l'analyse. Le protocole actualisé en 2018 ne revient quant à lui pas sur ces notions.

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

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

Classe	Sensibilité	Proportion des cas de collisions connus au regard des effectifs européens (Birdlife, 2021)	Exemples d'espèces concernées
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 soit très élevée. Ce sont généralement des espèces dont les tailles de populations sont peu importantes.	Faucon pèlerin, Balbuzard pêcheur, Buse variable, 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.	Mouette rieuse, Canard colvert Cigogne blanche, Milan noir, Busard cendré, Busard des roseaux, Œdicnème criard, Grue cendrée
0 et 1	Faible à négligeable	Inférieure à 0,01 % : les cas de mortalité représentent une proportion non significative de leur population. Ce sont : - soit des espèces abondantes dont les cas de collision peuvent être nombreux, mais restant anecdotiques à l'échelle des populations, - soit des espèces peu abondantes pour lesquelles les cas de collision sont occasionnels, - soit des espèces pour lesquelles aucun cas de collision n'est connu.	Martinet noir, Alouette des champs, Bruant proyer, Pigeon ramier, Roitelet triple-bandeau Grand Cormoran, Chouette chevêche, Huppe fasciée, Torcol fourmilier Pic épeichette, Grimpeur des jardins, Mésange huppée

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

Les sources de données sont celles d'Eurobats et celles de l'allemand Tobias Dürr (voir ci-avant). La dernière mise à jour est de juin 2018 pour Eurobats et juin 2022 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 **11 065 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 (2016) et d'Eurobats.

¹² Certaines espèces vulnérables communes ou très communes peuvent voir leur enjeu abaissé au niveau moyen.

¹³ Certaines espèces quasi menacées communes ou très communes peuvent voir leur enjeu abaissé au niveau faible.

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

Évaluation de la sensibilité brute des chauves-souris aux risques de collision (Dürr, juin 2022 & Eurobats, juin 2018)

Espèce	Données de mortalité constatée		Pourcentage total de cadavres en Europe : 11065	Sensibilité
	nb cadavres Europe/France juin 2022			
Pipistrelle commune	2571	1124	23,2%	Forte
Pipistrelle de Nathusius	1666	303	15,1%	
Pipistrelle pygmée	457	176	4,1%	
(P. commune / pygmée)	414	40	3,7%	
Pipistrelle de Kuhl	471	221	4,3%	
(Pipistrelle sp.)	759	316	6,9%	
Vespère de Savi	370	57	3,3%	
Grande Noctule	41	10	0,4%	
Noctule commune	1616	147	14,6%	
Noctule de Leisler	755	186	6,8%	
Sérotine commune	130	38	1,2%	Moyenne
Sérotine bicolore	217	11	2,0%	
Molosse de Cestoni	84	2	0,8%	
Minioptère de Schreibers	13	7	0,12%	Faible à négligeable
Murin de Daubenton	11	1	0,10%	
Grand Murin	7	3	<0,1%	
Murin de Bechstein	2	2	<0,1%	
Murin de Brandt	2	0	<0,1%	
Murin à oreilles échanquées	5	3	<0,1%	
Murin à moustaches	6	2	<0,1%	
Murin de Natterer	4	1	<0,1%	
Barbastelle d'Europe	6	4	<0,1%	
Oreillard gris	9	0	<0,1%	
Oreillard roux	8	0	<0,1%	
Grand Rhinolophe	1	0	<0,1%	

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

3.4.3 ÉVALUATION DE LA PORTEE DE L'IMPACT

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

Concernant l'éolien, les effets sont principalement liés aux choix d'implantation des éoliennes par rapports aux habitats favorables (haies, lisières, boisements, milieux aquatiques) et aux axes/routes de vol/migration (perpendiculaire ou parallèle), les caractéristiques du modèle d'éolienne (hauteur de la

nacelle, diamètre du rotor...), et les conditions de fonctionnement (période, plage horaire, paramètres météorologiques, bruits).

Pour les chiroptères, les trois niveaux de portée sont définis de la façon suivante :

- **fort** : lorsque l'activité de l'espèce concernée est au moins forte ou supérieure au quantile 75 % sur le point d'étude (cas des chauves-souris), ou lorsque la fonctionnalité écologique des populations locales est impactée de façon importante (nombre de cas de collision avéré et estimé importants, par espèce ou par groupe d'espèces) ;
- **moyen** : lorsque l'activité de l'espèce concernée est moyenne ou comprise entre les quantiles 25 et 75 % sur le point d'étude (cas des chauves-souris), ou lorsque la fonctionnalité écologique des populations locales est impactée de façon modérée ou plus ou moins limitée (nombre de cas de collision avéré et estimé moyens, par espèce ou par groupe d'espèces) ;
- **faible** : lorsque le nombre de contacts de l'espèce est faible ou non significatif ou inférieur au quantile 25 % (cas des chauves-souris), ou lorsque la fonctionnalité écologique des populations locales est impactée de façon marginale (nombre de cas de collision avéré et estimé faible, par espèce ou par groupe d'espèces).
- Les intermédiaires sont étudiés au cas par cas.

Cette portée issue de l'activité à hauteur de nacelle est pondérée au regard des collisions avérées (nombre de cadavres sur le parc).

Pour les oiseaux, les trois niveaux de portée sont ainsi :

- **fort** : lorsque le nombre d'individus ou la fonctionnalité écologique de la population (locale ou à une échelle plus large) est impactée de façon importante et irréversible dans le temps ;
- **moyen** : lorsque le nombre d'individus ou la fonctionnalité écologique de la population (locale ou à une échelle plus large) est impactée de façon modérée et temporaire ;
- **faible** : lorsque le nombre d'individus ou la fonctionnalité écologique de la population (locale ou à une échelle plus large) est impactée de façon marginale et très limitée dans le temps.
- Les intermédiaires sont étudiés au cas par cas.

3.4.4 ÉVALUATION DES NIVEAUX D'IMPACTS

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

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

Définition des niveaux d'intensité de l'effet négatif

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

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

Définition des niveaux d'impacts

	Niveau d'enjeu impacté				
Intensité de l'impact	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

3.5 METHODE DE DEFINITION DES IMPACTS ET DES MESURES DE REDUCTION ADAPTEES AU PARC

La **sensibilité 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 des impacts avérés (collision et barotraumatisme)** et à la **définition de mesures de réduction** (arrêt programmé des éoliennes en périodes sensibles, modification de l'assolement...). L'arrêt programmé des machines (ou bridage) des éoliennes est la principale mesure de réduction de l'impact de collision des chauves-souris et des oiseaux.

Des algorithmes de bridage sont ainsi définis en fonction des périodes d'activité des espèces (mois de l'année, heures de la nuit) et des **conditions météorologiques dans lesquelles se déroulent cette activité** (vitesse du vent et température). L'analyse est effectuée de façon multifactorielle pour l'ensemble des espèces ou pour certaines espèces cibles, telle que présentée dans le tableau ci-dessous.

Exemple de matrice de calcul de la proportion d'activité protégée

	Résultats 2e période - TOUTES ESPECES					
Options	Vent (m/s)	Temp (°C)	Heure après le coucher du soleil	Nb contacts protégés	Nb contacts total	Activité protégée du risque éolien
1	3,5	10	3:00	93	2773	3,4%
2	5,5	10	3:00	706	2773	25,5%
3	7	10	6:00	1834	2773	66,1%
4	5,5	20	3:00	706	2773	25,5%
5	7	20	6:00	1719	2773	62,0%

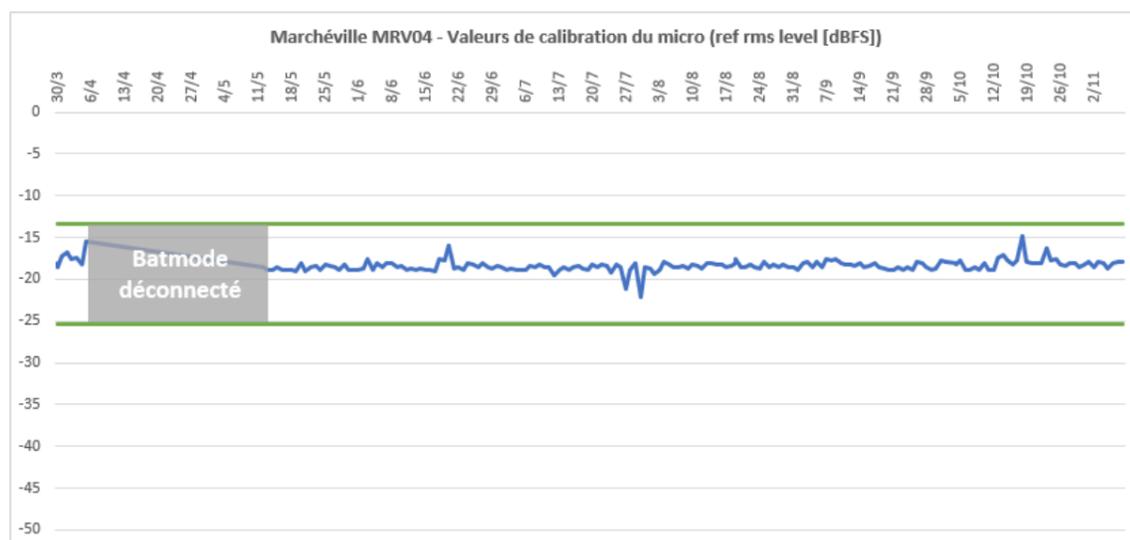


4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI ACOUSTIQUE EN NACELLE

4.1 VALIDITE DU MATERIEL UTILISE

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

Pour le suivi acoustique sur l'éolienne MRV04, le micro a été opérationnel quasiment du début à la fin du suivi. En effet, le Batmode a été déconnecté (alimentation coupée), sur un peu plus d'un mois, du 06/04 au 12/05/2022.



Valeurs de calibration quotidienne du micro du Batmode S+ placé dans MRV04 (ref rms level [dBFS])

4.2 DESCRIPTION DES ACTIVITES ENREGISTREES

4.2.1 BILAN PAR MOIS ET PAR ESPECE

Le tableau suivant compile les totaux de contacts par mois pour chaque espèce ou groupe d'espèces enregistrés au niveau de la nacelle de l'éolienne MRV04.

Activités mensuelles enregistrées du 30 mars au 9 novembre 2022 depuis la nacelle de MRV04

Mois	Noctule de Leisler	Noctule commune	Sérotules	Pipistrelle commune	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle de Nathusius	Oreillard indéterminé	Total
Mars (2 nuits)	-	-	-	-	-	-	-	0
Avril (5 nuits)	-	-	-	1	1	-	-	2
Mai (19 nuits)	86	2	7	10	-	-	-	105
Juin (30 nuits)	72	11	4	49	25	-	-	161
Juillet (31 nuits)	229	203	16	34	6	-	2	490
Août (31 nuits)	626	487	62	3	37	-	-	1215
Septembre (30 nuits)	93	156	16	25	8	-	-	298
Octobre (31 nuits)	42	21	-	18	4	3	-	88
Novembre (8 nuits)	-	-	-	-	-	-	-	0
Total général	1148	880	105	140	81	3	2	2359

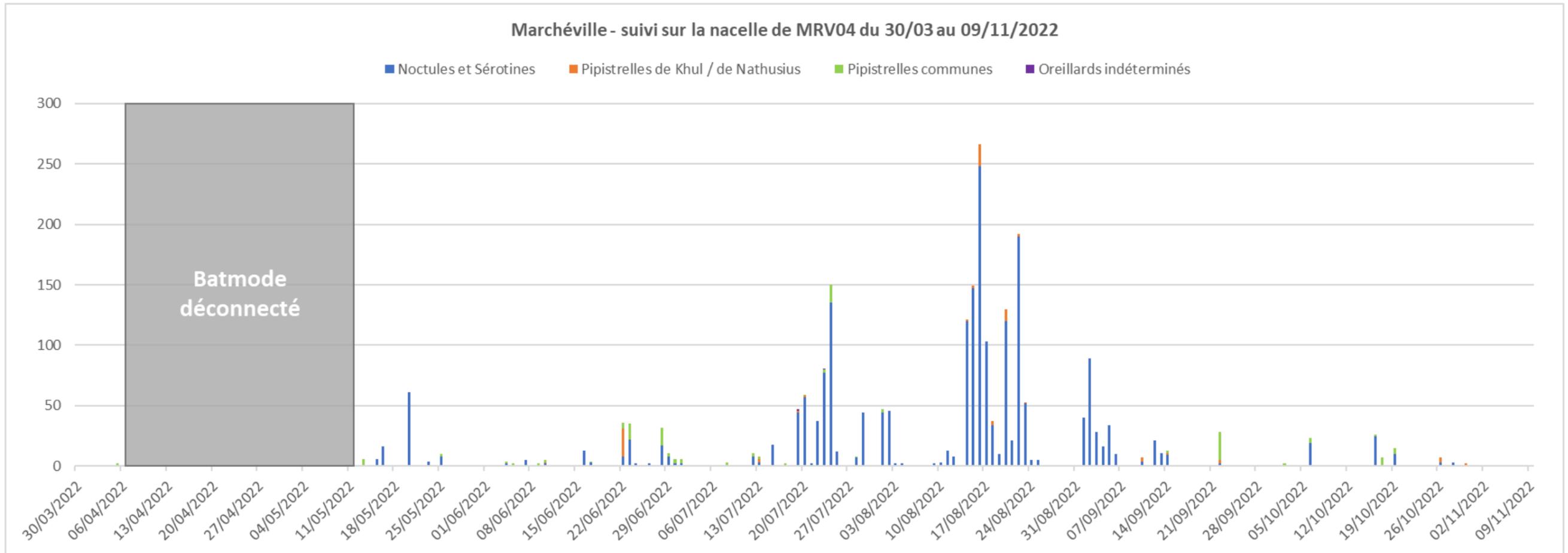
Au total, durant ce suivi 2022, 2359 contacts de chauves-souris ont été enregistrés par le Batmode S+ placé au niveau de l'éolienne MRV04.

Sur cette année de suivi, on constate que l'espèce la plus contactée est la Noctule de Leisler avec 49 % des contacts, suivie par la Noctule commune avec 37 % des contacts. La Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl sont moins représentées durant ce suivi avec respectivement 6 et 3 % des contacts sur l'année. Seuls 3 contacts de Pipistrelle de Nathusius ont été enregistrés durant le mois d'octobre en 2022. 2 contacts d'Oreillard indéterminé ont été enregistrés en juillet.

Les mois de juillet, d'août et de septembre sont marqués par une augmentation de la fréquentation du parc par la Noctule de Leisler et la Noctule commune. Cette hausse de fréquentation pour les mois d'août et de septembre s'explique le phénomène de migration de ces espèces, qui intervient en général à partir de la deuxième quinzaine d'août et peut s'étaler parfois jusqu'au mois d'octobre. En effet, sur les 626 contacts de Noctule de Leisler enregistrés sur le mois, 471 d'entre eux ont été recueillis à partir du 15 août.

4.2.2 CHRONOLOGIE DE L'ACTIVITE

Le graphique suivant présente la chronologie quotidienne du suivi. La plupart des nuits de fin mars à mi-juillet restent sous la barre de la cinquantaine de contacts par nuit, avec un pic à 61 contacts au mois de mai. **Entre mi-juillet et début août, l'activité atteint son premier vrai pic avec un maximum de 150 contacts la nuit du 24/07/2022. La deuxième quinzaine d'août est marquée par une augmentation de l'activité avec plusieurs nuits dépassant la barre des 100 contacts (avec un maximum de 266 contacts la nuit du 16/08/2022).** Enfin, l'activité diminue à partir de début septembre.

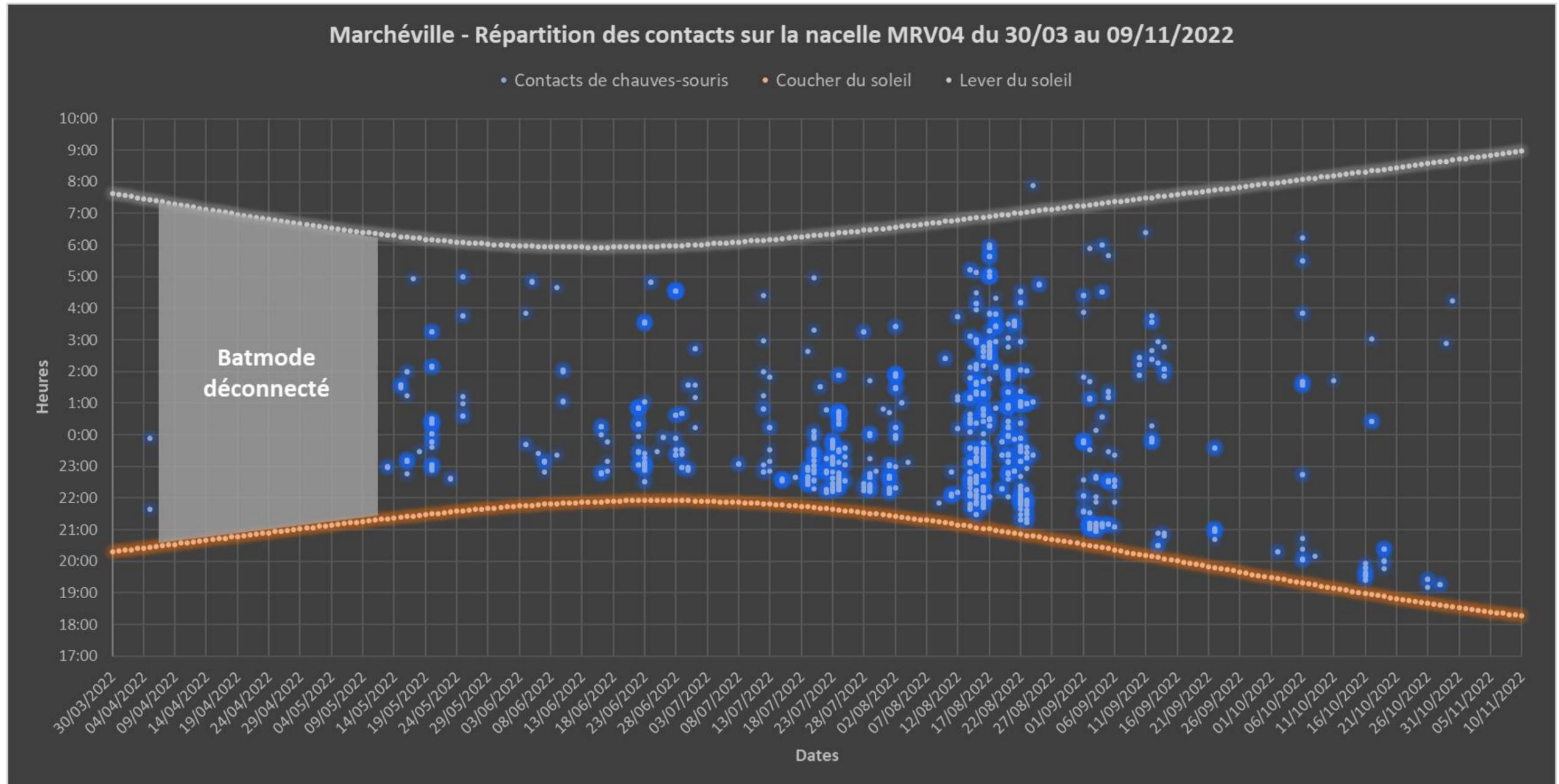


MRV04 : Chronologie de l'activité quotidienne du suivi acoustique depuis la nacelle

4.2.3 DISTRIBUTION DES CONTACTS DE CHAQUE ESPECE SELON LA DATE ET L'HEURE

Le graphique ci-dessous présente la distribution de tous les contacts en fonction de l'heure après le coucher du soleil.

L'activité était globalement plus forte durant les deux premières heures de la nuit. Les pics d'activité évoqués précédemment apparaissent sur ce graphique. Lors de la migration courant août, les contacts sont plus étalés dans la nuit par rapport aux autres périodes du suivi. Un contact a été enregistré après le lever du soleil : il s'agit d'une Noctule commune enregistrée à 07h53 le 24 août. Aucun contact n'a été enregistré avant le coucher du soleil.



MRV04 : Distribution des contacts en fonction de la date et de l'heure après le coucher du soleil

4.3 SYNTHÈSE ET ÉVALUATION DES ACTIVITÉS

4.3.1 INDICATEURS DE LA FREQUENTATION

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

Le graphique ci-après présente les données du référentiel d'Écosphère (601 nuits d'écoute recueillies de 2016 à 2019 sur 9 sites différents) classés en ordre croissant, et les valeurs correspondant aux quantiles 25 %, 50 % (= médiane), 75 % et 95 %. Différentes valeurs ont par conséquent été obtenues pour les seuils des quantiles 25 %, 50 %, 75 % et 95 %. **Ces 4 seuils permettent ainsi d'établir 5 classes d'activités pour chaque espèce allant de faible (nombre de contacts inférieurs au nombre défini pour le quantile 25 %) à très forte (nombre de contacts supérieurs au quantile 90 %).**

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

Référentiel d'activité pour les suivis en nacelle dans le quart Nord-Ouest de la France en milieu ouvert 2016-2019 (contacts / nuit)

NACELLE >50 m Nord-Ouest/Centre France		Seuils de nombre de contacts par nuit			
Espèce	Q25 %	Q50 %	Q75 %	Q90 %	
TOUTES ESPECES	2	4	10	28	
Noctule commune	2	4	9	34	
Noctule de Leisler	1	3	5	12	
Sérotine / Noctules	2	3	7	21	
Pipistrelle commune	1	3	7	15	
Pipistrelle de Kuhl	1	3	7	15	
Pipistrelle de Nathusius	1	1	4	4	
Oreillard indéterminé	1	3	4	4	

Dans notre secteur géographique (Nord-Ouest de la France) et pour les milieux ouverts (plaine agricole) :

- Les moyennes mensuelles **inférieures à 2 contacts par nuit** correspondent à une **activité de fond** considérée comme relativement commune ;
- Les moyennes mensuelles comprises **approximativement entre 2 et 4 contacts par nuit** sont considérées comme des activités significatives (au-dessus de l'activité de fond) mais restant **moyennes** ;
- Les moyennes mensuelles comprises **approximativement entre 4 et 10 contacts par nuit** sont considérées comme des activités supérieures à la moyenne, et donc **assez fortes** ;
- Les moyennes mensuelles **supérieures à 10 contacts par nuit** sont donc considérées comme des activités **fortes**, sans être néanmoins **très forts** (supérieures à 28 contacts par nuit).

Pour les milieux forestiers : les moyennes peuvent rapidement atteindre plus de 10 contacts par nuit, et des maxima supérieurs à 30 contacts par nuit. Néanmoins, le nombre de suivis réalisés à ce jour étant encore trop limités, il est difficile d'obtenir des seuils distinctifs pour les différents niveaux d'activité.

4.3.2 ÉVALUATION DE LA FREQUENTATION DU PARC DE MARCHEVILLE

Le tableau suivant synthétise l'ensemble de ces résultats à l'aide de plusieurs indicateurs qui seront analysés dans les chapitres suivants :

- le nombre de nuits où le suivi a été opérationnel ;
- le nombre de nuits avec au moins 1 contact enregistré (nuit positive) ;
- la moyenne par nuit des contacts (toutes espèces confondues) sur toutes les nuits suivies ;
- la moyenne par nuit des contacts des espèces dites migratrices* (noctules et Pipistrelle de Nathusius) sur toutes les nuits suivies ;
- le maximum de contact par nuit obtenu sur le mois.

Bilan du suivi de MRV04 entre le 30 mars et le 9 novembre 2022

Mois	Nuits suivies	Nuits "positives" avec au moins un contact	Moyenne de contacts par nuit suivie	Moyenne de contacts d'espèces migratrices de haut vol par nuit suivie	Maximum de contacts en une nuit
Mars	2	0	0,0	0,0	0
Avril	8	1	0,3	0,0	2
Mai	19	8	5,5	5,0	61
Juin	30	16	5,4	2,9	36
Juillet	31	17	15,8	14,5	150
Août	31	20	39,2	37,9	266
Septembre	30	12	9,9	8,8	89
Octobre	31	11	2,8	2,0	26
Novembre	8	0	0,0	0,0	0

On constate que les mois de juillet et d'août sont les mois avec les densités de contacts les plus fortes, avec des moyennes de contacts par nuit suivie de respectivement 15,8 et 39,2. Au niveau de l'activité, les mois de mai et juin sont assez similaires entre eux, avec une moyenne de contacts par nuit de 5,4 et 5,5. Bien que le mois de septembre obtienne une moyenne près de quatre fois plus faible que celle du mois d'août (9,9 contacts par nuit suivie en moyenne), il s'agit d'une activité assez forte (le seuil du niveau fort étant à 10 contacts par nuit). Le mois d'octobre est marqué par une diminution de l'activité sur le parc, avec une moyenne de 2,8 contacts par nuits suivies. Les moyennes des mois de mars, avril et novembre sont très faibles à nulles en raison de la faible activité des chauves-souris à ces périodes et le faible nombre de nuits suivies. La moyenne de contacts d'espèces migratrices de haut vol par nuit suivie la plus haute est celle du mois d'août, avec 37,9 contacts moyens par nuit.

La moyenne arithmétique est donc un indicateur statistique simple avec une bonne robustesse si l'échantillonnage est conséquent (le cas ici), malgré des différences selon le type d'appareil utilisé (capacité de détection des micros selon leur gain et qualité). Cependant, elle a tendance à lisser grandement les valeurs du fait qu'il y ait souvent une majorité de nuits sans aucun contact enregistré et au contraire quelques-unes avec beaucoup de contacts (grande variance).

Dans le tableau ci-dessous, les résultats de ce suivi ont ainsi été **classés mois par mois sur la base des contacts de toutes espèces confondues**. Le nombre de nuits « positives » supérieures au quantile 75 % est indicateur d'une activité particulièrement forte et remarquable.

Ce tableau retranscrit la plus forte fréquentation du parc par les chiroptères durant les mois de juillet et d'août. On note tout de même un nombre significatif de nuits supérieures au quantile 75 % pour les mois de septembre et de juin (respectivement 9 et 5 nuits) ainsi que quelques nuits en mai et octobre.

MRV04 : Évaluation des résultats du suivi (toutes espèces) en fonction du référentiel d'activité des suivis nacelles en milieu ouvert dans le quart Nord-Ouest de la France (Ecosphère, 2016-2019)

Mois	Q1-25	Q25-50	Q50-75	Q75-90	Q90-98
Mars	-	-	-	-	-
Avril	1	-	-	-	-
Mai	2	1	3	1	1
Juin	6	2	3	2	3
Juillet	4	1	3	3	6
Août	3	1	4	2	10
Septembre	1	-	2	6	3
Octobre	5	1	2	3	-
Novembre	-	-	-	-	-

Le tableau ci-dessous résume le nombre de nuits « positives » par classe d'activité et par espèce. **Les cas d'activité forte sont dominés par la Noctule de Leisler avec un cumul de 40 nuits supérieures au quantile 75 %.** Elle est suivie par la **Noctule commune avec un cumul de 22 nuits supérieures au quantile 75 %.** Ces deux espèces ont des résultats assez importants qui retranscrivent bien la fréquentation annuelle sur le parc. La Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl ont également plusieurs nuits de forte et très forte activité (respectivement 4 et 3 nuits), mais sont tout de même bien en dessous du groupe des Noctules.

MRV04 : Évaluation des résultats du suivi pour chaque espèce en fonction du référentiel d'activité des suivis nacelles en milieu ouvert dans le quart Nord-Ouest de la France (Ecosphère, 2016-2019)

Espèces	Q1-25	Q25-50	Q50-75	Q75-90	Q90-100
Noctule commune	7	2	7	14	8
Noctule de Leisler	8	14	4	15	25
Sérotine/Noctules	11	4	5	3	1
Pipistrelle commune	9	13	7	3	1
Pipistrelle de Kuhl	6	8	1	-	3
Pipistrelle de Nathusius	-	1	1	-	-
Oreillard indéterminé	2	-	-	-	-
TOUTES	22	6	17	17	23

Il est important de rappeler :

- que le raisonnement porte sur des nombres de contacts, et non sur des nombres d'individus. De fait, des contacts enregistrés en début et fin de nuit peuvent potentiellement correspondre aux mêmes individus transitant dans le parc éolien ;
- **que des variations interannuelles peuvent survenir** (conditions météorologiques, activité des chauves-souris...) et que le principe de précaution est de mise quant aux conclusions de l'étude.

4.4 REPARTITION DE L'ACTIVITE SELON L'HEURE DE LA NUIT

Le tableau ci-dessous montre que **91 % des contacts ont lieu les six premières heures de la nuit. L'heure la plus fréquentée est celle entre la première heure et deuxième heure qui suit le coucher du soleil.** Aucun contact n'a été enregistré avant le coucher du soleil.

MRV04 : Nombre de contacts en fonction de l'heure après le coucher du soleil pour toute la période du suivi

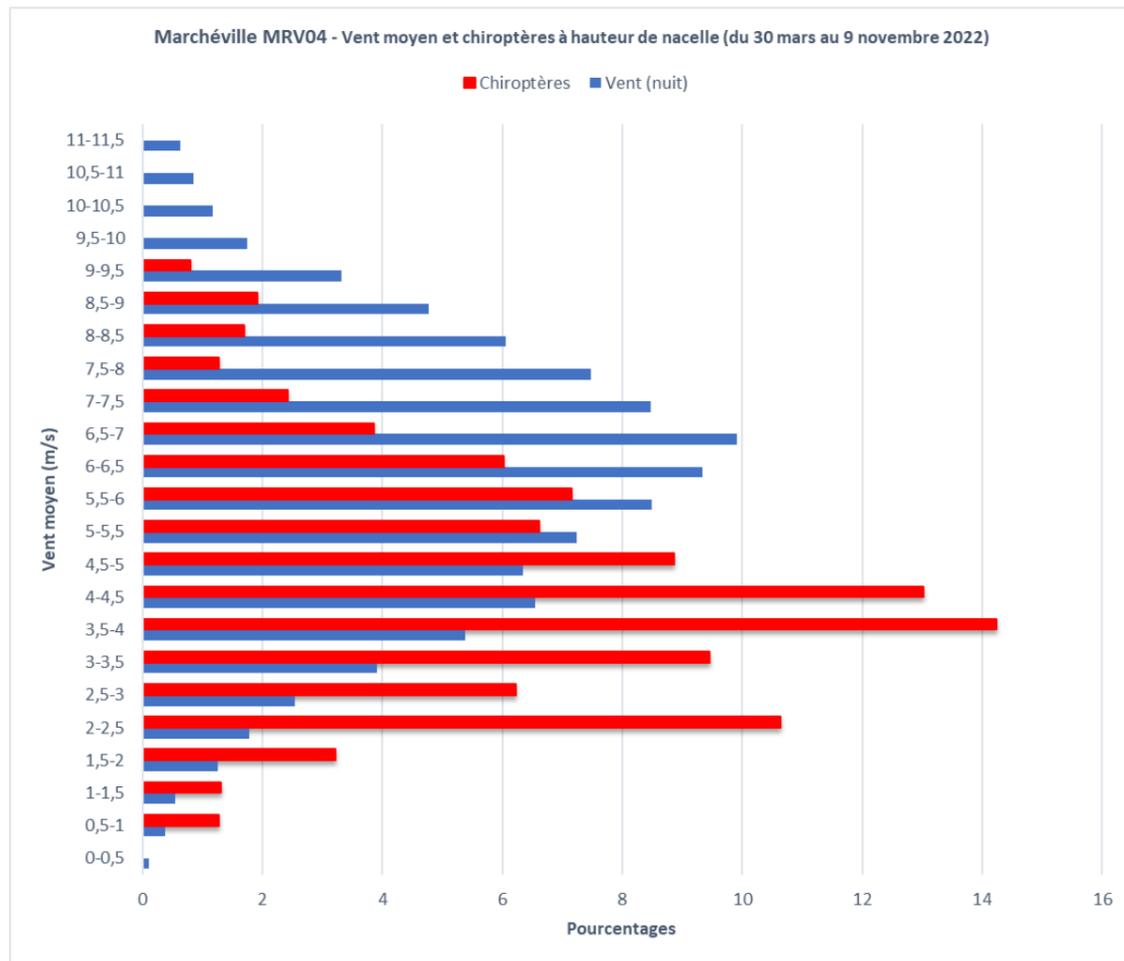
Heure après le coucher du soleil	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Total général	% cumulé
heure du coucher du soleil à +1h	-	-	-	17	161	152	136	44	-	510	21,6
+1h à +2h	-	1	33	60	199	248	34	16	-	591	46,7
+2h à +3h	-	-	40	40	57	213	28	-	-	378	62,7
+3h à +4h	-	1	6	7	50	151	44	2	-	261	73,8
+4h à +5h	-	-	15	3	16	223	13	-	-	270	85,2
+5h à +6h	-	-	6	10	5	93	13	6	-	133	90,8
+6h à +7h	-	-	2	22	1	60	12	10	-	107	95,4
+7h à +8h	-	-	3	2	1	31	10	-	-	47	97,4
+8h à +9h	-	-	-	-	-	43	3	4	-	50	99,5
+9h à +10h	-	-	-	-	-	-	4	2	-	6	99,7
+10h à +11h	-	-	-	-	-	-	1	4	-	5	99,9
+11h à +12h	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	100
Total général	0	2	105	161	490	1215	298	88	0	2359	

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

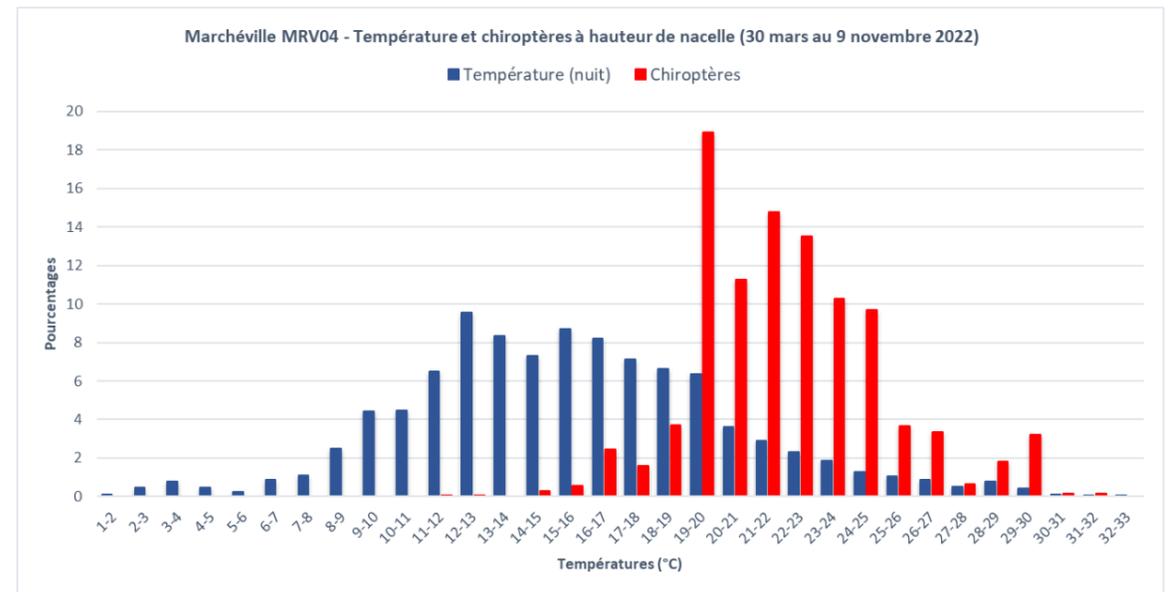
4.5 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LES VITESSES DE VENT

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

Environ 94 % de l'activité a été enregistrée pour des vents moyens inférieurs à 7,5 m/s et 68 % des contacts sous 5 m/s.



MRV04 : Distribution de l'activité selon les vitesses moyennes de vent



MRV04 : Distribution de l'activité selon les températures

4.7 CONCLUSION DU SUIVI ACOUSTIQUE A HAUTEUR DE NACELLE

Sur l'ensemble du suivi en nacelle de l'année 2022, l'activité mensuelle se distribue de manière hétérogène :

- Les mois de juillet et août sont les plus fréquentés de l'année avec respectivement 21 % et 51 % de l'effectif annuel ;
- Les moyennes de contacts par nuit suivie ont des valeurs très fortes en août (39,2 contacts en moyenne), forte en juillet (15,8 contacts en moyenne), assez fortes en mai, juin et septembre (respectivement 5,5, 5,4 et 9,9 contacts en moyenne) et moyenne en octobre (2,8 contacts en moyenne) ;
- Les pics de fréquentation majeurs sont compris entre mi-juillet et mi-septembre avec 7 nuits dépassant les 100 contacts, dont 2 dépassent les 150 contacts.
- Par ailleurs, l'activité est également hétérogène au cours des heures de la nuit :
- Environ 63 % de l'activité globale a été enregistrée durant les trois premières heures de la nuit et 91 durant les 6 premières heures ;
- Un contact de Noctule commune a été enregistré après le lever du soleil à 07h53 le 24 août ;
- Aucun contact n'a été enregistré avant le coucher du soleil.
- Enfin, les conditions météorologiques participent également à la distribution de l'activité :
- 94 % de l'activité a été enregistrée pour des vents moyens inférieurs à 7,5 m/s avec cependant une activité qui persiste jusqu'à des vents moyens de 9,5 m/s ;
- 95 % de l'activité a été enregistrée pour des températures supérieures à 18°C.

Pour rappel, les limites liées au matériel utilisé impliquent que les résultats obtenus ne représentent qu'un échantillon pour un volume d'espace aérien donné d'une activité réelle quelle qu'elle soit sur une année. Aussi, la variabilité interannuelle de différents facteurs indépendants, tel que la météorologie, peut avoir une incidence par exemple sur l'activité ou les pics d'activité.

4.6 DISTRIBUTION DE L'ACTIVITE SELON LA TEMPERATURE

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

89 % de l'activité globale a été enregistrée pour des températures allant de 18°C à 27°C, avec une majorité se trouvant entre 19°C et 25°C (78 %).

5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE MORTALITE

5.1 RESULTATS BRUTS DU SUIVI 2022

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

Sur les 6 éoliennes du parc de Marchéville et dans un carré de 100 m par 100 m autour des mâts, un total de 20 cadavres a été découvert, dont 5 oiseaux et 15 chauves-souris, soit en moyenne 3,3 cadavres par éolienne sans corrections statistiques.

A noter : le jeu de données brut issu des prospections réalisées par Eure-et-Loir Nature est incomplet pour un cadavre de chauve-souris découvert. Certaines informations sont manquantes, telles que les coordonnées GPS, la distance à l'éolienne, l'occupation du sol et la visibilité. Afin de réaliser les estimations de la mortalité réelle via l'application GenEst, la visibilité a été notée « bonne » par défaut.

5.1.1 REPARTITION SPATIALE

Voir la carte « Localisation des cadavres ».

Les cadavres découverts sont distribués de manière relativement homogène entre les 6 éoliennes, notamment chez les chauves-souris. Chez les oiseaux, la répartition est plus hétérogène. Hormis la présence d'une haie, de la rivière du Loir et d'un bosquet situés à proximité de MRV01 (respectivement à 40 m, 250 m et 400 m du mât), la topographie et le contexte local sont similaires entre les 6 machines, ce qui permet d'expliquer l'homogénéité globale de la répartition des cadavres.

Pour rappel, les éoliennes MRV04, MRV05 et MRV06 étaient bridées entre le 1^{er} mai et le 30 septembre 2022.

Concernant les chiroptères, on peut par ailleurs distinguer les éoliennes MRV01 et MRV05 comme étant les plus accidentogènes (respectivement 5 et 4 individus), suivies de près par l'éolienne MRV02 avec 3 individus, des autres éoliennes avec entre zéro et 2 individus impactés. Les 3 éoliennes non bridées cumulent 10 cadavres de chauves-souris, contre 5 sur les éoliennes bridées (parmi ces 5 cadavres, 3 ont été impactés en octobre, période non couverte par le bridage).

Concernant les oiseaux, l'éolienne MRV06 dénombre le plus de cas de mortalité (2 individus), tandis que les autres éoliennes oscillent entre zéro et un individu impacté. Les 3 éoliennes non bridées ne représentent qu'un cadavre d'oiseau, contre 4 sur les éoliennes bridées.

Répartition des cadavres découverts en 2022 (n = 20)

		Éolienne n°	Nombre de cadavres découverts	chiroptères	oiseaux
Non bridées	MRV01		5	5	0
	MRV02		4	3	1
	MRV03		2	2	0
Bridées	MRV04		2	1	1
	MRV05		5	4	1
	MRV06		2	0	2
TOTAL			20	15	5

5.1.2 REPARTITION TEMPORELLE ET ESPECES CONCERNEES

La mortalité est répartie de manière régulière au cours de la période de suivi comme le montrent les tableaux et la figure suivante.

Répartition temporelle de la mortalité (n = 20)

Période	Semaine	Date	Chiroptères	Oiseaux	Total	
1	18	02/05/2022	0	0	0	
	18	05/05/2022	0	0	0	
	18	08/05/2022	0	0	0	
	19	11/05/2022	0	0	0	
	19	14/05/2022	0	0	0	
	20	17/05/2022	0	0	0	
	20	20/05/2022	0	0	0	
	21	23/05/2022	0	0	0	
	21	26/05/2022	0	0	0	
	21	29/05/2022	0	0	0	
	22	01/06/2022	0	0	0	
	22	04/06/2022	0	0	0	
	23	07/06/2022	0	0	0	
	23	10/06/2022	0	0	0	
	24	13/06/2022	0	0	0	
	24	16/06/2022	0	0	0	
	24	19/06/2022	0	0	0	
	25	22/06/2022	0	0	0	
	25	25/06/2022	0	0	0	
	26	28/06/2022	0	0	0	
	26	01/07/2022	0	0	0	
	27	04/07/2022	1	Pipistrelle commune (MRV02)	0	1
	27	07/07/2022	0	0	1	1
	27	10/07/2022	0	0	0	0
	28	13/07/2022	0	0	0	0
	28	16/07/2022	0	0	0	0

Période	Semaine	Date	Chiroptères	Oiseaux	Total
	29	19/07/2022	0	0	0
	29	22/07/2022	2 Pipistrelle commune (MRV03), Noctule de Leisler (MRV01)	0	2
	30	25/07/2022	1 Pipistrelle commune (MRV01)	0	1
	30	28/07/2022	0	0	0
	30	31/07/2022	0	0	0
2	31	03/08/2022	0	0	0
	31	06/08/2022	0	0	0
	32	09/08/2022	0	0	0
	32	12/08/2022	0	0	0
	33	15/08/2022	0	1 Gobemouche noir (MRV06)	1
	33	18/08/2022	0	0	0
	33	21/08/2022	0	0	0
	34	24/08/2022	1 Noctule de Leisler (MRV03)	0	1
	34	27/08/2022	0	0	0
	35	30/08/2022	1 Pipistrelle commune (MRV05)	0	1
	35	02/09/2022	1 Pipistrelle commune (MRV01)	1 Goéland brun (MRV05)	2
	36	05/09/2022	0	0	0
	36	08/09/2022	0	0	0
	36	11/09/2022	0	0	0
	37	14/09/2022	0	0	0
	37	17/09/2022	0	0	0
	38	20/09/2022	0	0	0
	38	23/09/2022	0	1 Faucon crécerelle (MRV02)	1
	39	26/09/2022	1 Pipistrelle commune (MRV04)	1 Pigeon biset (MRV06)	2
	39	29/09/2022	0	0	0
	39	02/10/2022	0	0	0
	40	05/10/2022	2 Pipistrelle commune (MRV01, MRV05)	0	2
	40	08/10/2022	1 Pipistrelle commune (MRV01) ¹⁴	0	1
	41	11/10/2022	0	0	0
	41	14/10/2022	0	0	0
	42	17/10/2022	2 Pipistrelle commune (2*MRV02)	0	2
42	20/10/2022	0	0	0	
42	23/10/2022	1 Pipistrelle de Nathusius (MRV05)	0	1	
43	26/10/2022	1 Pipistrelle de Nathusius (MRV05)	0	1	
43	29/10/2022	0	0	0	

¹⁴ Plusieurs informations liées à cet individu sont manquantes (coordonnées GPS, distance à l'éolienne, occupation du sol, visibilité). Afin de réaliser les estimations de la mortalité réelle, la visibilité a été indiquée et notée « bonne » par défaut.

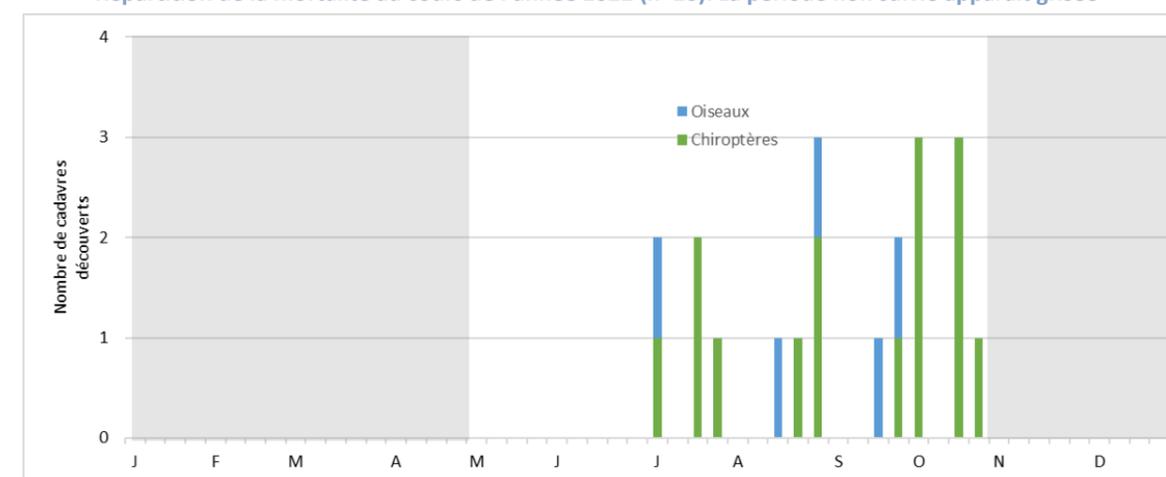


Faucon crécerelle, sous MRV02 le 23 septembre 2022 (D. Veau, Eure-et-Loir Nature)



Pipistrelle commune, sous MRV05 le 30 août 2022 (D. Veau, Eure-et-Loir Nature)

Répartition de la mortalité au cours de l'année 2022 (n=20). La période non suivie apparaît grisée



Sur le parc de Marchéville, la majorité des cadavres a été découverte sur la seconde période du suivi (début août à fin octobre 2022).

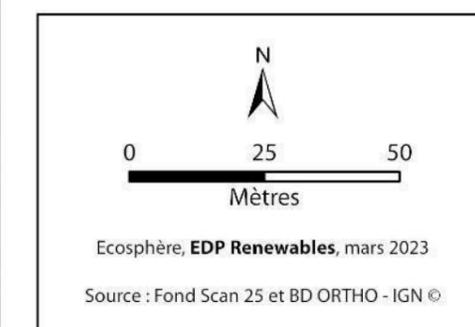
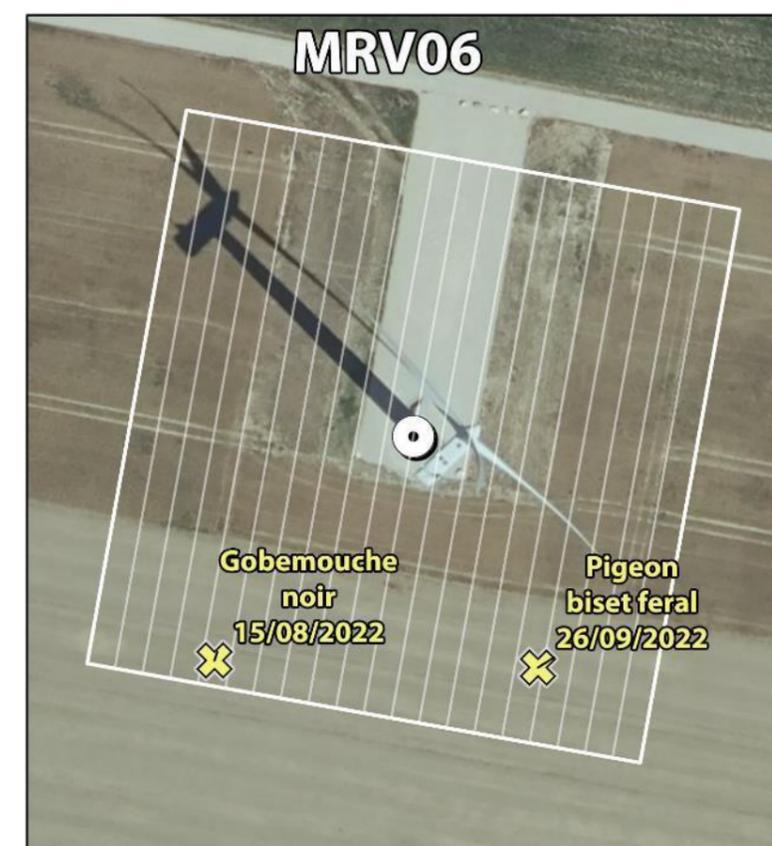
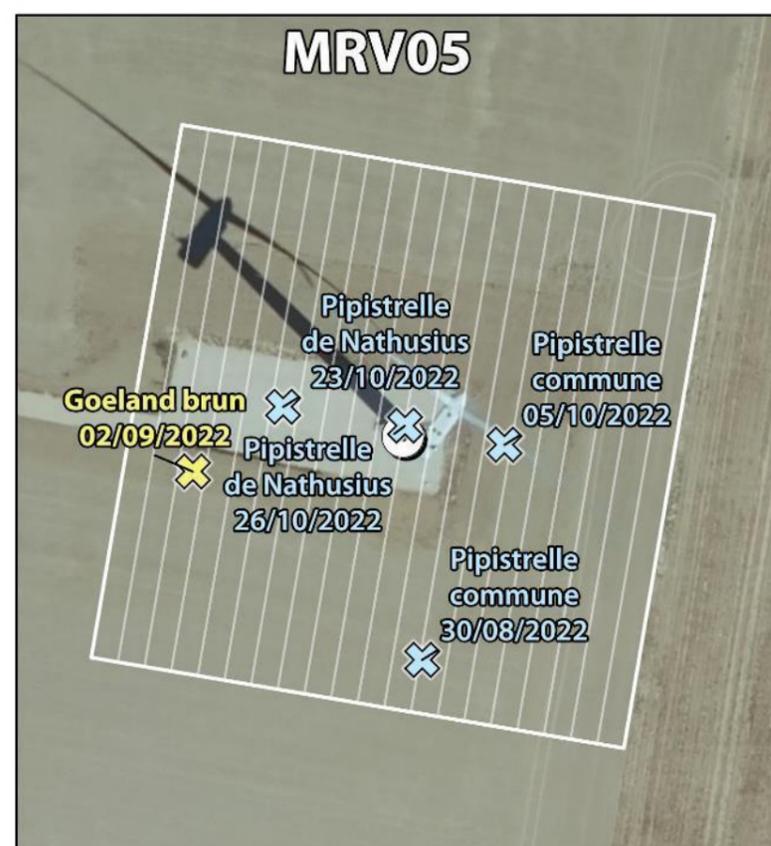
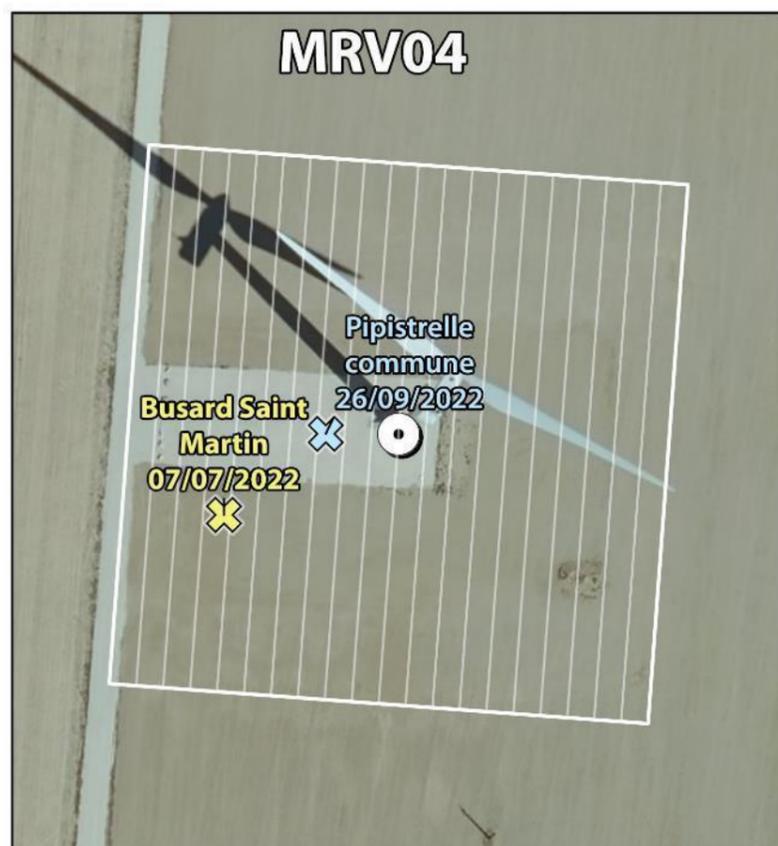
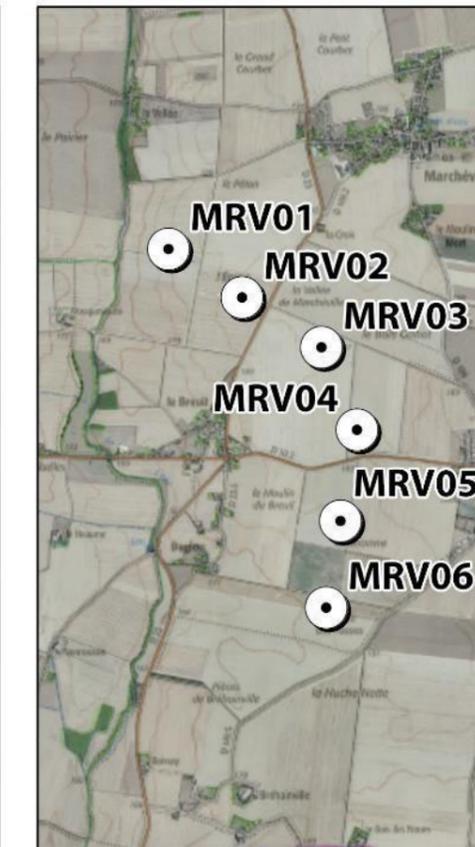
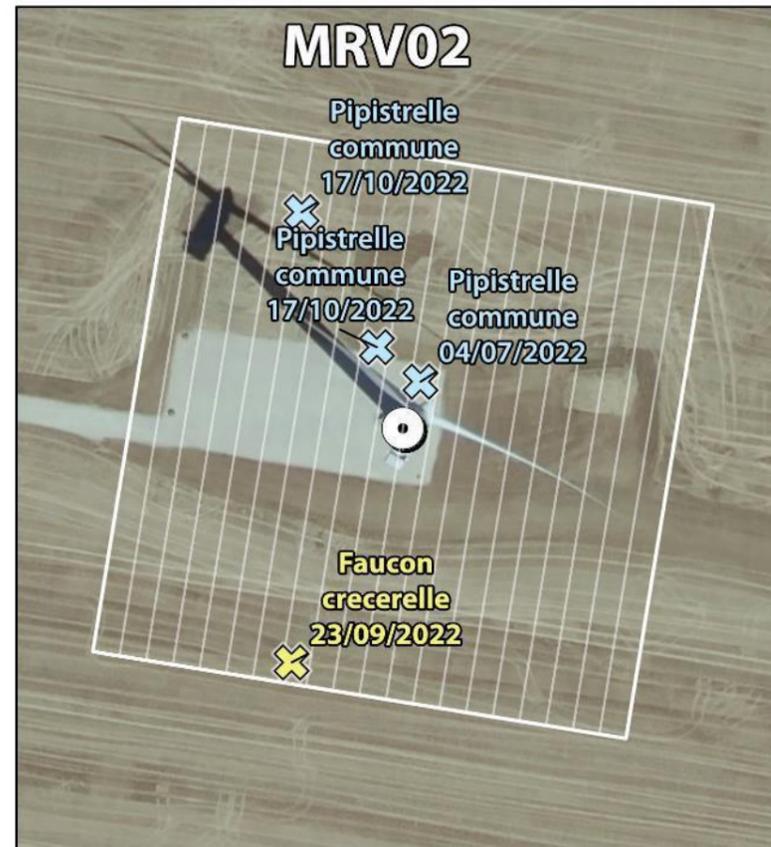
En période de nidification des oiseaux, de mouvements pré-nuptiaux et de parturition des chauves-souris, la mortalité brute est nulle.

En période de dispersion des juvéniles et de mouvements post-nuptiaux précoces, la mortalité concerne 1 oiseau et 4 chauves-souris.

En fin d'été et en automne, période d'envol des jeunes et de migration post-nuptiale, la mortalité est la plus importante et concerne 4 oiseaux et 11 chauves-souris. La répartition des cadavres dans le temps au cours de cette période est régulière, notamment chez les chiroptères.

La mortalité constatée en 2022 sur le parc de Marchéville se compose ainsi de :

- 5 oiseaux appartenant à 5 espèces : 1 Busard Saint-Martin [local], 1 Gobemouche noir [migrateur], 1 Goéland brun [migrateur], 1 Faucon crécerelle [migrateur probable] et 1 Pigeon biset [local] ;
- 15 chiroptères appartenant à 3 espèces : 2 Noctules de Leisler [1 locale, 1 migratrice], 11 Pipistrelles communes [locales] et 2 Pipistrelles de Nathusius [migratrices].



5.2 VARIABLES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE

5.2.1 PERSISTANCE DES CADAVRES

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

Si une disparition rapide des carcasses est observée, avec une fréquence de prospection trop élevée, les carcasses disparaissent avant le passage des observateurs. Dans ce cas, le temps moyen de persistance est faible et la mortalité certainement sous-évaluée. Ce paramètre engendrera un biais dans le calcul de l'estimation de mortalité.

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

Taux de persistance des leurres déposés au pied des éoliennes

		J+1		J+3		J+6		J+9		J+12		J+15	
		p	Tm										
Moyenne (48 leurres)	P1	0,71	0,85	0,46	2,02	0,25	3,08	0,21	3,77	0,21	4,40	0,21	5,02
	P2	0,79	0,90	0,54	2,23	0,17	3,29	0,04	3,60	0,04	3,73	0,00	3,79
	Moy	0,75	0,88	0,50	2,13	0,21	3,19	0,13	3,69	0,13	4,06	0,10	4,41

Tm j+6 = temps moyen de persistance (en jours) durant un intervalle de 6 jours

p j+6 = taux de persistance durant l'intervalle (proportion de cadavres présents après 6 jours)

Les résultats bruts des tests de persistance ont été implémentés dans l'application GenEst, en indiquant pour chaque faux-cadavre utilisé le dernier jour d'observation et le premier jour où il a été noté disparu/prédaté. Une probabilité de persistance « r » a ensuite été modélisée à partir de modèles statistiques dits d'analyse de survie et basés sur la méthode du maximum de vraisemblance¹⁵. Cette variable « r » correspond à la probabilité estimée qu'un cadavre qui arrive à un instant aléatoire et uniforme dans l'intervalle de x jours persiste jusqu'à la fin de cet intervalle. La variable « période » a été considérée et retenue comme variable influençant la persistance dans le cas de ce parc. Ces valeurs sont ensuite utilisées par l'application pour les estimations globales présentées au chapitre 5.3.2.

Probabilité de persistance r calculée avec GenEst

GenEst	Médiane [IC 10 - 90%]	
	Période 1	Période 2
Probabilité de persistance à j+3 (r)	0,73 [IC 80 % : 0,64 - 0,81]	0,75 [IC 80 % : 0,67 - 0,82]
Probabilité de persistance à j+7 (r)	0,53 [IC 80 % : 0,43 - 0,62]	0,46 [IC 80 % : 0,39 - 0,54]

¹⁵ Dalthorp, D., Madsen, L., Huso, M., Rabie, P., Wolpert, R., Studyvin, J., Simonis, J., and Mintz, J., 2018, GenEst statistical models—A generalized estimator of mortality: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 7, chap. A2, 13 p., <https://doi.org/10.3133/tm7A2>.

Dans le cadre de ce suivi et au regard de l'intervalle réalisé entre les passages (3 j) aux deux périodes, les valeurs moyennes de persistance des cadavres « non naturels » sont :

- **Temps moyen de persistance (Tm) : 5,0 j** (période 1) et **3,8 j** (période 2) ;
- **Taux de persistance (p) : 46 %** à j+3 (période 1) et **54 %** à j+3 (période 2) ;
- **Probabilité de persistance (r) : 0,73** [IC 80 % : 0,64 - 0,81] à j+3 (période 1) et **0,75** [IC 80 % : 0,67 - 0,82] à j+3 (période 2).

La persistance est bonne sur l'ensemble du suivi, avec une légère différence non significative entre les deux périodes. L'intervalle réduit entre les passages (un passage tous les 3 j) permet de couvrir le temps moyen de persistance, d'obtenir des estimations relativement fiables et de limiter le degré d'imprécision, n'induisant pas de biais majeur sur les analyses de mortalité réelle.

5.2.2 EFFICACITE DE L'OBSERVATEUR OU DETECTABILITE

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

Dans des conditions normales de recherche, **63 leurres ont été retrouvés par l'observateur sur les 80 disposés** au sein des différents types de végétation.

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

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

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

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

GenEst		Médiane [IC 10 - 90%]	
		Période 1	Période 2
Taux d'efficacité (d)	Bonne	0,93 [IC 80 % : 0,85 - 0,96]	0,67 [IC 80 % : 0,53 - 0,78]
	Moyenne		0,63 [IC 80 % : 0,46 - 0,76]
	Toutes visibilités	0,93 [IC 80 % : 0,85 - 0,96]	0,65 [IC 80 % : 0,55 - 0,74]

Le taux moyen d'efficacité (ou de détection) est plus élevé en période 1 qu'en période 2 :

- 93 % [IC 80 % : 85 - 96 %] en période 1, soit un très bon taux ;
- 65 % [IC 80 % : 55 - 74 %] en période 2, soit un taux moyen.

La différence de taux d'efficacité entre les deux périodes est significative, avec une baisse constatée en période 2 où deux classes de visibilité ont été testées.

Classiquement, on notera que la détectabilité est moins bonne dans les surfaces de moyenne visibilité. Ici, la différence d'efficacité entre les visibilités bonne et moyenne en période 2 n'est pas significative. Il est par ailleurs intéressant de noter que le taux de détection est significativement plus faible en période 2 qu'en période 1 sur les surfaces de bonne visibilité.

Ce résultat contribue à réduire le taux moyen d'efficacité de manière significative, impliquant un biais qui sera pris en compte dans les estimations.

Les parcelles de visibilité moyenne, quant à elles, représentaient une faible superficie entre août et octobre. De ce fait, ces résultats ne constituent pas un biais majeur pour la suite des estimations.

5.2.3 AJUSTEMENT DE LA SURFACE REELLEMENT CONTROLEE

Les surfaces de prospection sont globalement variables au cours de l'année, avec une distinction liée au contexte agricole dans lequel s'inscrit le parc (avant/après moissons).

Les coefficients ont ainsi été calculés selon deux périodes (détails en annexe 2).

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

Surface moyenne prospectée par éolienne et par période en 2022

Éolienne	Surface moyenne prospectée (%)		
	Période 1 (02/05 -> 31/07)	Période 2 (03/08 -> 29/10)	Moyenne sur l'ensemble du suivi :
MRV01	28 %	84 %	55 %
MRV02	30 %	100 %	65 %
MRV03	41 %	100 %	70 %
MRV04	41 %	100 %	70 %
MRV05	47 %	100 %	73 %
MRV06	45 %	100 %	72 %
Moyenne sur l'ensemble du parc :	39 %	97 %	68 %

La proportion de surface prospectée moyenne, telle que demandée par l'application EolApp pour l'utilisation des formules d'Erickson, Huso et Jones, est celle moyennée sur l'ensemble du parc, à savoir 68 %, qui est renseignée dans l'application EolApp. L'application GenEst, quant à elle, différencie la surface moyenne prospectée pour chaque éolienne et par période.

Les éoliennes du parc de Marchéville sont implantées dans des milieux ayant été préférentiellement cultivés en 2022. Il s'agit d'un mélange de cultures de début d'été (blé, orge, colza). Il en sort une surface de prospection hétérogène entre les périodes 1 et 2, mais assez homogène pour chaque période sur l'ensemble des éoliennes.

La surface de prospection est bonne sur l'ensemble du suivi (68 %), voire très bonne au cours de la seconde période (97 %). Cette surface est cependant nettement plus faible pour la première période (39 %). Elle est assez homogène entre les éoliennes en période 1 et 2. La période des moissons a globalement eu lieu au même moment entre les 6 éoliennes, du 28/06/2022 au 22/07/2022.

Le biais induit par la diminution de la probabilité de découverte des cadavres autour des machines est plutôt important en première période de suivi et très faible en seconde période. Toutes les éoliennes du parc ont une surface moyenne prospectée supérieure à 40 % sur l'ensemble du suivi, limite définie pour avoir des estimations statistiques particulièrement robustes (Behr et al., 2011). En première période de l'année, seules les éoliennes MRV01 et MRV02 ont des niveaux de prospection inférieurs à 40 %, mais les 6 éoliennes sont en réalité très proches de ce seuil. En seconde période, ces niveaux sont très bons et compris entre 84 et 100 %.

La surface de prospection représente donc un biais localisé en période 1, qui sera pris en compte pour l'interprétation des résultats.

5.2.4 FAISABILITE DES ESTIMATIONS DE LA MORTALITE

Les différentes variables calculées sont censées permettre de corriger les résultats afin d'exprimer une estimation de la mortalité à l'échelle des éoliennes et des période suivies. Il est néanmoins nécessaire d'analyser si ces paramètres sont suffisamment robustes et représentatifs pour éviter d'aboutir à des estimations trop aléatoires et ininterprétables. Écosphère analyse la robustesse de ces paramètres au regard des nombreuses données internes disponibles (suivis de parcs dans des conditions équivalentes et avec des méthodologies proches) et vis-à-vis des conséquences des potentiels biais des variables calculées.

Le nombre brut de cadavres est tout d'abord analysé, indépendamment de la représentativité des surfaces échantillonnées et de la persistance locale. Si estimation statistique il y avait, il serait nécessaire de traiter les données des différentes périodes indépendamment pour des raisons strictement mathématiques (éventuelles différences d'intervalle entre les passages, de surface prospectée, de persistance, voire d'efficacité) mais également d'analyse des résultats (paramètres de bridages variables entre les périodes, écologie des espèces différente). De la même façon, il est intéressant de traiter indépendamment oiseaux et chauves-souris (écologies et mesures différentes). Cela implique un éclatement du jeu de données brut qui peut s'avérer trop faible pour des estimations fiables.

- Sur l'ensemble des 6 éoliennes suivies, 20 cadavres ont été découverts : 5 en période 1 et 15 en période 2. Ainsi, la mortalité peut être corrigée pour chacune des périodes ;
- Parmi ces 20 cadavres, on trouve 15 chauves-souris et 5 oiseaux. La distinction par groupe impacté est donc réalisable ;
- Sur l'ensemble des 6 éoliennes suivies, 1 oiseau et 4 chauves-souris ont été découverts en première période, ainsi que 4 oiseaux et 11 chauves-souris en seconde période. La distinction combinée par groupe et par période est donc réalisable, mais les résultats seront peu fiables en période 1 pour le groupe des oiseaux, le jeu de données brut étant insuffisant pour obtenir des estimations robustes ;
- Parmi les 20 cadavres, un seul a été découvert en visibilité moyenne. La distinction par classe de visibilité dans les estimations de la mortalité réelle n'est donc pas favorable pour ce jeu de données ;
- Enfin, les estimations par éolienne sont peu robustes car le jeu de données est globalement insuffisant pour la moitié des éoliennes (2 cadavres sur MRV03, MRV04 et MRV06, contre 4 à 5

cadavres sur MRV01, MRV02 et MRV05). Ainsi, **les résultats seront globalement peu fiables et un biais est à prévoir. Ces estimations permettront surtout de mieux comprendre l'impact des biais surfaciques.**

Concernant **l'efficacité de la recherche**, l'observateur ayant réalisé les passages du suivi de la mortalité a été testé. Une méthodologie standardisée a été suivie. **L'efficacité de recherche est modérée à bonne sur l'ensemble du suivi, bien que des incertitudes soient générées en seconde période, où l'efficacité est moins élevée qu'en première période. Des biais sont donc à prévoir en seconde période.**

S'agissant de **la persistance**, les tests ont été effectués de façon standardisée aux deux périodes suivies. L'échantillon de cadavres posés est suffisamment grand pour considérer que les tests sont représentatifs. Différents types de leurres ont été posés (souris et poussins) pour intégrer une différence de persistance entre les chauves-souris et les oiseaux. L'intégration de la persistance locale mesurée d'après ces leurres dans les applications permettra de corriger avec fiabilité les différentes estimations par groupe impacté. La persistance est bonne sur l'ensemble du suivi du parc, sans différence significative entre les deux périodes. **L'intervalle court entre deux passages tout au long du suivi (3 j) permet de couvrir le temps moyen de persistance, n'induisant de ce fait aucun biais majeur dans les estimations.**

Enfin, s'agissant des **surfaces prospectées**, une nette différence apparaît entre les deux périodes, bien qu'elles soient jugées bonnes en moyenne sur l'ensemble du suivi et du parc (68 %). Des biais majeurs doivent être considérés sur la première période avec une surface moyenne de prospection de 39 %. La seconde période présente néanmoins une meilleure représentativité sur ce paramètre, la majorité des cultures autour des machines ayant été moissonnées à partir de juillet. Ainsi, la surface de prospection moyenne est de 97 %, ce qui est très bon et permet des estimations suffisamment robustes.

Pour chaque éolienne, la surface de prospection est supérieure à 40 % sur l'ensemble du suivi et nettement supérieure sur la seconde période. En première période, elle est également supérieure à 40 % sauf pour les éoliennes MRV01 et MRV02 où elle est mauvaise (respectivement 28 % et 30 %). Ce biais doit donc être intégré aux réflexions autour des résultats bruts et estimés.

En conséquence de tous ces éléments, **des estimations statistiques ont été poursuivies sur les deux périodes, en scindant les estimations oiseaux de celles des chiroptères sur le suivi complet.** Des estimations par éolienne ont également été effectuées afin de permettre, principalement, de mieux comprendre l'impact des biais surfaciques.

5.2.5 CORRECTIF LIE A LA PERIODE D'ETUDE

Les estimations de la mortalité ont été réalisées sur la base des 61 passages compris entre les semaines 18 à 43 (début mai à fin octobre).

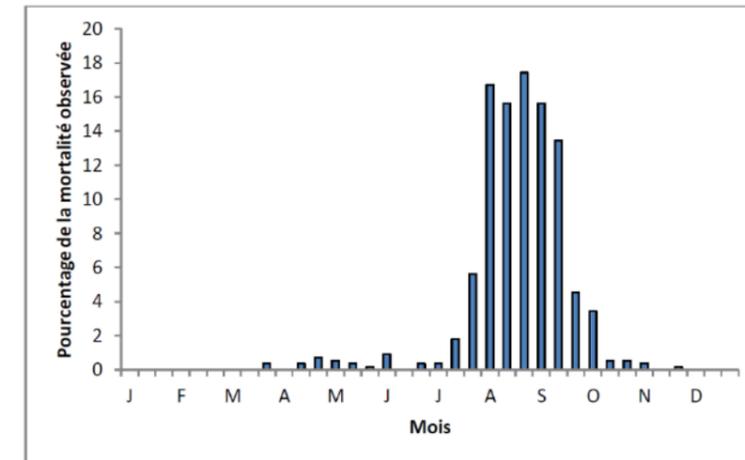
Cette période correspond à l'ensemble de la période d'activité des chauves-souris et, pour les oiseaux, couvre une partie de la migration prénuptiale, la période de reproduction et une grande majorité de la migration postnuptiale. Toutefois, des cas de mortalité se produisent également en dehors de cette période suivie, notamment pour les oiseaux migrants tardivement en automne ou précocement au printemps ou encore pour des hivernants locaux.

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 <i>et al.</i> , 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 <i>et al.</i> , 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 *et al.*, 2009). Ces données ont été reprises dans le graphique par Ecosphère (Heitz & Jung, 2017) pour disposer de pourcentages par décades.



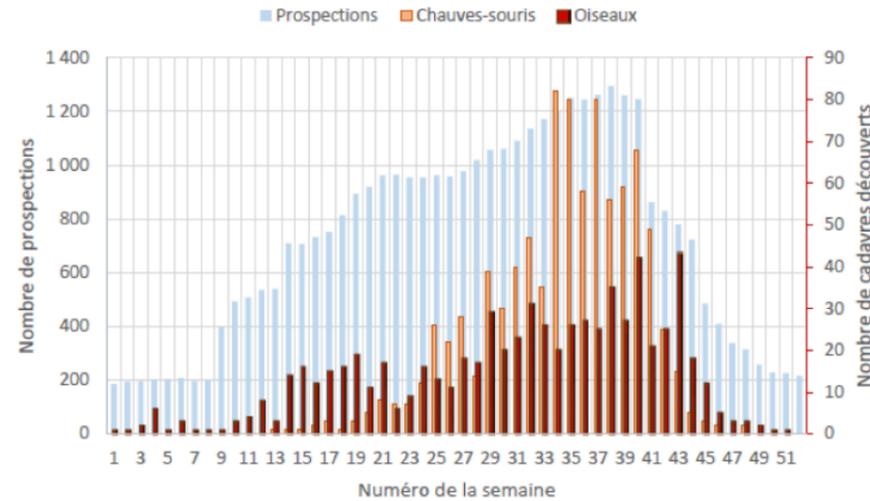
Répartition temporelle des cadavres de chauves-souris récoltés (données Dürr, 2007, in Jones *et al.*, 2009 ; graphique Heitz & Jung, 2017)

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 en 2022 (2^{ème} colonne)

Pourcentage de mortalité (toutes espèces)	Chiroptères		Oiseaux	
Avril à juillet (semaines 13 à 30) => migration pré-nuptiale, période de reproduction	20 %	4 cadavres, soit 27 %	25 %	1 cadavre, soit 20 %
Août à octobre (semaines 31 à 43) => migration post-nuptiale, mouvements locaux	75 %	11 cadavres, soit 73 %	50 %	4 cadavres, soit 80 %
Reste de l'année (novembre à avril)	5 %	Pas de suivi	25 %	Pas de suivi

Ainsi, sur la base des données bibliographiques et des résultats recueillis en 2022, **il apparaît que les résultats de suivi obtenus sur le parc de Marchéville sont globalement représentatifs de la répartition temporelle classique des cadavres, notamment chez les chauves-souris.** Concernant les oiseaux, une proportion plus importante de cadavres a été observée en période post-nuptiale comparé au taux de répartition classique.

Basés sur une compilation de différentes sources bibliographiques, ces coefficients correcteurs ne peuvent être directement appliqués à nos calculs et sont présentés ci-dessus à titre indicatif. Toutefois, ils illustrent un fait important : **le suivi de la mortalité concerne la majeure partie du cycle biologique de la faune volante mais la mortalité engendrée par les éoliennes en dehors des périodes de suivi est inconnue.** Par ailleurs, il peut exister des variables locales qui font que la mortalité sur certains parcs n'est pas comparable à la bibliographie connue. **Les estimations réalisées concernent uniquement la période suivie (correspondant à la période présentant le risque d'impact majeur, selon la**

bibliographie et les études précédentes réalisées sur le parc, voir chapitres 2.4 et 3.2.1.2). Aucune extrapolation fiable de la mortalité estimée ne peut néanmoins être réalisée sur la période non suivie.

5.3 ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE

Les estimations de la mortalité du parc ont été calculées avec les formules de **Jones, Huso et Erickson** par le biais de l'application **EolApp (Besnard & Bernard)**. L'utilisation conjointe de ces trois formules permet de comparer les résultats obtenus. En effet, bien que les modèles utilisés soient identiques, quelques différences existent. En situation de persistance courte (moins de 4 jours), le modèle d'Erickson étant connu pour sous-estimer la mortalité par rapport aux modèles plus récents d'Huso et Jones (cf. partie Méthodes de travail 3.2.3.2), ce dernier est seulement présenté à titre informatif.

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

En outre, EolApp et GenEst permettent d'obtenir un résultat encadré par un **intervalle de confiance de 80 % (bornes à 10 % et 90 %)**. Les différents paramètres pris en compte sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Récapitulatif des différents paramètres généraux pris en compte pour les estimations

Paramètres	Marchéville - 2022		
	Période du suivi	P1	P2
	début mai - fin octobre 2022	début mai - fin juillet 2022	début août - fin octobre 2022
Nbre d'éoliennes suivies	6		
C (nombre de cadavres brut découverts sous les éoliennes dans un carré de 100 m de côté)	20 (5 oiseaux et 15 chiroptères)	5 (1 oiseau et 4 chiroptères)	15 (4 oiseaux et 11 chiroptères)
d (taux de détection moyen)	0,79	0,93	0,65
p (taux de persistance durant l'intervalle)	0,50 (j+3)	0,46 (j+3)	0,54 (j+3)
Tm (durée moyenne de persistance durant l'intervalle)	4,4 jours	5,0 jours	3,8 jours
r (probabilité de persistance)	-	0,73 [IC 80 % : 0,64 - 0,81] (j+3)	0,75 [IC 80 % : 0,67 - 0,82] (j+3)
l (intervalle moyen entre 2 visites)	3,0 jours	3,0 jours	3,0 jours
n (nombre de passage)	61	31	30
Sk (surface prospectée moyenne)	68%	39%	97%

5.3.1 ESTIMATIONS DE LA MORTALITE AVEC EOLAPP

Le tableau suivant présente les résultats des estimations de la mortalité réelle pour le parc de Marchéville (6 éoliennes) sur l'ensemble de la période du suivi (de début mai à fin octobre 2022, sur 61 passages). La distinction par groupe impacté a également été réalisée.

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

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

EolApp	Estimation	Période	Mortalité brute	Correction surfacique (Huso)		Correction surfacique (Jones)		Correction surfacique (Erickson)			
				Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]	Médiane	[IC 10 - 90%]		
				Chiroptères	Ensemble de la période du suivi	15	41,8	27,5	59,5	43,3	28,4
Oiseaux	5	13,7	6,2	22,7		14,1	6,5	23,6	7,9	3,7	13,9
Chiroptères et oiseaux	20	56,5	38,3	77,1		58,4	39,5	80,4	32,6	21,1	48,6

Le modèle d'Huso donne une valeur médiane de la mortalité d'environ **42 chauves-souris [IC 80 % : 28 - 60] et 14 oiseaux [IC 80 % : 6 - 23] impactés sur l'ensemble du parc et sur l'ensemble du suivi, avec une médiane totale d'environ 57 cadavres [IC 80 % : 38 - 77].**

Le modèle de Jones donne une valeur médiane de la mortalité d'environ **43 chauves-souris [IC 80 % : 28 - 62] et 14 oiseaux [IC 80 % : 7 - 24] impactés sur l'ensemble du parc et sur l'ensemble du suivi, avec une médiane totale d'environ 58 cadavres [IC 80 % : 40 - 80].**

Les intervalles de confiance obtenus pour Jones et Huso attestent d'une importante précision de l'estimation statistique pour les oiseaux, et d'une assez bonne précision pour les chauves-souris et l'ensemble des taxons. Les modèles de Jones et d'Huso donnent des résultats globalement similaires.

Les biais induits dans les estimations (l'absence d'intégration des différences de surfaces prospectées entre les éoliennes étant le principal) conduisent à des estimations pouvant être peu précises. Ici, ces estimations semblent correctes. Une intégration détaillée des variables dans les modélisations peut permettre d'affiner ces estimations et ainsi les rendre plus justes, c'est la méthode de GenEst présentée au chapitre suivant.

5.3.2 ESTIMATIONS DE LA MORTALITE AVEC GENEST

Le tableau suivant présente les résultats des estimations de la mortalité réelle pour le parc de Marchéville par période (de début mai à fin juillet et de début août à fin octobre 2022) puis par groupe faunistique, obtenus à partir des modélisations faites avec GenEst (Dalthorp et al. 2019).

En annexe 6, est précisé le détail des choix retenus pour les modélisations opérées par GenEst afin d'ajuster au mieux les estimations au jeu de données du parc.

Résultats des estimations de la mortalité réelle obtenus avec GenEst

Les valeurs grisées correspondent aux résultats peu fiables et à ne pas prendre en compte sans d'importantes précautions. Les valeurs affichées sont des médianes calculées indépendamment, elles ne peuvent donc s'additionner (ex : 40,6 chiroptères + 11,1 oiseaux ≠ 52 individus au total)

GenEst	Chiroptères	Période	Mortalité brute	Médiane	[IC 10 - 90%]		Ensemble du suivi
					Période 1	4	
Période 2	11	21,5	15,2	29,0	[IC 80 % : 28,4 - 54,1]		

	Période	Mortalité brute	Médiane	[IC 10 - 90%]		Ensemble du suivi
Oiseaux	Période 1	1	3,4	1,0	7,4	11,1 [IC 80 % : 6,2 - 16,7]
	Période 2	4	7,7	4,4	11,2	
Chiroptères et oiseaux	Période 1	5	21,7	11,5	35,1	52 [IC 80 % : 38 - 66,8]
	Période 2	15	29,1	21,4	38,4	

Les intervalles de confiance obtenus pour ces différentes estimations (ensemble du suivi, par période et par groupe) attestent d'une assez bonne précision globalement. Les estimations obtenues peuvent être considérées comme fiables, hormis pour les oiseaux en période 1 en raison du nombre de cadavres découverts très restreint.

Certaines estimations semblent cependant biaisées en raison des principaux facteurs suivants :

- les surfaces prospectées sont inférieures à 40 % en période 1 sous les éoliennes MRV01 et MRV02 et globalement moyennes sous les autres éoliennes à cette période ;
- le taux d'efficacité est modéré en période 2 et significativement plus faible qu'en période 1 ;
- **un seul cadavre d'oiseau a été découvert en période 1**, ce qui peut s'expliquer soit par l'influence du paramètre cité précédemment, soit par une faible mortalité réelle sur le parc ; ces deux éléments ont probablement tous les deux une influence.

Pour les chauves-souris, les estimations de mortalité réelle sont plus fiables en période 2 qu'en période 1, avec un intervalle de confiance plus resserré autour de la médiane.

- En période 1, les estimations semblent surévaluées. Le principal facteur d'explication concerne les surfaces de prospection relativement faibles à cette période. A ce biais s'ajoute, dans une moindre mesure mais non négligeable, un jeu de données brut limité à 4 cadavres. Ces facteurs induiraient donc une surestimation de la mortalité réelle.
- En période 2, le jeu de données brut comprend un nombre relativement important de cadavres, et le seul biais observé durant cette période correspond au taux d'efficacité modéré. Ces facteurs permettent néanmoins d'obtenir des estimations suffisamment robustes et a priori correctes ;

La mortalité des oiseaux constatée sur le parc en période 1 étant très faible (un seul cadavre trouvé, le 7 juillet), aucune estimation statistique n'est retenue à cette période sur la base de cet unique cadavre. La faible surface de prospection sur cette période est probablement responsable de ce faible nombre de découvertes. En période 2, la mortalité brute est de 4 cadavres ce qui reste limité. Malgré cela, les estimations de mortalité réelle semblent fiables et correctes, en raison de l'intervalle de confiance obtenu et d'un unique biais lié à la détectabilité moyenne.

Sur l'ensemble du suivi, les biais sont faibles à modérés, essentiellement liés aux surfaces prospectées en période 1 et au taux d'efficacité en période 2. Le nombre brut total de cadavres permet des estimations statistiques suffisamment robustes pour être considérées dans les analyses. Les estimations globales de mortalité peuvent être considérées comme fiables, avec un intervalle de confiance raisonnable. Elles semblent cependant légèrement surévaluées pour les chauves-souris (dû aux résultats de la première période).

Les analyses réalisées avec GenEst donnent des résultats plus précis qu'EolApp pour lesquels les conditions d'estimation ont pu être finement adaptées aux conditions locales du site (variabilité par groupe sur l'ensemble des paramètres).

La mortalité estimée sur l'ensemble du suivi est donc de **52 cadavres [IC 80 % : 38 - 67]**, répartis comme suit :

- **41 chauves-souris [IC 80 % : 28 - 54]**, néanmoins une analyse de ces estimations montre que la réalité semble plus proche de la tranche basse de l'intervalle en raison de plusieurs biais liés essentiellement aux surfaces prospectées. On considérera donc plutôt une **mortalité comprise entre 28 et 41 chauves-souris**, soit de l'ordre de 5 à 7 individus par éolienne ;
- **11 oiseaux [IC 80 % : 6 - 17]**, cette estimation étant jugée correcte, avec une mortalité de l'ordre de 1 à 3 individus par éolienne.

5.4 CONCLUSION DU SUIVI DE LA MORTALITE

Le deuxième suivi réalisé sur le parc de Marchéville a fait l'objet de **61 passages répartis entre le 2 mai et le 29 octobre 2022**, avec un **intervalle moyen entre les passages de 3,0 jours**. Les **6 éoliennes** du parc ont été suivies dans un **carré de 100 m par 100 m** autour du mât.

La **surface moyenne de prospection est de 65 % sur l'intégralité du suivi**, moyenne en période 1 et bonne en période 2, et relativement homogène entre les 6 éoliennes.

Les tests de détection réalisés montrent une **délectabilité moyenne de 79 %**.

Le **temps moyen de persistance (Tm)** est de **5,0 j** (période 1) et **3,8 j** (période 2). Le **taux de persistance (p)** est de **46 %** à j+3 et **54 %** à j+3 (période 2). La **probabilité de persistance (r)** est de **0,73** [IC 80 % : 0,64 - 0,81] à j+3 (période 1) et **0,75** [IC 80 % : 0,67 - 0,82] à j+3 (période 2). La persistance est bonne sur l'ensemble du suivi, avec une légère différence non significative entre les deux périodes. L'intervalle réduit entre les passages (un passage tous les 3 j) permet d'obtenir des estimations particulièrement fiables et de limiter le degré d'imprécision.

Sur le parc de Marchéville, **20 cadavres** ont été découverts, dont **5 oiseaux et 15 chauves-souris** :

- **5 oiseaux appartenant à 5 espèces** : 1 Busard Saint-Martin [local], 1 Gobemouche noir [migrateur], 1 Goéland brun [migrateur], 1 Faucon crécerelle [migrateur probable] et 1 Pigeon biset [local] ;
- **15 chiroptères appartenant à 3 espèces** : 2 Noctules de Leisler [1 locale, 1 migratrice], 11 Pipistrelles communes [locales] et 2 Pipistrelles de Nathusius [migratrices].

Les cadavres découverts sont **distribués de manière relativement homogène entre les 6 éoliennes, notamment chez les chauves-souris. Chez les oiseaux, la répartition est toutefois plus hétérogène**. Concernant les chiroptères, on peut distinguer les éoliennes MRV01 et MRV05 les plus accidentogènes (respectivement 5 et 4 individus), suivies de près par l'éolienne MRV02 avec 3 individus, des autres éoliennes avec entre zéro et 2 individus impactés. Concernant les oiseaux, l'éolienne MRV06 dénombre le plus de cas de mortalité (2 individus), tandis que les autres éoliennes oscillent entre zéro et un individu impacté.

En période de nidification des oiseaux, de mouvements prénuptiaux et de parturition des chauves-souris, la mortalité brute est nulle. En période de dispersion des juvéniles et de mouvements postnuptiaux précoces, la mortalité concerne 1 oiseau et 4 chauves-souris. **En période d'envol des jeunes et de migration postnuptiale, la mortalité est la plus importante** avec 4 oiseaux et 11 chauves-

souris découverts. La plupart sont des individus locaux (Pipistrelles communes notamment). Les autres sont des migrants ou migrants probables.

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

Ils ont également été analysés à partir de l'application « GenEst », développée par Huso & Dalthorp (USGS). Les résultats obtenus avec cette seconde méthode ont été conservés car elle permet un ajustement plus fin aux conditions réelles de suivi.

La mortalité estimée pour sur l'ensemble du suivi est donc de **52 cadavres [IC 80 % : 38 - 67]**, répartis comme suit :

- **41 chauves-souris [IC 80 % : 28 - 54]**, néanmoins une analyse de ces estimations montre que la réalité semble plus proche de la tranche basse de l'intervalle en raison de plusieurs biais liés essentiellement aux surfaces prospectées. On considérera donc plutôt une **mortalité comprise entre 28 et 41 chauves-souris**, soit de l'ordre de 5 à 7 individus par éolienne ;
- **11 oiseaux [IC 80 % : 6 - 17]**, cette estimation étant jugée correcte, avec une mortalité de l'ordre de 1 à 3 individus par éolienne.

Au regard de la mortalité brute, la période de plus forte mortalité est la période postnuptiale (août-octobre), avec notamment un plus grand nombre de cadavres de chauves-souris. Dans l'ensemble, les estimations de la mortalité réelle entre les deux périodes peuvent être retenues ici, étant suffisamment représentatives des observations de terrain malgré certains biais.

Sur les éoliennes non bridées (MRV01, MRV02 et MRV03), la mortalité des chauves-souris est significative, avec 10 cadavres découverts (4 en juillet et 6 en période postnuptiale). Sur les éoliennes bridées (MRV04, MRV05 et MRV06), la mortalité des chauves-souris est deux fois moins importante mais reste significative, avec 5 cadavres tous découverts en période postnuptiale, dont 3 cadavres en octobre (2 Pipistrelles de Nathusius et 1 Pipistrelle commune). Le bridage nocturne a globalement été efficace en permettant de réduire les impacts de l'alignement sud du parc, à l'exception du mois d'octobre.

Pour rappel, **le premier suivi environnemental réalisé en 2021 (15/04 au 29/10/2021) sur les 6 éoliennes du parc a fait état d'une mortalité moyenne non corrigée de 5 cadavres par éolienne** (27 cadavres avaient été découverts, dont 6 oiseaux et 21 chauves-souris). Si l'on considère les résultats du suivi de 2022 (02/05 au 29/10/2022), la mortalité moyenne globale est plus faible (20 cadavres au total, dont 5 oiseaux et 15 chauves-souris). La répartition des cadavres est toutefois différente : dans l'ensemble, les éoliennes MRV01, MRV02 et MRV05 sont les plus mortifères en 2022 (4 à 5 individus chacune) que les trois autres éoliennes (2 individus chacune). En 2021, tous les cadavres, à l'exception d'une chauve-souris, ont été découverts sous MRV04, MRV05 et MRV06. La même tendance est constatée pour la mortalité réelle estimée : sur l'ensemble du suivi et du parc, elle est plus faible en 2022 (41 chauves-souris [IC 80 % : 28 - 54] ; 11 oiseaux [IC 80 % : 6 - 17]) qu'en 2021 (195 cadavres de chauves-souris [IC 80 % : 111 - 436] ; 12 cadavres d'oiseaux [IC 80 % : 8 - 19]). Cette diminution de mortalité brute et réelle estimée en 2022 peut s'expliquer par la mise en place d'un bridage à l'issue du suivi de 2021 sur les éoliennes MRV04, MRV05 et MRV06.



6. RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE LA FREQUENTATION CHIROPTEROLOGIQUE ET AVIFAUNISTIQUE

6.1 RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE LA FREQUENTATION DES CHAUVES-SOURIS

Aucune chauve-souris n'a été observée dans les zones accessibles des églises. Du guano semblant ancien a été découvert mais en faible quantité, suggérant ainsi la présence d'individus isolés et l'absence de colonies de reproduction. Des grillages destinés à empêcher la présence de pigeons ont probablement contraint l'installation des chauves-souris.

Aucune chauve-souris n'a été trouvée dans le corps de ferme situé dans le hameau de Bréhainville. Du guano plutôt ancien a été découvert dans un grenier. Il est possible que l'installation de Chouettes effraies dans le corps de ferme ait contribué à provoquer l'abandon du gîte par les chauves-souris.

Enfin, l'activité chiroptérologique analysée lors du point d'écoute active a fait état d'une seule espèce contactée : la Pipistrelle commune. Cette espèce très commune présente une sensibilité à l'éolien forte.

Au regard des résultats des suivis de mortalité de 2021 et 2022 et des prospections menées en parallèle, il a été préconisé l'installation de gîtes à Pipistrelles au cours de l'année 2023 dans des villages environnant le parc éolien, afin de favoriser l'installation de colonies dans les communes situées aux abords du parc. Des prospections complémentaires sont prévues dans un rayon de plus de 2 km autour du parc, afin de localiser les secteurs propices à l'installation des chauves-souris.

6.2 RESULTATS ET INTERPRETATIONS DU SUIVI DE LA FREQUENTATION DES OISEAUX

6.2.1 SUIVI DE L'AVIFAUNE EN MIGRATION PRENUPTIALE

Un total de 17 espèces d'oiseaux a été recensé, notées en migration active, en halte migratoire ou bien en recherche de site de nidification. Notons la présence du Busard Saint-Martin, de la Buse variable, du Faucon crécerelle et de la Mouette rieuse (sensibilité au risque de collision assez forte), du Busard des roseaux et du Héron cendré (sensibilité moyenne). La plupart des individus ont été observés traversant le parc éolien, à moins de 40 m de hauteur en général.

Seuls les migrants précoces n'ont pas pu être inventoriés, aucune prospection n'ayant eu lieu en février-mars 2022.

6.2.2 SUIVI DE L'AVIFAUNE NICHEUSE

Au total, 20 espèces ont été contactées. Parmi les espèces nicheuses dans la zone d'étude, notons notamment la présence des Bruants des roseaux et jaune (espèces à enjeu régional assez fort et moyen respectivement, mais de sensibilité à l'éolien négligeable) dans l'aire de 500 m de rayon, du Faucon crécerelle, du Busard des roseaux et de la Buse variable (sensibilité moyenne à assez forte comme

indiqué plus haut) dans l'aire de 2 km de rayon, ainsi que du Busard Saint-Martin (sensibilité assez forte, cadavre découvert lors du suivi de mortalité de 2022 à cette période) dans les deux aires de prospection.

Un couple de Busard Saint-Martin a niché entre les éoliennes MRV03 et MRV04 à environ 400 m des machines. Un deuxième couple a niché à environ 800 m au nord-ouest de l'éolienne MRV01. Un couple de Busard des roseaux a niché à environ 1,2 km au sud-est de l'éolienne MRV06. Ces deux espèces sont inféodées aux milieux agricoles, nichant au sol dans les cultures céréalières notamment. Les habitats présents aux alentours du parc éolien sont propices à la nidification, à l'alimentation et au déplacement de ces espèces. La Buse variable et le Faucon crécerelle utilisent également ces habitats à proximité du parc pour s'alimenter et se déplacer. Un couple de Buse variable a probablement niché à environ 1 km à l'est de l'éolienne MRV06. Un deuxième couple a niché à environ 1 km au sud de l'éolienne MRV01. Un couple de Faucon crécerelle a niché à environ 1 km au sud-ouest de l'éolienne MRV06 et un deuxième couple a probablement niché à environ 1,5 km au nord de l'éolienne MRV01.

Une Cigogne noire (sensibilité moyenne à l'éolien) immature a également été observée les 3 et 14 juin, de passage en vol à faible hauteur en direction du nord, en suivant la vallée du Loir située à environ 270 m à l'ouest du parc éolien. Il est intéressant de noter la présence de la Zone de Protection Spéciale (ZPS) « Forêts et étangs du Perche » (code FR2512004) localisée à environ 5,4 km à l'ouest du parc. Ce site Natura 2000 est constitué d'habitats propices à la reproduction de l'espèce. **Le risque de présence de l'espèce au droit des éoliennes peut être considéré comme faible mais non nul du fait :**

- Que la ZPS est particulièrement étendue (47 681 ha) et que le parc éolien se situe à 5,4 km à l'ouest de l'entité la plus excentrée (Bois de la Gâtine, Viel Etang et Etang de la Haute Gâtine) ;
- Que le seul élément favorable à cette espèce à proximité des éoliennes est le Loir (à 270 m), qui peut constituer à la fois un axe de déplacement et une zone de pêche ponctuellement dans ses secteurs les plus favorables ;
- Que le parc éolien n'est pas situé sur un territoire de pêche favorable et ne se trouve pas entre deux milieux favorables, ce qui réduit le risque de traversées du parc.

Néanmoins, des déplacements d'individus migrants et de jeunes en dispersion à proximité du parc éolien sont possibles et un suivi comportemental de cette espèce dans le secteur pourrait permettre d'évaluer plus justement le risque de collision.

6.2.3 SUIVI DE L'AVIFAUNE EN MIGRATION POSTNUPTIALE

Un total de 30 espèces a été recensé au niveau du parc et aux abords proches, en migration active ou en halte migratoire. Les passages migratoires observés ont majoritairement eu lieu sur la moitié nord de l'alignement (MRV01, MRV02 et MRV03). La plupart des oiseaux traversant le parc étaient des passereaux. Des Goélands adultes et immatures ont survolé le parc à haute altitude. La plupart des rapaces ont contourné ou évité le parc. Parmi les 30 espèces, notons le passage migratoire d'un Milan royal (sensibilité à l'éolien forte) ayant eu un comportement d'évitement vis-à-vis du parc en faisant demi-tour au niveau des éoliennes MRV02 et MRV03. Plusieurs espèces de sensibilité assez forte (Aigle botté, Buse variable, Faucons crécerelle, émerillon et pèlerin) et de sensibilité moyenne (Epervier d'Europe, Goéland brun, Héron cendré, Cédicnème criard, Perdrix grise et Vanneau huppé) ont également été observées. Un cadavre de Faucon crécerelle et un de Goéland brun ont par ailleurs été découverts sur le parc en période de migration postnuptiale, respectivement le 23 septembre 2022 sous MRV02 et le 2 septembre 2022 sous MRV05. De gros groupes d'Etourneaux sansonnets, de Pluviers dorés, de Vanneaux huppés, de Tarins des aulnes et de Pinsons du nord ont été notés en vol migratoire, passant notamment à travers le parc. Un cadavre d'Etourneau sansonnet a en outre été découvert lors du suivi de mortalité de 2021. S'agissant de l'Édicnème criard, un dortoir rassemblant 70 individus a

été repéré à environ 1,7 km au nord-est de l'éolienne MRV02 (à l'ouest du bourg de Marchéville) le 13 octobre 2022.

6.2.4 SUIVI DE L'AVIFAUNE HIVERNANTE

Un total de 32 espèces a été noté en période d'hivernage au niveau du parc et aux abords proches, notamment la Buse variable, le Faucon crécerelle et la Mouette rieuse (sensibilité à l'éolien assez forte), ainsi que le Goéland brun, le Héron cendré, la Perdrix grise et le Vanneau huppé (sensibilité moyenne). Les cultures présentes au niveau du parc éolien de Marchéville constituent des sites d'hivernage propices à plusieurs espèces. Des regroupements importants de Pluviers dorés (sensibilité faible) ont par exemple été observés à environ 150 m de l'éolienne MRV06, avec un total de 3500 individus comptabilisés le 9 décembre 2021.

6.2.5 CONCLUSION

Le parc éolien de Marchéville constitue un lieu de passage migratoire fréquenté par plusieurs espèces sensibles au risque de collision. Ses milieux agricoles sont également utilisés comme sites d'alimentation, de repos et/ou d'hivernage par plusieurs espèces sensibles à l'éolien. **Plusieurs espèces d'oiseaux nicheurs se reproduisant aux alentours du parc peuvent fréquenter ce dernier** pour leur alimentation, leurs déplacements locaux ou migratoires, notamment les Busards et la Cigogne noire. **Les cultures sont par ailleurs favorables à la reproduction des Busards. Avec ces derniers, la Cigogne noire et les chauves-souris constituent les principaux enjeux du parc vis-à-vis des risques de collision ou de barotraumatisme avec les éoliennes.**



7.ÉVALUATION DES IMPACTS PAR COLLISION ET BAROTRAUMATISME

7.1 RAPPEL DES RESULTATS BRUTS DE MORTALITE DE 2021 ET 2022

Le tableau suivant compile l'ensemble des données brutes récoltées sur l'ensemble du parc de Marchéville depuis sa mise en service et les premiers suivis.

Les méthodes de prospection et d'analyse ayant été différentes entre les deux suivis, les chapitres suivants ne traiteront pas directement des espèces uniquement concernées par l'ancien suivi mais pourront s'appuyer sur les résultats obtenus pour évaluer correctement les niveaux d'impact.

Le détail des méthodes, des résultats et des évaluations est présenté aux chapitres 2.4, 3.2, 3.3, 3.4 et 5.



Espèce		2021 (6 éoliennes suivies)		2022 (6 éoliennes suivies)		TOTAL	Statuts
Rapaces (n=2)	Busard Saint-Martin	-	-	MRV04	1 en période de dispersion des jeunes (07/07)	1	1 individu local
	Faucon crécerelle	-	-	MRV02	1 en période de migration postnuptiale (23/09)	1	1 migrateur probable
Autres espèces (n=3)	Martinet noir	MRV04	1 en période de migration postnuptiale (14/09)	-	-	1	1 migrateur
	Goéland brun	-	-	MRV05	1 en période de migration postnuptiale (02/09)	1	1 migrateur
	Pigeon biset	-	-	MRV06	1 en période de migration postnuptiale (26/09)	1	1 individu local
Passereaux (n=6)	Etourneau sansonnet	MRV04	1 en période de migration postnuptiale (05/10)	-	-	1	1 migrateur probable
	Gobemouche noir	-	-	MRV06	1 en période de migration postnuptiale (15/08)	1	1 migrateur
	Roitelet huppé	3*MRV05	3 en période de migration postnuptiale (02/10, 08/10, 20/10)	-	-	3	3 migrants
	Roitelet triple-bandeau	MRV04	1 en période de migration postnuptiale (26/10)	-	-	1	1 migrateur
Total d'oiseaux par année de suivi		6		5		Oiseaux (n=11)	

Espèce		2021 (6 éoliennes suivies)		2022 (6 éoliennes suivies)		TOTAL	Statuts
Noctules (n=5)	Noctule de Leisler	MRV04, MRV05, MRV06	1 en période de migration prénuptiale et début de parturition (12/05)	MRV01, MRV03	1 en période de parturition et de dispersion des jeunes (22/07)	5	5 locales et migratrices
			2 en période de migration postnuptiale (15/08)		1 en période de migration postnuptiale (24/08)		
Pipistrelles (n=30)	Pipistrelle commune	MRV01, 4*MRV04, 2*MRV05, 4*MRV06	3 en période de migration prénuptiale et début de parturition (25/05, 2*07/06)	4*MRV01, 3*MRV02, MRV03, MRV04, 2*MRV05	3 en période de parturition et de dispersion des jeunes (04/07, 22/07, 25/07)	22	22 individus locaux
			1 en période de parturition et de dispersion des jeunes (04/07)		8 en période de migration postnuptiale (10/08, 30/08, 02/09, 26/09, 2*05/10, 2*17/10)		
			7 en période de migration postnuptiale (2*30/08, 05/09, 08/09, 11/09, 2*14/09)				
Pipistrelles (n=30)	Pipistrelle de Nathusius	MRV04, 2*MRV05	1 en période de migration prénuptiale et début de parturition (12/05)	2*MRV05	2 en période de migration postnuptiale (23/10, 26/10)	5	5 migratrices
	Pipistrelle de Nathusius		2 en période de migration postnuptiale (20/09, 23/09)				
Pipistrelles (n=30)	Pipistrelle indéterminée	MRV04, 2*MRV05	1 en période de migration prénuptiale et début de parturition (12/05)	-	-	3	Indéterminé
	Pipistrelle indéterminée		2 en période de migration postnuptiale (08/08, 11/09)				
Autres espèces (n=1)	Chauve-souris indéterminée	MRV06	1 en période de migration postnuptiale (27/08)	-	-	1	Indéterminé
Total de chauves-souris par année de suivi		21		15		Chauves-souris (n=36)	

7.2 OISEAUX

7.2.1.1 Impacts définis pour le suivi de 2022

De nombreuses espèces d'oiseaux sont susceptibles d'entrer en collision avec les pales, notamment les rapaces de jour et les passereaux de nuit. Au cours du suivi réalisé en 2022, certaines espèces observées au sein ou aux abords du parc font partie des espèces impactées par celui-ci. L'impact a également concerné des passereaux migrateurs, nocturnes ou diurnes.

Les tableaux ci-dessous présentent le niveau d'impact avéré du parc de Marchéville sur les oiseaux dont des cas de collision ont été relevés en 2022, par espèce puis par mois.

Statuts et enjeux des espèces d'oiseaux impactées en 2022 (méthode détaillée au chapitre 3.3) et niveaux d'impacts associés

	LRE	LRN nich	LRN migr	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
					Sensibilité à l'impact (Dürr, 2022)	Portée de l'impact Observations du suivi de la fréquentation (2021-2022)	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce
Busard Saint-Martin <i>Circus cyaneus</i>	LC	LC	-	NT	Assez forte (17 en Europe, dont 8 en France)	Moyenne 1 cadavre (MRV04, 07/07) [Local] ----- 1 individu local et 2 couples nicheurs à 400 et 800 m du parc respectivement	Assez forte	Moyenne	Moyen
Faucon crécerelle <i>Falco tinnunculus</i>	LC	NT	-	LC	Assez forte 673 en Europe, dont 160 en France)	Faible 1 cadavre (MRV02, 23/09) [Migrateur probable] ----- Présent tout l'année, avec 1 couple nicheur à 1 km du parc, 1 couple nicheur probable à 1,5 km du parc, de l'hivernage et de la migration (active et halte)	Moyenne	Faible	Négligeable
Gobemouche noir <i>Ficedula hypoleuca</i>	LC	VU	DD	EN	Faible (89 en Europe, dont 31 en France)	Faible 1 cadavre (MRV06, 15/08) [Migrateur]	Faible	Faible	Négligeable

	LRE	LRN nich	LRN migr	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
					Sensibilité à l'impact (Dürr, 2022)	Portée de l'impact Observations du suivi de la fréquentation (2021-2022)	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce
Goéland brun <i>Larus fuscus</i>	LC	LC	-	NA	Moyenne (309 en Europe, dont 13 en France)	Faible 1 cadavre (MRV05, 02/09) [Migrateur] ----- Plusieurs individus en hiver et en période de migration	Faible	Faible	Négligeable
Pigeon biset féral <i>Columba livia f. domestica</i>	LC	DD	-	LC	NA (221 en Europe, dont 42 en France)	Faible 1 cadavre (MRV06, 26/09) [local]	NA	Faible	NA

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

Le tableau ci-dessous synthétise, à partir du tableau précédent, les niveaux d'impacts liés à la collision avec les pales d'éoliennes pour chaque mois du suivi (en lien avec les niveaux d'impact par espèce défini plus haut).

Evaluation du niveau d'impact par période de l'année

	Mortalité brute – 2022	Mortalité estimée avec GenEst – 2022	Niveau d'impact par mois ou période	
Mai	RAS	Période 1 : 3,5 oiseaux [IC 80 % : 1,0 - 7,4]	Moyen¹⁶	
Juin	RAS			
Juillet	1 Busard Saint-Martin	Estimation peu fiable et sous-évaluée		
Août	1 Gobemouche noir	Période 2 : 5,6 oiseaux [IC 80 % : 3,0 - 8,5]	Négligeable	
Septembre	1 Goéland brun 1 Faucon crécerelle 1 Pigeon biset féral			Estimation sous-évaluée
Octobre	RAS			

7.2.1.2 Evolution de l'impact du parc au cours des suivis

Le premier suivi de mortalité de 2021 (15/04 au 29/10/2021) réalisé sur les 6 éoliennes du parc établit un impact de niveau négligeable pour les 4 espèces découvertes (6 individus au total). Celles-ci concernent majoritairement des passereaux et un Martinet noir. Aucun cadavre de rapace n'a été

¹⁶ Le niveau d'impact moyen aux mois de mai, juin et juillet se justifie par la nidification du Busard Saint-Martin sur l'ensemble de cette période, même si aucun cadavre de cette espèce n'a été découvert en mai et juin.

découvert. Ces espèces n'ont pas été impactées lors du suivi de mortalité de 2022, qui fait état de 5 espèces supplémentaires (5 individus au total), dont le **Busard Saint-Martin avec un niveau d'impact moyen**. Il s'agit d'un mâle adulte, appartenant probablement à un des deux couples identifiés à proximité du parc. **Les 4 autres espèces ont un niveau d'impact négligeable**. Les individus correspondants (rapace, passereau et non passereaux) sont essentiellement des migrateurs ou probablement migrateurs, hormis le Pigeon biset féral qui est local. Parmi les 5 cadavres découverts en 2022, 4 ont été trouvés sous l'une des 3 éoliennes ayant fait l'objet d'un bridage (nocturne) à l'issue du suivi de mortalité de 2021 (MRV04, MRV05 et MRV06). Seul le Faucon crécerelle a été trouvé sous une des 3 autres éoliennes (MRV02).

La mortalité globale des oiseaux et de la diversité spécifique des cadavres découverts entre les deux suivis est globalement similaire. Il semblerait que le bridage mis en place entre le 1^{er} mai et le 30 septembre 2022 sur MRV04, MRV05 et MRV06 n'ait pas contribué à réduire la mortalité des oiseaux, ce qui est parfaitement cohérent, s'agissant majoritairement d'espèces diurnes

7.3 CHAUVES-SOURIS

7.3.1.1 Impacts définis pour le suivi de 2022

L'évaluation ci-dessous se base sur les résultats du suivi de la mortalité et du suivi acoustique à hauteur de nacelle de 2022. Les tableaux ci-dessous présentent le niveau de risque de collision sur le parc de Marchéville pour chaque espèce puis par mois.

Statuts et enjeux des espèces de chauves-souris impactées en 2022 (méthode détaillée au chapitre 3.3) et niveaux d'impacts associés

	LRE	LRN	LRR	1	2	1 x 2 = 3	4	3 x 4 = 5
				Sensibilité à l'impact (maximum entre Dürr, 2022 et Eurobats, juin 18)	Portée de l'impact Observations du suivi de la fréquentation (2022)	Intensité d'impact	Enjeu spécifique sur le site	Niveau d'impact par espèce
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	LC	NT	NT	Forte (755 en Europe, dont 186 en France)	Moyenne 2 cadavres (MRV01, MRV03, 22/07, 24/08) [Migratrices] Activité nacelle Contactée de mai à octobre (très abondante en juillet et en août ; bien présente en juin et septembre)	Assez forte	Moyen	Moyen
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC	NT	LC	Forte (2 571 en Europe, dont 1124 en France)	Forte 11 cadavres (MRV01, MRV02, MRV03, MRV04, MRV05, 04/07, 22/07, 25/07, 30/08, 02/09, 26/09, 05/10, 08/10, 17/10) [Locales] Activité nacelle Contactée d'avril à octobre (régulière en juin, juillet et septembre) <i>Contactée lors de l'écoute active du 08/09/2022 à Magny</i>	Forte	Faible	Moyen
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	LC	NT	NT	Forte (1 666 en Europe, dont 303 en France)	Moyenne 2 cadavres (MRV05, 23/10, 26/10) [Migratrices] Activité nacelle Uniquement 3 contacts en octobre	Assez forte	Assez fort	Moyen

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

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

Le tableau ci-dessous synthétise, à partir du tableau précédent, les niveaux d'impacts liés à la collision avec les pales d'éoliennes pour chaque mois du suivi. Ces niveaux d'impacts ont été déterminés

séparément pour la moitié nord de l'alignement comprenant des éoliennes non bridées (MRV01, MRV02, MRV03) et la moitié sud comprenant des éoliennes bridées entre début mai et fin septembre, en amont du suivi post-implantation de 2022 (MRV04, MRV05, MRV06), pour lesquels nous parlons d'impacts résiduels.

Évaluation du niveau d'impact par période de l'année

	Activité à hauteur de nacelle – 2022, MRV04	Mortalité brute – 2022	Mortalité estimée avec GenEst par périodes – 2022	Niveau d'impact par mois ou période
Janvier	Pas de suivi	Pas de suivi	Pas de suivi	-
Février	Pas de suivi			
Mars	Activité nulle (aucun contact pour 2 nuits suivies)			
Avril	Activité de fond (2 contacts pour 5 nuits)			Négligeable
Mai	Activité assez forte (5,5 contacts en moyenne par nuit suivie). 86 contacts de Noctule de Leisler.	RAS	Période 1 : 17,9 chauves-souris [IC 80 % : 8,2 - 30,4] Estimation sous-évaluée	Faible
Juin	Activité assez forte (5,4 contacts en moyenne par nuit suivie). 72 contacts de Noctule de Leisler.	RAS		
Juillet	Activité forte (15,8 contacts en moyenne par nuit suivie). 229 contacts de Noctule de Leisler et 203 contacts de Noctule commune. Faible activité de Pipistrelle commune avec 34 contacts sur le mois.	1 Noctule de Leisler (MRV01) 3 Pipistrelles communes (MRV01, MRV02, MRV03)	Estimation sous-évaluée	Alignement nord (non bridé) : Assez fort
		RAS		Alignement sud (impact résiduel) : Faible
Août	Activité très forte (1215 contacts dans le mois, avec une moyenne de 39,2 contacts par nuit suivie). 626 contacts de Noctule de Leisler et 487 contacts de Noctule commune. Faible activité de Pipistrelle commune avec 3 contacts sur le mois.	1 Noctule de Leisler (MRV03)	Période 2 : 21,1 chauves-souris [IC 80 % : 15,1 - 29,3] Estimation sous-évaluée	Alignement nord (non bridé) : Assez fort
		1 Pipistrelle commune (MRV05)		Alignement sud (impact résiduel) : Faible
Septembre	Activité assez forte (9,9 contacts en moyenne par nuit suivie). 93 contacts de Noctule de Leisler et 156 contacts de Noctule commune. Faible activité de Pipistrelle commune avec 25 contacts sur le mois.	1 Pipistrelle commune (MRV01)	Estimation sous-évaluée	Alignement nord (non bridé) : Faible
		1 Pipistrelle commune (MRV04)		Alignement sud (impact résiduel) : Faible
Octobre	Activité moyenne (2,8 contacts en moyenne par nuit suivie). 42 contacts de Noctule de Leisler et 21 contacts de Noctule commune. Faible activité de Pipistrelle commune avec 18 contacts sur le mois. Uniquement 3 contacts de Pipistrelle de Nathusius.	4 Pipistrelles communes (MRV01, MRV02)	Estimation sous-évaluée	Alignement nord (non bridé) : Moyen
		1 Pipistrelle commune (MRV05) 2 Pipistrelles de Nathusius (MRV05)		Alignement nord (impact résiduel) : Moyen
Novembre	Activité nulle (aucun contact pour 8 nuits suivies)	Pas de suivi	Pas de suivi	Négligeable
Décembre	Pas de suivi			

Note importante : Toutes ces données recueillies sur une seule année ne permettent pas de prévoir les activités futures (variations interannuelles) mais seulement d'évaluer a priori les conditions du risque de collision/barotraumatisme. Cependant, deux récentes études britanniques (Richardson et al. 2021, Mathews et al, 2021) ont 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.

7.3.1.2 Evolution de l'impact du parc au cours des suivis

Le premier suivi de mortalité de 2021 (15/04 au 29/10/2021) réalisé sur les 6 éoliennes du parc établit un impact de niveau moyen pour 3 espèces découvertes (Noctule de Leisler, Pipistrelle commune, Pipistrelle de Nathusius ; 17 individus au total) également impactées en 2022. Il s'agissait d'individus locaux ou migrateurs. Le niveau d'impact a été estimé faible pour des Pipistrelles indéterminées et négligeable pour une espèce de chauve-souris indéterminée (4 individus au total en 2021). Au cours du suivi de 2022, aucune espèce supplémentaire n'a été découverte, et tous les individus impactés ont été identifiés à l'espèce. **Les Noctules de Leisler, les Pipistrelles communes et de Nathusius (15 individus au total) ont un niveau d'impact moyen** et correspondent à des individus locaux ou migrateurs. Parmi ces 15 individus, 5 ont été découverts sous l'une des 3 éoliennes ayant fait l'objet d'un bridage à l'issue du suivi de mortalité de 2021 (MRV04, MRV05 et MRV06). Néanmoins, 3 de ces 5 individus ont été impacté en octobre, période non couverte par le bridage.

La mortalité globale des chauves-souris a vraisemblablement diminué depuis 2021, tandis que la diversité spécifique des cadavres découverts et identifiés à l'espèce est restée similaire. Il est possible que le bridage mis en place entre le 1^{er} mai et le 30 septembre 2022 sur les éoliennes MRV04, MRV05 et MRV06 ait contribué à réduire la mortalité des chauves-souris, mais celui-ci n'est vraisemblablement pas suffisant.

7.4 CONCLUSION SUR LES IMPACTS DU PARC DE MARCHEVILLE EN 2022

En conclusion, un niveau d'impact pour chacune des espèces impactées constaté par le suivi de la mortalité de 2022 sur le parc de Marchéville a été défini à partir du croisement entre l'intensité de l'impact et l'enjeu de conservation des espèces.

Concernant la moitié nord de l'alignement (MRV01, MRV02, MRV03), le niveau d'impact et le risque de collision associé pour chaque espèce sont :

- pour les oiseaux : négligeable pour l'unique espèce découverte ;
- pour les chiroptères : moyen pour la Noctule de Leisler et la Pipistrelle commune.

Le niveau d'impact et le risque de collision associé pour chaque période sont :

- assez fort pour les mois de juillet et d'août ;
- moyen pour le mois d'octobre ;
- faible pour les mois de mai, de juin et de septembre ;
- négligeable pour les autres mois ayant fait l'objet d'un suivi.

Concernant la moitié sud de l'alignement (MRV04, MRV05, MRV06), le niveau d'impact résiduel et le risque de collision associé pour chaque espèce sont :

- pour les oiseaux : moyen pour le Busard Saint-Martin et négligeable pour les autres espèces ;
- pour les chiroptères : moyen pour les Pipistrelles commune et de Nathusius.

Le niveau d'impact résiduel et le risque de collision associé pour chaque période sont :

- moyen pour le mois d'octobre ;
- faible pour les mois de mai, juin, juillet, août et septembre ;
- négligeable pour les autres mois ayant fait l'objet d'un suivi.

8. MESURES DE REDUCTION DES RISQUES DE COLLISION

8.1 PROTECTION DES CHAUVES-SOURIS FREQUENTANT LE PARC PAR UN BRIDAGE NOCTURNE DIFFERENCIE

8.1.1 PRINCIPE GENERAL

Le moyen technique le plus communément utilisé par les exploitants pour brider les éoliennes est la **mise en drapeau des pales (« blade feathering »)** : les pales peuvent pivoter sur leur axe de rotation pour ne plus avoir de prise au vent (90°) et ainsi s'arrêter en moins d'une minute en général. **Le bridage a pour objectif de réduire les risques de collision, tout en maintenant l'éolienne active, en augmentant le seuil de vent (« cut-in speed ») à partir duquel elle commence à produire.**

L'unité élémentaire retenue est 0,5 m/s de vitesse moyenne sur 10 min, car cela suffit pour avoir un impact notable sur la production sur une période de plusieurs mois.

Dans le tableau ci-dessous est indiqué le pourcentage d'activité globale enregistrée lors des suivis acoustiques qui serait à protéger par le bridage selon les niveaux d'impact évalués par mois.

Proportions d'activité globale à protéger en fonction du niveau d'impact avéré ou risque d'impact déclinées par mois et éolienne

	Négligeable	Faible	Moyen	Assez fort	Fort	Très fort
Proportion de l'activité globale à protéger (toutes espèces confondues)	NA	50-70	70-80	80-90	90-95	95-100

8.1.2 RENFORCEMENT DE L'ALGORITHME DE BRIDAGE NOCTURNE PRECONISE

La mortalité constatée en 2022 sur les éoliennes non bridées est significative pour les chiroptères. **Le niveau d'impact est assez fort en juillet et août.** Ce niveau d'impact est par ailleurs **moyen en octobre.**

La mortalité résiduelle constatée en 2022 sur les éoliennes bridées est significative pour les chiroptères au mois d'octobre. **Le niveau d'impact est moyen en octobre.**

Ainsi, le bridage est à renforcer et à appliquer à l'ensemble des éoliennes du parc. Le tableau ci-dessous détermine pour chaque mois les paramètres de bridage à établir afin de réduire les niveaux d'impact pour les chauves-souris, à partir de 2023. Ce plan de bridage propose des paramètres adaptés en fonction de l'alignement nord ou sud.

Préconisations de bridage pour réduire les risques de collision des chiroptères issues du suivi de 2022, en incluant la température à hauteur de nacelle et la durée du bridage à la suite de l'heure du coucher du soleil (niveau d'impact : blanc : négligeable (= non significatif) ; jaune = moyen ; orange = assez fort ; rouge = fort)

(La colonne du bridage en 2022 correspond au bridage brut ; la colonne du bridage pour 2023 correspond au bridage brut ou résiduel en fonction des éoliennes bridées ou non en 2022)

Mois	Bridage appliqué en 2022 (MRV04, MRV05, MRV06)	Bridage proposé en 2023 (ensemble des éoliennes)
Janvier à mars		Aucun bridage

Mois	Bridage appliqué en 2022 (MRV04, MRV05, MRV06)	Bridage proposé en 2023 (ensemble des éoliennes)	
Avril		≤ 6 m/s Toute la nuit > 9°C	
Mai	≤ 6 m/s Toute la nuit > 9°C	≤ 6 m/s Toute la nuit > 9°C <i>Protection estimée toutes espèces en 2022 : 59 %</i> <i>Protection estimée Noctule commune en 2022 : 100 %</i>	
Juin	≤ 6 m/s Toute la nuit > 9°C	≤ 6 m/s Toute la nuit > 9°C <i>Protection estimée toutes espèces en 2022 : 71 %</i> <i>Protection estimée Noctule commune en 2022 : 45 %</i>	
Juillet	≤ 6 m/s Toute la nuit > 9°C	Alignement nord (non bridé) ≤ 6 m/s Toute la nuit > 9°C	Alignement sud (impact résiduel) ≤ 6 m/s Toute la nuit > 9°C
		<i>Protection estimée toutes espèces en 2022 : 81 %</i> <i>Protection estimée Noctule commune en 2022 : 91 %</i>	
Août	≤ 7 m/s Toute la nuit > 17°C	Alignement nord (non bridé) ≤ 7 m/s Toute la nuit > 17°C	Alignement sud (impact résiduel) ≤ 7 m/s Toute la nuit > 17°C
		<i>Protection estimée toutes espèces en 2022 : 95 %</i> <i>Protection estimée Noctule commune en 2022 : 98 %</i>	
Septembre	≤ 7 m/s 10 premières heures de la nuit > 19°C	≤ 7 m/s 10 premières heures de la nuit > 19°C <i>Protection estimée toutes espèces en 2022 : 85 %</i> <i>Protection estimée Noctule commune en 2022 : 88 %</i>	
Octobre	≤ 7 m/s 10 premières heures de la nuit > 19°C <i>Protection estimée toutes espèces en 2022 : 20 %</i> <i>Protection estimée Noctule commune en 2022 : 14 %</i>	10 premières heures de la nuit <i>Protection estimée toutes espèces en 2022 : 66 %</i> <i>Protection estimée Noctule commune en 2022 : 14 %</i>	≤ 8,5 m/s > 13°C Toute la nuit <i>Protection estimée toutes espèces en 2022 : 70,5 %</i> <i>Protection estimée Noctule commune en 2022 : 14 %</i>
		Aucun bridage	
Novembre à décembre		Aucun bridage	

Pour mémoire, le déclenchement du bridage est conditionné à la validité des trois paramètres simultanément. Si un seul des trois n'est pas satisfait (vent supérieur au seuil, ou température inférieure

au seuil, ou encore heure en dehors de la plage horaire), alors l'éolienne n'est pas bridée et continue donc de fonctionner normalement.

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

Il est à noter que le bridage nocturne sera aussi bénéfique, indirectement, aux oiseaux migrateurs de nuit.

8.2 GESTION DES HABITATS AUTOUR DES EOLIENNES

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

Il s'agira de procéder à un entretien régulier des végétations herbacées des plateformes et leurs abords, de telle sorte qu'elles soient rendues défavorables pour les proies des chauves-souris et des oiseaux et peu propices à l'alimentation. Ainsi, nous préconisons *a minima* une opération de coupe à ras de terre et de broyage si besoin la 1^{re} quinzaine de juillet, faisant suite à la période de reproduction ; le risque de destruction de nichée est ainsi très faible et la fructification des végétaux est devancée.

Il faut noter que le contexte de cultures rend difficile si ce n'est impossible la suppression du risque sur les oiseaux, et tout particulièrement sur les rapaces communs de ces milieux.

En parallèle de l'entretien régulier de la végétation des plateformes et de leurs abords, **il est également préconisé la mise en place d'une jachère sur une zone éloignée du parc. L'objectif de cette mesure est de créer un milieu favorable aux rapaces pour leur alimentation,** étant donné la pauvreté de ces milieux par rapport aux grandes cultures intensives présentes dans ce secteur. Cette jachère pourra également être utilisée comme lieu de repos et d'alimentation par divers passereaux. Une zone d'implantation potentielle a été localisée à au moins 800 m à l'ouest du parc éolien, le long de la vallée du Loir.

9. SUIVI DE L'EFFICACITE DES MESURES ET MESURES D'ACCOMPAGNEMENT

L'arrêté ministériel du 22 juin 2020 relatif à la notion ICPE-éolien, prévoit dorénavant que **le suivi environnemental soit renouvelé dans les 12 mois si le précédent suivi a mis en évidence un impact significatif et qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives.**

Au vu des risques de collision pour les chauves-souris identifiées sur le parc de Marchéville, **nous estimons qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives préconisées en fin de suivi par un autre suivi de mortalité entre mai et octobre 2023, couplé à un suivi chiroptérologique à hauteur de nacelle, afin d'ajuster au mieux les paramètres du bridage.**

Compte tenu d'une mortalité plus importante en seconde période, il semble pertinent de maintenir 2 passages par semaine à cette période pour le suivi de mortalité de 2023 (1 passage tous les 3 jours). La première période fera l'objet de 1 passage par semaine (1 passage tous les 7 jours).

Parallèlement à ces suivis, et au regard des résultats issus des suivis de fréquentation des chauves-souris et des oiseaux, il est prévu de reconduire des **suivis spécifiques** et de mettre en place des **mesures de préservation** pour l'année 2023 :

- **Chauves-souris : installation de gîtes artificiels** dans des villages situés aux environs du parc éolien afin de favoriser l'installation de colonies dans les communes situées aux abords du parc. Des prospections complémentaires sont prévues dans un rayon de plus de 2 km autour du parc, afin de localiser les secteurs propices à l'installation des chauves-souris ;
- **Busards : suivi de leur reproduction et mise en place de mesures de protection des nichées** le cas échéant. Pour ce faire, les couples nicheurs seront recherchés et suivis entre les mois d'avril et juin, jusqu'à 500 m autour du parc. Si aucun Busard n'est découvert dans ce périmètre, l'aire de prospection sera étendue jusqu'à 2 km autour du parc. En accord avec les propriétaires et exploitants des parcelles concernées, et dans le cas où la période des moissons précède la date du premier envol des jeunes, les nichées découvertes seront protégées par l'installation de grillages centrés autour des nids. Un suivi régulier de la nidification se poursuivra par la suite. Afin de prévenir les risques de collision maximisés en période d'envol et d'émancipation des jeunes, il est envisagé l'arrêt des machines durant 1 semaine à cette période. Les passages seront mutualisés avec ceux du suivi de la mortalité ;
- **Cigogne noire : suivi comportemental**, couplé au suivi des Busards et de la mortalité, afin d'évaluer le risque de collision. **Une dépose de pièges photographiques** sur les tronçons du Loir les plus proches du parc et jugés favorables permettront d'évaluer plus justement son niveau de fréquentation du secteur.



10. BIBLIOGRAPHIE

2018. Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres. Révision 2018.

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.

Ahlen I. 2003. Windturbines and Bats – A pilot study. Sveriges Lantbruk universitet / Department of conservation biology.

Albouy S. 2010. Suivis de l'impact éolien sur l'avifaune et les chiroptères exemples de parcs audois (11). Présentation lors du colloque éolien de Reims les 15, 16 et 17 septembre 2010. ADEME, MEEDDM, SER/FEE, LPO. 31 p.

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.

Alcade J.T. 2003. Impacto de los parques eólicos sobre las poblaciones de murciélagos – Barbastela 2 : 3-6.

Altringham J.D. 1996. Bats: biology and behaviour. Oxford University Press, Inc., New York, 262 p.

Archaux F. 2008. Méthodes de suivi au détecteur des chiroptères en forêt - Complément Action Chiroptères menée en 2007 : Combien de visites et quelle durée d'écoute pour évaluer la diversité spécifique ? Nogent-sur-Vernisson: Unité de recherche Écosystème Forestiers.

Arnett E. 2005. Relationships between Bats and Wind Turbines in Pennsylvania and West Virginia : An Assessment of Fatality Search Protocols, Patterns of Fatality, and Behavioral Interactions with Wind Turbines. Final report prepared for the Bats and Wind Energy Cooperative. 187p.

Arnett E., Johnson G.D., Erickson W.P. & Hein C.D. 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. The National Renewable Energy Laboratory. Austin, Texas, USA : Bat Conservation International, 2013. 38 p.

Arnett E., Baerwald E. F., Mathews F., Rodrigues L., Rodriguez-Duran A., Rydell J., Villegas-Patracca R. & Voigt C. C. 2016. Impacts of wind energy development on bats: a global perspective. In Bats in the Anthropocene: conservation of bats in a changing world (C. C. Voigt and T. Kingston, eds.). Springer-Verlag, Berlin.

Arnett E., Huso M., Hayes J.P. & Schirmacher M. 2010. Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Austin, Texas, USA : Bat Conservation International, 2010. 58 p.

Arnett E., 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.

Arthur L. & Lemaire M. 2015. Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Collection Parthénope, éditions Biotopie, 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.

Avel pen Ar Bed. 2000. Avifaune et projets éoliens, approche bibliographique. ADEME.

Azam C., Kerbiriou C., Vernet A., Julien J-F., Bas Y., Plichard L. & Le Viol I. 2015. Is part-night lighting an effective measure to limit the impacts of artificial lighting on bats ? Global change biology, 21 (12). 4333-4341.

Azam C., Le Viol I., Julien J-F., Bas Y. & Kerbiriou C. 2016. Disentangling the relative effect of light pollution, impervious surfaces and intensive agriculture on bat activity with a national scale monitoring program. Landscape Ecology, 31 (10). 2471-2483.

Bach L. 2001. Fledermause und Windenergienutzung, reale Probleme oder Einbildung ? Vogelkdl. Ber. Niedersachs. 33 : 19-124.

Bach L., Bach P. & Niermann I. 2011. Impact of wind speed on the activity of bats. In: NINA Report 693 Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2-5 May 2011, Trondheim, Norway, 2011. p. 59.

Bach L., Bach P. & Tillmann M. 2011. What does bat activity inside the forest tell us about the activity above the canopy? A method for sensing bat activity at proposed wind plans in forest. 1p.

Bach L., Bach P., Tillmann M. & Zucchi H. 2012. Fledermausaktivität in verschiedenen Straten eines Buchenwaldes in Nordwestdeutschland und Konsequenzen für Windenergieplanungen. 2012, 128, pp. 148-157.

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. 1994. Étude de l'activité nocturne de 18 espèces de Chiroptères. Mémoires des Sciences Naturelles et Archéologiques de la Creuse, tome 44-45.

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

Barataud M., Barataud J., Giosa S., Jemin J., Vittier J. & Besnard A. 2017. Suivi temporel acoustique des chiroptères forestiers du Limousin (2014-2016). Plume de naturalistes n°1 (déc. 2017). 42-66p.

Barclay R., 2013. It is Time to Stop Counting Bat Fatalities per Wind Turbine. In: Abstracts 16th International Bat Research Conference & 43rd North American Symposium on bat Research. San Jose, Costa Rica, 11 au 15 août 2013. p.16

Barré K., 2017. Mesurer et compenser l'impact de l'éolien sur la biodiversité en milieu agricole. Thèse sous la direction de Romain Julliard et de Christian Kerbiriou et de Isabelle Le Viol. Museum national d'histoire naturelle - MNHN PARIS, 2017. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01714548>

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

Bastos R., Santos M. & Cabrai J.A. 2013. A new stochastic dynamic tool to improve the accuracy of mortality estimates for bats killed at wind farms. Ecological Indicators, 34: 428-440. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.06.003>

Behr O, Brinkmann R, Niermann I, Korner-Nievergelt F. 2011. Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. In BRINKMANN R, BEHR O, NIERMANN I, Reich Michael (eds.), 2011. Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Umwelt und Raum, Cuvillier Verlag, Göttingen, Bd. 4: 177–286.

Behr O., Eder D., Marckmann U., Mette-Christ H., Reisinger N., Runkel V. & Von Helversen O. 2007. Akustisches Monitoring im Rotorbereich von Windenergieanlagen und methodische Probleme beim Nachweis von Schlagopfern – Ergebnisse aus Untersuchungen im mittleren und südlichen Schwarzwald. Nyctalus (N.F.) 12 (2/3): 115-127

Bergen F. 2001. Windkraftanlagen und Frühjahrsdurchzug des Kiebitz (Vanellus vanellus): eine Vorher-Nachher-Studie an einem traditionellen Rastplatz in Nordrhein-Westfalens Windenergie und vogel : Ausmass und bewältigung eines konfliktes, TUB, 2001.

Bernardino J. & al. 2011. Attesting bird displacement in Portuguese wind farms. Poster in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.

Bernardino J. & al. 2011. Enhancing Carcass Removal Trials at Three Wind Energy Facilities in Portugal. Portuguese Wildlife Society. In: Wildlife Biologie Practice, 2011 Décembre 7(2): 1-14.

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 41(1) : 63-74.

Besnard A. 2017. L'estimation des mortalités : éléments clés pour leur réalisation... et leur bon usage. Présentation Séminaire Éolien et biodiversité 21 et 22 novembre 2017. Bordeaux. 40p.

Beucher Y., Kelm V., Albespy F., Geyelin M., Nazon L. & Pick D. 2013. Parc éolien de Castelnaud-Pégayrols (12). Suivi pluriannuel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campagnes des 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} années d'exploitation (2009-2011). EXEN & KJM Conseil Environnement, 111 p.

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

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.

BirdLife International. 2021. European Red List of Birds. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Bispo R. & al. 2011. A web based application to estimate wildlife fatality: from the bias correction factors to the corrected fatality estimates. In: NINA Report 693 Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2-5 May 2011, Trondheim, Norway, 2011. p. 13

Borner L., Duriez O., Besnard A., Robert A., Carrere V. & Jiguet F. 2017. Bird collision with power lines: estimating carcass persistence and detection associated with ground search surveys. Ecosphere 8(11): e01966. 10.1002/ecs2.1966

Bouchard C. 2003. Le développement de l'énergie éolienne représente-t-il une réelle menace pour l'avifaune ? ENSAT. WWF-France

Bougey K. L., Lake I. R., Haysom K. A. & Dolman P. M. 2011. Improving the biodiversity benefits of hedgerows: How physical characteristics and the proximity of foraging habitat affect the use of linear features by bats. Biological Conservation 144 : 1790-1798.

Briggs B. 1996. Birds and wind turbine: The Royal society for the protection of Birds policy and practice. In: Birds and wind turbines: can they co-exist? 10p. Institute of Terrestrial Ecology, Huntingdon

Brinkman R. & Schauer-Weissahn H. 2002. Welche Auswirkungen haben Windenergieanlagen auf Fledermäuse? Der Flattermann 14(2): 31-32

Brinkman R., Schauer-Weissahn H. & Bontadina F. 2006. Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk. Rapport pour le Conseil gouvernemental de Fribourg à la demande du Fonds pour la protection de la nature du Bade-Wurtemberg 66 p.

Brinkmann R. & al. 2011. Zusammenfassung der praxisrelevanten Ergebnisse und offene Fragen. In: Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisions-risikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergie-anlagen. Cuvillier Verlag, Göttingen 2011, p. 425-453.

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.

Bruderer B., Peter D. & Korner-Nievergelt F. J. 2018. Vertical distribution of bird migration between the Baltic Sea and the Sahara. Ornithol. <https://doi.org/10.1007/s10336-017-1506-z>

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

Camina A. 2011. The effect of wind farms on vultures in Northern Spain : fatalities, behaviour and correction measures. Power point presented in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.

Camina A. 2012. Bat fatalities at wind farms in northern Spain — lessons to be learned. In: Acta Chiropterologica, Volume 14, Number 1, June 2012 , pp. 205-212(8) Museum and Institute of Zoology, Polish Academy of Sciences.

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

Carrette M. & al. 2009. Large scale risk-assessment of wind-farms on population viability of a globally endangered long-lived raptor. Biological Conservation, 8 p.

Centre Ornithologique Rhones Alpes (CORA) Faune Sauvage (Groupe chiroptères). 2011. Gestion forestière et préservation des chauves-souris. CRPF. [En ligne] Décembre 2011. [Citation : 2 mars 2016.] 32 p.. http://www.crpfr.fr/new/telechargement%20dossiers/CTChiro_forestiers.pdf. ISBN 2-908010-80-1.

Collins J. & Jones G. 2009. Differences in bat activity in relation to bat detector height: implications for bat surveys at proposed windfarm sites. Acta Chiropterologica 11 : 343-350.

Conduche N. & al. 2012. Suivis des impacts sur les chiroptères d'un parc éolien dans l'Aisne (02). Écosphère/Écothème, Saint-Maur-des-Fossés, France. 42p., en cours

Conseil des Communautés européennes - 2009 - Directive 2009/147/CE du 30 novembre 2009 concernant la conservation des Oiseaux sauvages (Directive "Oiseaux"). Journal Officiel des Communautés européennes du 26 janvier 2010.

Cordeiro A., Bernardino J., Mascarenhas M. & Costa H. 2011. Impacts on Common Kestrels (*Falco tinnunculus*) populations: the case study off two Portuguese wind farms. Poster in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.

Cornut J. & Vincent S. 2010. Suivi de la mortalité des chiroptères sur 2 parcs éoliens du sud de Rhône-Alpes. LPO Drôme. 32 p. http://www.sfepm.org/pdf/Rapport_suivieolien2010_RhoneAlpes.pdf

Cosson M. & Dulac P. 2005. Suivi évaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. LPO, Rochefort, 91 p.

Cramp S. & al. (eds.). 1977-1994. Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa: The Birds of the Western Palearctic, 9 volumes. Oxford University Press, Oxford.

Cryan P.M., Gorresen P. M., Hein C.D., Schirmacher M.R., Diehl R.H., Huso M.M., Hayman D.T.S., Fricker P.D., Bonacorson F.J., Johnson D.H., Heist K. & Dalton D.C. 2014. Behavior of bats at wind turbines. PNAS, 2014, Vol. 111, 42, pp. 15126–15131. doi: 10.1073/pnas.1406672111.

Dalthorp D., Huso M. & Dail D. 2017. Evidence of absence (v 2.0) software user guide: U.S. geological Survey Data Series 1055, 109p. <https://doi.org/10.3133/ds1055>

Dalthorp, D., Madsen, L., Huso, M., Rabie, P., Wolpert, R., Studyvin, J., Simonis, J., and Mintz, J. 2018. GenEst statistical models—A generalized estimator of mortality: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 7, chap. A2, 13 p., <https://doi.org/10.3133/tm7A2>.

Day J., Baker J., Schofiels H., Mathews F. & Gaston K.J. 2015. Part-night lighting : implications for bat conservation. Animal Conservation, 18 (6). 512-516.

Delucas M., Janss G. & Ferrer M. 2004. The effects of a wind farm on birds in a migration point : the Strait of Gibraltar. Biodiversity and Conservation 13: 395–407.

Delucas M., Janss G., Whitfield D.P. & Ferrer M. 2008. Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance. Journal of Applied Ecology 45 (6) : 1695-1703.

Demongin L. 2015. Guide d'identification des oiseaux en main. Les 250 espèces les plus baguées en France. Beauregard-Vendon.

Devereux C. L., Denny M. J. H. & Whittingham M. J. 2008. Minimal effects of wind turbines on the distribution of wintering farmland birds. Journal of Applied Ecology, 45 : 1689–1694.

Dietz C. & Von Helversen O. 2004. Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe.

Dietz C., Von Helversen O. & Nill D. 2009. L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord. Delachaux & Niestlé, Paris, 400 p.

DODELIN B. 2002. Identification des chiroptères de France à partir de restes osseux. Fédération Française de Spéléologie. 48 p

Dolmans M. 2012. Coexistence Milan royal et parc éolien. Pour une compréhension ouverte d'un problème complexe. Actes du séminaire citoyen Lucéole, 14 janvier 2012, Tintigny. Édition Lucéole, 47 p.

Dubois Ph.-J., Le Marechal P., Oliosio G. & Yesou P. 2008. Nouvel inventaire des oiseaux de France. Delachaux et Niestlé, Paris, 558 p.

Dubourg-Savage M.-J. 2004. Impacts des éoliennes sur les Chiroptères, de l'hypothèse à la réalité. Arvicola, 16 (2) : 44-48.

Dulac P. 2008. Évaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi. 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. 106 p.

Dürr T. 2002. Éoliennes et Chauves-souris. Nyctalus, n°8 2002, cahier 2, p 115-118.

Dürr T. 2003. Windenergieanlagen und Fledermausschutz in Brandenburg – Erfahrungen aus Brandenburg mit Einblick in die bundesweite Fundkartei von Windkrafttopfern. In: Fachtagung, Kommen Vögel und Fledermäuse unter die (Wind)räder ? Dresden, 17-18 nov. 2003.

Dürr T. 2005. Actes du séminaire éoliennes, avifaune, chiroptères : quels enjeux ?

Dürr T. 2022. Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. NABU. Mise à jour du document : juin 2022.

Dürr T. 2022. Vogelverluste an Windenergieanlagen / bird fatalities at windturbines in Europe. Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. NABU. Mise à jour du document : juin 2022.

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

Ecosphère. 2022. Liste des Mammifères de la région Centre-Val de Loire et statut de rareté. Document interne actualisé.

Ecosphère. 2022. Liste des Oiseaux nicheurs de la région Centre-Val de Loire et statut de rareté. Document interne actualisé.

Edkins M. 2008. Impacts of wind energy development on birds and bats: looking into the problem. FPL Energy, Juno Beach, Floride, 44 p.

El Ghazi A. & Franchimont J. 2001. Évaluation de l'impact du parc éolien d'Al Kouda Al Baida (Péninsule Tingitane, Maroc) sur l'avifaune migratrice post-nuptiale. Compagnie Éolienne du Détroit (CED), Groupe Ornithologique du Maroc (Faculté des Sciences de Meknès), 33 p. + annexes

Erickson W. & al. 2001. Avian collisions with wind turbines: a summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collisions mortality in the United States. Resource Document, National Wind Coordinating Committee, Washington.

Erickson W., Jeffrey J., Kronner K. & Bay K. 2004. Stateline wind project wildlife monitoring final report, July 2001 December 2003. Technical report peer-reviewed by and submitted to FPL Energy, Oregon Energy Facility Siting Council and Stateline Technical Advisory Committee. 98 p.

Erickson W., M.D. Strickland, G.D. Johnson & Kern J.W. 2000. Examples of statistical methods to assess risk of impacts to birds from wind plants. Proceedings of the National Avian-Wind Power Planning Meeting III. National Wind Coordinating Committee, c/o RESOLVE, Inc., Washington, D.C.

Everaert J. & Stienen E-W-M. 2007. Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium). Biodiversity and Conservation 16 : 3345-3359.

Everaert J. 2010. Wind turbines and birds in flanders: preliminary study results and recommendations. Natuur.Oriolus 69(4) : 145-155.

Everaert J., Devos K. & Kuijken E. 2002. I Windturbines en vogels in Vlaanderen: Voorlopige onderzoeksresultaten en buitenlandse bevindingen. Instituut voor Natuurbehoud, Rapport 2002.3. 76 p.

EXEN. 2014. Projet éolien de Labruguière, Cuxac-Cabardès et Les Martyrs. Expertises écologiques de l'étude d'impact sur l'environnement. Les services de l'État dans l'Aude (www.aude.gouv.fr). 75 p.

Farfan M. A., Vargas J. M., Duarte J. & Real R. 2009. What is the impact of wind farms on birds? A case study in southern Spain. *Biodiversity and Conservation* 18: 3743-3758.

Forest J., Hommel C. & Craib J. 2011. Flight activity & breeding success of Hen Harrier at Paul's Hill Wind Farm in North East Scotland. Poster in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.

Fraigneau C. 2014. Reconnaître facilement les plumes, Delachaux & Niestlé.

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

Gaillard M. 2010. Définition et cartographie des enjeux avifaunistiques et chiroptérologiques vis-à-vis des éoliennes en Lorraine. Neomys/COL/Cpepsc Lorraine, rapport pour la DREAL Lorraine, 60 p. + annexes.

Gipe P. 1995. Wind Energy Comes of Age (chapitre 9: Impact on Flora and Fauna). John Wiley & Sons, 536 p.

Godineau F. & Pain D. 2007. Plan de restauration des chiroptères en France métropolitaine, 2008 - 2012. Société Française pour l'Etude et la protection des mammifères, Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables. 79 p + 18 p annexes.

Grajetski B., Hofmann M. & Nehls G. 2009. Greifvögel und Windkraft : Teilprojekt Wiesenweihe, Telemetrische Untersuchungen. Bio Consult SH. 24 p (ppt).

Graner A., Lindberg N. & Bernhold A. 2011. Migrating birds and the effect of an onshore wind farm. Poster in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.

GRÜNKORN, T., A. DIEDERICHS, B. STAHL, D. DÖRTE & G. NEHLS. 2005. Entwicklung einer Methode zur Abschätzung des Kollisions-risikos von Vögeln an Windenergieanlagen. Rapport inédit pour Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein, 92 pp

Grünkorn, T., Blew, J., Coppack, O., Krüger, O., Nehls, G., Potiek, A., Reichenbach, M., von Rönn, J., Timmermann, H., & Weitekam, S. 2016. Ermittlung der Kollisionsraten von (Greif)Vögeln und Schaffung planungsbezogener Grundlagen für die Prognose und Bewertung des Kollisionsrisikos durch Windenergieanlagen (PROGRESS). Schlussbericht zum durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des 6. Energieforschungsprogrammes der Bundesregierung geförderten Verbundvorhaben PROGRESS, FKZ 0325300A-D.

Grünkorn, T., Blew, J., Krüger, O., Potiek, A., Reichenbach, M., von Rönn, J., Timmermann, H., Weitekam, S. & Nehls, G. 2017. A large-scale, multispecies assessment of avian mortality rates at land-based wind turbines in Northern Germany. In: Köppel, J. (ed.) *Wind Energy and Wildlife Interactions*, DOI 10.1007/978-3-319-51272-3_3.

Haquart A., Bas Y., Tranchard J. & Lagrange H. 2012. Suivi annuel continu de l'activité des chiroptères sur 10 mats de mesure : évaluation des facteurs de risque liés à l'éolien. Présentation Powerpoint pour les Rencontres chiroptérologiques de Bourges, Biotope.

Hardey J., Crick H., Wernham C., Riley H., Etheridge B. & Thompson D. 2011. Review of Hen harrier breeding and flight activity near a Windfarm in Argyll. Poster in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.

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

Hein C. & al. 2015. Monitoring Bat Activity & Behavior at Wind Turbines Using Thermal Imagery & Ultrasonic Acoustic Detectors. Bat Conservation International, Engineering Conference on Wind energy and Wildlife Impacts. 10–12 March 2015. Poster.

Heitz C. & Jung L. 2017. Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions (Etude bibliographique). *Ecosphère*. 149 p.

Homoya W., Moore J.W., Ruhl P.J., and John B. 2017. Do American Golden-Plovers (*Pluvialis dominica*) Avoid Wind-energy Turbines in Agricultural Fields in Indiana During Spring Migration ? *The Wilson Journal of Ornithology*, 129(4): 863-871. <https://doi.org/10.1676/15-134.1>

Hoover S.-I. & Morisson M.-L. 2005. Behavior of Red-tailed Hawks in a wind turbine development. *J. Wildl. Manag.* 69 : 150–159

Horn J. W., Arnett E. B. & Kunz T. H. 2008. Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. *Journ Wildlife Manag.* 72 : 123-132.

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

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

Hu C., Albertani R., Suryan R.M. 2018. Wind turbine sensor array for monitoring avian and bat collisions. *Wind Energy*. 1–9. <https://doi.org/10.1002/we.2160>

Huso M. 2010. An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics* 22 : 318-329.

Huso M., Dalthorp D., Millier T., J. & Bruns D. 2016. Wind energy development: methods to assess bird and bat fatality rates postconstruction. *Human–Wildlife Interactions* 10(1):62–70, Spring 2016

Huso M., Wilson Z. & Arnett E. 2011. Expanding fatality estimates from the search plot to the entire site. In: NINA Report 693 Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2-5 May 2011, Trondheim, Norway, 2011. p. 29

Huso M.M.P. & D. Dalthorp. 2014. Accounting for unsearched Areas in Estimating wind turbine-caused fatality. *The Journal of Wildlife Management*, 78(2): 347–358.

Huso M.M.P., D.H. Dalthorp, D.A. Dail & L.J. Madsen. 2014. Estimating wind-turbine caused bird and bat fatality when zero carcasses are observed. *Ecological Applications*. DOI: 0.1890/14-0764.1.

Hutterer R., Ivanova T., Meyer-Cords C. & Rodrigues L. 2005. Bat Migrations in Europe. A review of banding data and literature. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 28, 162 p. + annexes.

Jameson J.W. & Willis C.K.R. 2014. Activity of tree bats at anthropogenic tall structures: Implications for mortality of bats at wind turbine. *Animal Behaviour*, 97. 145-152.

Johnson G.D., Erickson W.P., Strickland M.D., Shepherd M.F. & Sheperd D.A., 2000. Avian monitoring studies at the Buffalo Ridge, Minnesota wind resource area: results of a 4-year study. Final report. Northern States Power Company, Minneapolis, Minnesota, 259 p.

Johnson, G.D., Erickson, W.P., Strickland, M.D., Shepherd, M.F., Shepherd, D.A., Sarappo, S.A., 2003. Mortality of bats at a large-scale wind power development at Buffalo Ridge, Minnesota. *Am. Midl. Nat.* 150, 332–342.

Joiris E. 2012. High altitude bat monitoring - preliminary results: Hainaut et Ardennes. CSD Ingénieurs. (Présentation Powerpoint)

Jones G. & Van Parijs S. 1993. Bimodal echolocation in Pipistrelle bats: are cryptic species present? *Proceedings of the Royal Society Lond. B.* 251, 119-125. doi: 10.1098/rspb.1993.0017

Jones G., Cooper-Bohannon R., Barlow K. & Parsons K. 2009. Scoping and method development report. Determining the potential ecological impact of wind turbine bat populations in Britain. University of Bristol and Bat Conservation Trust. 158 p.

Kelm D. H., Lenski J., Kelm V., Toelch U. & Dziocck F. 2014. Seasonal bat activity in relation to distance to hedgerows in an agricultural landscape in central Europe and implications for wind energy development. *Acta Chiropterologica* 16: 65-73.

Kerbiriou C., Julien J-F., Arthur L., Depraetere M., Lemaire M., Le Viol I., Lorrilliere R., Maratrat J., Marmet J., Pelissier V. & Reneville C. 2015. Suivi national des chauves-souris communes et retombées locales. *Symbioses* 32 : 57-62.

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.

Kerns J., Erickson W. P., & Arnett E. B. 2005. Bat and bird fatality at wind energy facilities in Pennsylvania and West Virginia. In: Relationship between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of bat fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. ed E.B. Arnett. Bat conservation International, Austin, Texas (cited in Brinkmann & Schauer-Weissshahn 2006), p. 24-95.

Ketzenberg C., Exo K.M., Reichenbach M. & Castor M. 2002. Einfluss von Windkraftanlagen auf brütende Wiesenvögel. *Nat. Landsch* 77 : 144-153.

Kippeurt L. 2012. Volet avifaune et chiroptères de l'étude d'impact pour l'implantation d'un parc éolien sur le territoire de la communauté de communes du secteur de Dompierre (88). Biotope 107p.

Korner-Nievergelt F., Behr O., Brinkmann R., Etterson M., Huso M., Dalthorp D., Korner-Nievergelt P., Roth T. & Niermannl. 2015. Mortality estimation from carcass searches using the R-package carcass - a tutorial. *Wildlife Biology*, 21(1):30-43. 15p. doi: 10.2981/wlb.00094

Korner-Nievergelt F., Brinkmann R., Niermann O. & Behr O. 2013. Estimating Bat and Bird Mortality Occurring at Wind Energy Turbines from Covariates and Carcass Searches Using Mixture Models. *PLoS ONE* 8(7) : e67997.

Korner-Nievergelt F., Korner-Nievergelt P., Behr O., Niermann I., Brinkmann R. & Hellriegel B. 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildlife Biology*. NKV 17: 350-363.

Langston R. H. W., Pullan J. D. & RSPB/BIRDLIFE, 2004. Effects on wind farms on birds. *Nature and environment*, n°139 : 91 p.

Le Reste G. 2016. Enquête nationale sur les arbres gîtes à chauves-souris : bilan de 1999 à 2013. [éd.] Réseau des muséum de la région Centre. Symbioses, nouvelle série. Mars 2016, 34, pp. 46-48.

Lehnert L. S., Kramer-Schadt S., Schonborn S., Lindecke O., Niermann I. & al. 2014. Wind Farm Facilities in Germany Kill Noctule Bats from Near and Far. *PLoS ONE* 9 (8) : e103106. doi:10.1371/journal.pone.0103106

Lekuona J.M. 2001. Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves y murciélagos en los parques eólicos de Navarra durante un ciclo anual. Gobierno de Navarra, Spain.

Lenski J. 2010. Fledermausaktivitäten an linearen Gehölzstrukturen. Présentation PowerPoint lors du séminaire national l'énergie éolienne et la protection de la biodiversité – Reims, 15 au 17/09/2010, LPO/Ademe/MEEDDM/SER/FEE

LEPERCQ V. 2018. Le parc éolien des Hauts-de-France et ses impacts sur la faune volante : premier bilan des suivis de mortalité. *Écosphère*, 62 p.

Limpens H., Boonman M., Korner-Nievergelt F., Jansen E., Vandervalk M., La Haye M., Dirksen S. & Vreugdenhil S. 2013. Wind turbines and bats in the Netherlands – Measuring and predicting. Report 2013. 12, Zoogdierveniging & Bureau Waardenburg. 120p.

Loiret Nature Environnement. 2010. Suivi ornithologique et chiroptérologique des parcs éoliens de Beauce : Premiers résultats 2006 - 2009. Plaque 6 p.

Lucas M. de. & al. 2004. The effects of a wind farm on birds in a migration point : the Strait of Gibraltar. *Biodiversity and Conservation* 13, 395-407.

Ludin G. 2005. Cranes: Where, When and Why? A Guide Book for Visitors in European Crane Areas and Ideas How to Manage Cranes in an Agricultural Environment. Swedish Crane Working Group, 228 p.

Lustrat P. 1997. Biais dus aux techniques d'étude des chiroptères en activité de chasse en milieu forestier. *Arvicola* IX (1) : 7-10.

Mabbe T.J., Plissner J.H. & Cooper B.A. 2005. A radar and visual study of nocturnal bird and bat migration at the proposed Flat Rock wind power project, New York, fall 2004. ABR, Inc. – Environmental Research & Services, Forest Grove (Oregon), 30 p.

Marchesi, Blant & Capt. 2011. Clé morphologique et clé des crânes présentes dans le guide : Mammifères de Suisse : clés de détermination. *Fauna Helvetica*.

Martin G. R. 2011. Understanding bird collisions with man-made objects: a sensory ecology approach. *Ibis* (153) : 239-254.

Marx G. 2017. Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune. Étude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015. LPO : 80 p. + annexes.

Masden E. A., Haydon D. T., Fox A. D., Furness R. W., Bullman R. & Desholm M. 2009. Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds. *ICES Journal of Marine Science* 66 : 746–753.

Mathews F. 2011. National Bats and Wind Turbines Project. University of Exeter. 25p.

Mattei-Roesli M, Blant M, Magnin B & Ruedi M. 2011. Clé des crânes des Mammifères de Suisse : clés de détermination. *Fauna Helvetica*, 21 : 68-84 & 133-145

Matthews F. & al. 2016. Understanding the Risk to European Protected Species (bats) at Onshore Wind Turbine Sites to inform Risk Management. University of Exeter. 2016. p. 127.

May R., Hamre Ø., Vang R. & Nygard T. 2012. Evaluation of the DTBirdvideo-system at the Smøla wind-power plant. Detection capabilities for capturing near-turbine avian behaviour. NINA Report 910. 27pp.

Menu H. & 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.

Menzel J. A., Menzel M. A Jr, Kilgo J. C, Ford W. M., Edwards J. W. & McCracken G. F. 2005. Effect of habitat and foraging height on bat activity in the coastal plain of South Carolina. *Journal of Wildlife Management*. 2005, Vol. 69, 1, pp. 235-245. http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_menzel002.pdf.

Mezani S. 2012. Programme de suivi temporel des oiseaux communs (STOC) : bilan de la décennie 2002-2011. EPOB, 31 p.

Million, L., Julien, J.-F., Julliard, R., & Kerbiriou, C. 2015. Bat activity in intensively farmed landscapes with wind turbines and offset measures. *Ecological Engineering*, 75, pp. 250-257.

Millon L., Colin C., Brescia F. & Kerbiriou C. 2018. Wind turbines impact bat activity, leading to high losses of habitat use in a biodiversity hotspot. *Ecological Engineering* 112 (2018) 51–54. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.12.024>

Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer. 2016. Guide relatif à l'élaboration des études d'impacts des projets de parcs éoliens terrestres. MEEDDM – DREAL – SER – MNHN – ONF – LPO – ADEME, Actualisation 2016, p. 188 - www.developpement-durable.gouv.fr

Munoz A. R., Ferrer M., Delucas M. & Casado E. 2011. Raptor mortality in wind farms of southern Spain: mitigation measures on a major migration bottleneck area. Powerpoint (40 p) in Conference in Wind energy and Wildlife impacts. Trondheim, Norvège, 2 au 5 mai 2011.

Nadő L., Chromá R. & Kaňuch-Brill P. 2017. Structural, temporal and genetic properties of social groups in the short-lived migratory bat *Nyctalus leisleri*. *Behaviour* 154 (7-8). 785 – 807. doi: 10.1163/1568539X-00003444

National Renewable Energy Laboratory. 2000. Avian risk behaviour and fatalities at the Altamont Wind Resource Area. California Energy Commission.

Newton I. & Little B. 2009. Assessment of wind-farm and other bird casualties from carcasses found on a Northumbrian beach over an 11-year period. *Bird Study* 56, 158-167.

Niermann I., Brinkmann R., Körner-Nievergelt F. & Behr O. 2011. Systematische Schlagopfersuche-Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. In : BRINKMANN R., BEHR O., NIERMANN I. & REICH M. (Hrsg.): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. *Umwelt und Raum* Bd. 4, 40-115, Cuvillier Verlag, Göttingen.

OLIOSO, G. 1991. Le passage postnuptial du Gobemouche noir (*Ficedula hypoleuca*) à Grignan (Drôme) : stationnement et biométrie. *Bièvre*, 12 : 101-110.

Osborn R., Dieter C.D., Higgins K.F. & Usgaard R.E. 1998. Bird Flight Characteristics Near Wind Turbines in Minnesota. *American Midland Naturalist*, 139 (1) : 29-38.

Paulus G. 2007. Suivi indépendant du parc éolien de Port-Saint-Louis-du-Rhône (mortalité avifaune). Document non publié, 12 p.

Pearce-Higgins J. W., Stephen L., Langston R. H. W. & Bright J. A. 2008. Assessing the cumulative impacts of wind farms on peatland birds: a case study of golden plover (*Pluvialis apricaria*) in Scotland. *Mires and Peat* 4 : 1-3.

Pearce-Higgins J. W., Stephen L., Langston R. H. W., Bainbridge I. P & Bullman R. 2009. The distribution of breeding birds around upland windfarms. *Journal of Applied Ecology*, doi: 10.1111/j.1365-2664.2009.01715.x. 9 p.

Pedersen M. N. & Poulsen E. 1991. En 90m/2 MW vindmoelles invirkning pa fuglelivet. Fugles reaktioner pa opfoerelse og ideftsattelsen af tjareborgmoellen ved Det Danske Vadehav. *Danske Vildundersoegelser* 47: 44.

Percival S. 2000. Birds and wind turbines in Britain. *British Wildlife* 12 : 8-15.

Percival S. 2001. Assessment of the effects of offshore wind farms on birds. *Ecology consulting*. 66 p.

Pereira M., Peste F., Paula A., Pereira P., Bernardino J., Vieira J., Bastos C., Mascarenhas M., Costa H. & Fonseca C. 2016. Managing coniferous production forests towards bat conservation. *Wildlife Research*, 2016, 43, 80–92. <http://dx.doi.org/10.1071/WR14256>

Péron G., 2018. Process-based vs. ad-hoc methods to estimate mortality using carcass surveys data: A review and a note about evidence complacency. *Ecological Modelling* 384 (2018) 111-118

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

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

Pravettoni R., UNEP/GRID-Arendal. 2015. En ligne : http://www.grida.no/graphicslib/detail/nathusius-pipistrelle-distribution-and-migration_18cb

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

Reichenbach M. & Steinborn H. 2011. The role of wind turbines in the context of habitat quality – the case of Lapwing (*Vanellus vanellus*), Skylark (*Alauda arvensis*) and Meadow pipit (*Anthus pratensis*) in a cultivated raised bog in northern Germany: Results of a 7 year BACI-study. Présentation à la 'Conference on Wind energy and Wildlife impacts' du 2 au 5 mai 2011 à Trondheim (Norvège).

Richardson S, Lintott P, Hosken D, Theo Economou T & Matthews F. 2021. Peaks in bat activity at turbines and the implications for mitigating the impact of wind energy developments on bats. *Scientific Reports* (2021) 11: 3636. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82014-9>

Rico P. & Lagrange H. 2011. Bilan des tests d'asservissement sur le parc du Mas de Leuze (commune de Saint Martin de Crau-13). *Biotope*. 39 p.

Rico P. & Lagrange H. 2016. Étude de l'activité et de la mortalité des chiroptères sur plusieurs parcs éoliens par trajectographie acoustique, imagerie thermique et recherché de cadavres au sol – Contribution aux évaluations des incidences sur l'environnement. Présentation orale et Powerpoint, 16èmes Rencontres nationales "chauves-souris" de la SFEPM, Muséum de Bourges, 25 mars 2016, http://www.sensoflife.com/wp-content/uploads/2015/05/Bourges_2016_SOL.pdf

Rodrigues L., Bach L., Dubourg-Sauvage M.J., Goodwin J. & Harbusch C. 2008. Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Publication Series No 3. PNUE/EUROBATS. 29p.

Rodrigues L., Bach L., Dubourg-Savage M.-J., Karapandza B., Kovac D., Kervyn T., Dekker J., Kepel A., Bach P., Collins J., Harbusch C., Park K., Micevski B. and Minderman J. 2015. Guidelines for consideration of bats in wind farm projects – Revision 2014. EUROBATS Publication Series No. 6 (English version). UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany. 133p.

Roeleke M., Blohm T., Kramer-Schadt S., Yovel Y. & Voigt C. 2016. Habitat use of bats in relation to wind turbines revealed by GPS tracking. Scientific reports 6, 28961 ; doi 10.1038/srep28961.

Roemer C., Discab T., Coulon A., Basa Y. 2017. Bat flight height monitored from wind masts predicts mortality risk at wind farms. Biological Conservation 215 (2017) 116–122. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2017.09.002>

Rydell J. & al. 2012. The effect of wind power on birds and bats. Report 6511. Swedish Environmental Protection Agency, 152 p.

Santos S.M., Carvallho F. & Mira A. 2011. How long do the dead survive on the road ? Carcass Persistence Probability and Implications for Road-Kill Monitoring Surveys. PLoS ONE 6(9): e25383.

Schaub M. & Pradel R. 2004. Assessing the relative importance of different sources of mortality from recoveries of marked animals. Ecology 85 : 930–938.

Schober W. & Grimmberger E. 1991. Guide des Chauves-souris d'Europe. Delachaux & Niestlé, Neuchâtel-Paris, 223 p.

Smallwood K.S. & Thelander C.G. 2004. Developing methods to reduce bird mortality in the Altamont Pass Wind Resource Area. Final Report. BioResource consultants to the California Energy Commission, Public Interest Energy Research- Environmental Area : 363 p. + annexes.

Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFEPM) : Groupe Chiroptères. 2016. Diagnostic chiroptérologique des projets éoliens terrestres Actualisation 2016 des recommandations SFEPM. Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères. Paris : s.n., Version 2.1 (février 2016). p. 33.

Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFEPM) : Groupe Chiroptères. 2016. Suivi des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de Chiroptères, Version 2 (février 2016). Paris, 17p.

Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFEPM) 2006. Recommandations pour une expertise chiroptérologique dans le cadre d'un projet éolien. Fasc. 7 p.

Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFEPM). 1984. Atlas des Mammifères sauvages de France - Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, 229 pp.

Strickland MD., Arnett EB., Erickson WP., Johnson DH., Johnson GD. & al. 2011. Comprehensive guide to studying wind energy/wildlife interactions. National Wind Coordinating Collaborative website. Available: http://www.nationalwind.org/assets/publications/Comprehensive_Guide_to_Studying_Wind_Energy_Wildlife_Interactions_2011_Updated.pdf

Syndicat des Energies Renouvelables, France Energie Eolienne, Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères & LPO, 2011. Protocole d'étude chiroptérologique sur les projets de parcs éoliens : document de cadrage. 7 p.

Telleria J.S. 2009. Potential impacts of wind farms on migratory birds crossing Spain. Bird Conservation International 19 : 131–136.

Thauront M., D'Agostino R. & Marchais G. 2015. Expertise chiroptères et suivi de mortalité - Parcs éoliens Lomont – Pays de Montbeliard. Ecosphère. 63 pages.

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

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

THONNERIEUX, Y. 1985. Coup d'œil sur la migration du Gobemouche noir *Ficedula hypoleuca* dans la région Rhône-Alpes. Bièvre 7 : 31-36.

Toronto Renewable Energy Co-operative. 2000. Wind Turbine environmental assessment. Vol. 1 : Screening document. Toronto Renewable Energy Co-operative, April 2000.

UICN FRANCE, MNHN, LPO, SEOF & ONCFS. 2016. La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Oiseaux de France métropolitaine. Paris, France.

UICN FRANCE, MNHN, SFEPM & ONCFS. 2017. La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France.

UICN FRANCE. 2012. Liste rouge des chiroptères de la région Centre (validation CSRPN de 11/2013)

UICN FRANCE. 2012. Liste rouge des oiseaux nicheurs de la région Centre (validée au CSRPN en novembre 2013).

Villafranco D.O., Grace S. & Holt R. 2017. The effects of wind turbine wake turbulence on bat lungs. The Journal of the Acoustical Society of America 141, 3544. <https://doi.org/10.1121/1.4987497>

Voigt C.C., Popa-Lisseanu A.G., Niermann L. & Kramer-Schadt S. 2012. The catchment area of wind farm for European bats : a plea for international regulation. Biological Conservation, 153. 80-86p.

Whalen W. 1994. Siting Wind Plants and the Avian Issue. « Windpower '94 Conference/ Minneapolis. American Wind Energy Association.

Winkelman J. E. 1992. The impact of the Sep wind park near Oosterbierum (Fr.), the Netherlands, on birds, 1: collision victims. DLO-Instituut voor Bos-en Natuuronderzoek. RIN-rapport 92/2. 4 volumes. En hollandais avec résumé anglais.

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.

Winkelman J.E. 1989. Vogels in het windpark nabij Urk (NOP): aanvaringslachtoffers en verstering van pleisterende eenden, ganzen en zwanen. RIN-rapport 89/15, Arnhem.

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



ANNEXE 1 : DATES DE PROSPECTION DU SUIVI DE MORTALITE ET DES TESTS ASSOCIES

Période	Passage	Semaine	Date	Tâche	Intervenant ELN
1	1	18	02/05/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	2		05/05/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	3		08/05/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	4	19	11/05/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	5		14/05/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	6	20	17/05/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	7		20/05/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	8	21	23/05/2022	Suivi mortalité Test de persistance (dépôt)	Dylan Veau
			24/05/2022	Test de persistance (j+1)	Dylan Veau
	9		26/05/2022	Suivi mortalité Test de persistance (j+3)	Dylan Veau
	10		29/05/2022	Suivi mortalité Test de persistance (j+6)	Dylan Veau
	11	22	01/06/2022	Suivi mortalité Test de persistance (j+9)	Dylan Veau
	12		04/06/2022	Suivi mortalité Test de persistance (j+12)	Dylan Veau
	13	23	07/06/2022	Suivi mortalité Test de persistance (j+15)	Dylan Veau
	14		10/06/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	15	24	13/06/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	16		16/06/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	17		19/06/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	18	25	22/06/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	19		25/06/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	20	26	28/06/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	21		01/07/2022	Suivi mortalité Test d'efficacité	Dylan Veau + Elodie Chatel
	22	27	04/07/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	23		07/07/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	24		10/07/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	25	28	13/07/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	26		16/07/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	27	29	19/07/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	28		22/07/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	29	30	25/07/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
	30		28/07/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau
31	31/07/2022		Suivi mortalité	Dylan Veau	

Période	Passage	Semaine	Date	Tâche	Intervenant ELN	
2	32	31	03/08/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
	33		06/08/2022	Suivi mortalité	Maxence Pelletier	
	34	32	09/08/2022	Suivi mortalité	Maxence Pelletier	
	35		12/08/2022	Suivi mortalité	Maxence Pelletier	
	36	33	15/08/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
	37		18/08/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
	38		21/08/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
	39	34	24/08/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
	40		27/08/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
	41	35	30/08/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
	42		02/09/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
	43	36	05/09/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
	44		08/09/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
	45		11/09/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
	46	37	14/09/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
	47		17/09/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
	48	38	20/09/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
	49		23/09/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
	50		26/09/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
				28/09/2022	Test de persistance (dépôt)	Dylan Veau
	51	39	29/09/2022	Suivi mortalité Test d'efficacité Test de persistance (J+1)	Dylan Veau + Benoit Foreau	
			01/10/2022	Test de persistance (j+3)	Dylan Veau	
	52		02/10/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
				04/10/2022	Test de persistance (j+6)	Dylan Veau
	53	40	05/10/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
			07/10/2022	Test de persistance (j+9)	Dylan Veau	
	54		08/10/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
				10/10/2022	Test de persistance (j+12)	Dylan Veau
	55	41	11/10/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
			13/10/2022	Test de persistance (j+15)	Maxence Pelletier	
	56	42	14/10/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau	
57	17/10/2022		Suivi mortalité	Dylan Veau		
58	20/10/2022		Suivi mortalité	Dylan Veau		
59	43	23/10/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau		
60		26/10/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau		
61		29/10/2022	Suivi mortalité	Dylan Veau		

ANNEXE 2 : SURFACES PROSPECTEES PAR EOLIENNE AU COURS DU SUIVI

Période	Sous-période	Nbr de passages	MRV01		MRV02		MRV03		MRV04		MRV05		MRV06		% moyen de surface prospectée sur le parc :	
			% Prospecté	Prospecté (m²)												
1	02-mai	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	39%
	05-mai	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	
	08-mai	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	
	11-mai	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	
	14-mai	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	
	17-mai	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	
	20-mai	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	
	23-mai	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	
	26-mai	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	
	29-mai	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	
	01-juin	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	
	04-juin	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	
	07-juin	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	
	10-juin	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	
	13-juin	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	
	16-juin	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	
	19-juin	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	
	22-juin	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	
	25-juin	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	
	28-juin	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	50%	5000	20%	2000	25%	
	01-juil	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	90%	9000	50%	5000	37%	
	04-juil	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	90%	9000	50%	5000	37%	
	07-juil	1	20%	2000	20%	2000	20%	2000	20%	2000	90%	9000	100%	10000	45%	
	10-juil	1	20%	2000	20%	2000	100%	10000	100%	10000	90%	9000	100%	10000	72%	
	13-juil	1	20%	2000	20%	2000	100%	10000	100%	10000	90%	9000	100%	10000	72%	
	16-juil	1	20%	2000	20%	2000	100%	10000	100%	10000	90%	9000	100%	10000	72%	
	19-juil	1	20%	2000	20%	2000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	73%	
	22-juil	1	80%	8000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	97%	
25-juil	1	80%	8000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	97%		
28-juil	1	80%	8000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	97%		
31-juil	1	80%	8000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	97%		

Période	Sous-période	Nbr de passages	MRV01		MRV02		MRV03		MRV04		MRV05		MRV06		% moyen de surface prospectée sur le parc :
			% Prospecté	Prospecté (m²)											
2	03-août	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	06-août	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	09-août	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	12-août	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	15-août	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	18-août	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	21-août	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	24-août	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	27-août	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	30-août	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	02-sept	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	05-sept	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	08-sept	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	11-sept	1	0%	0	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	83%
	14-sept	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	17-sept	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	20-sept	1	0%	0	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	83%
	23-sept	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	26-sept	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	29-sept	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	02-oct	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	05-oct	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	08-oct	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	11-oct	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	14-oct	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
	17-oct	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%
20-oct	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%	
23-oct	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%	
26-oct	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%	
29-oct	1	90%	9000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	100%	10000	98%	
		Moyenne totale :	55%		65%		70%		70%		73%		72%	68%	
		Moyenne P1 :	28%		30%		41%		41%		47%		45%	39%	
		Moyenne P2 :	84%		100%		100%		100%		100%		100%	97%	

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

Ordre	Nom français	Nom scientifique	Age	Sexe	Date ramassage	Coord X_L93	Coord Y_L93	Distance mat	Orientation mat	Numéro éolienne	Découvreur	Identificateur	Critère identification	Etat	Occupation du sol	Visibilité	Statut
Chiro	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pispistrellus</i>	IND	F	2022-07-04	569689,875	6807994,641	9	N	MRV02	Dylan Veau	Bastien Corniaux	AB = 32,6 mm	frais	plateforme	bonne	local
Oiseau	Busard Saint Martin	<i>Circus cyaneus</i>	ad	M	2022-07-07	570308,589	6807218,104	36	SO	MRV04	Dylan Veau	Dylan Veau, Maxence Pelletier		frais	labour	bonne	local
Chiro	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pispistrellus</i>	IND	IND	2022-07-22	570097,364	6807716,972	44	O	MRV03	Dylan Veau	Bastien Corniaux	AB = 30,4 mm	sec	labour	bonne	local
Chiro	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus lesleiri</i>	IND	M	2022-07-22	569287,121	6808300,141	41	N	MRV01	Dylan Veau	Bastien Corniaux	AB = 44 mm	frais	chaume	moyenne	migrateur probable
Chiro	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pispistrellus</i>	IND	M	2022-07-25	569271,508	6808248,014	16	S	MRV01	Dylan Veau	Bastien Corniaux	AB = 30,9 mm	frais	plateforme	bonne	local
Oiseau	Gobemouche noir	<i>Ficedula hypoleuca</i>	IND	F	2022-08-15	570131,216	6806181,321	53	ESE	MRV06	Dylan Veau	Dylan Veau		frais	labour	bonne	migrateur
Chiro	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus lesleiri</i>	IND	IND	2022-08-24	570146,897	6807721,986	20	N	MRV03	Dylan Veau	Iserette André	AB = 43,4 mm	avancé	labour	bonne	migrateur
Chiro	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pispistrellus</i>	IND	M	2022-08-30	570251,216	6806672,834	41	S	MRV05	Dylan Veau	Iserette André	AB = 31,8 mm	frais	labour	bonne	local
Oiseau	Goéland brun	<i>Larus fuscus</i>	imm	IND	2022-09-02	570208,784	6806707,685	39	ESE	MRV05	Dylan Veau	Dylan Veau		frais	labour	bonne	migrateur
Chiro	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pispistrellus</i>	IND	M	2022-09-02	569273,788	6808257,191	8	SE	MRV01	Dylan Veau	Iserette André	AB = 31,3 mm	frais	plateforme	bonne	local
Oiseau	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	IND	F	2022-09-23	569666,045	6807942,697	48	S	MRV02	Dylan Veau	Dylan Veau		frais	labour	bonne	migrateur probable
Chiro	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pispistrellus</i>	IND	IND	2022-09-26	570327,447	6807233,139	13	O	MRV04	Dylan Veau	Bastien Corniaux	AB = 30,3 mm	sec	plateforme	bonne	local
Oiseau	Pigeon biset feral	<i>Columba livia f. domestica</i>	IND	IND	2022-09-26	570188,775	6806180,044	47	SE	MRV06	Dylan Veau	Benoit Foreau		frais	labour	bonne	local
Chiro	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pispistrellus</i>	IND	F	2022-10-05	570266,476	6806712,630	8	SSE	MRV01	Dylan Veau	Dylan Veau		frais	plateforme	bonne	local
Chiro	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pispistrellus</i>	IND	M	2022-10-05	569273,788	6808257,191	19	O	MRV05	Dylan Veau	Iserette André	AB = 31,1 mm	avancé	labour	bonne	local
Chiro	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pispistrellus</i>	IND	F	2022-10-08	NA	NA	NA	NA	MRV01	Dylan Veau	Bastien Corniaux	AB = 29,6 mm	frais	NA	bonne	local
Chiro	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pispistrellus</i>	IND	M	2022-10-17	569667,902	6808026,038	44	NO	MRV02	Dylan Veau	Dylan Veau		avancé	labour	bonne	local
Chiro	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pispistrellus</i>	IND	M	2022-10-17	569681,793	6808001,047	16	NO	MRV02	Dylan Veau	Dylan Veau		avancé	labour	bonne	local
Chiro	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	IND	F	2022-10-23	570225,502	6806719,654	23	O	MRV05	Dylan Veau	Dylan Veau		avancé	plateforme	bonne	migrateur
Chiro	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	IND	F	2022-10-26	570248,027	6806716,153	2	S	MRV05	Dylan Veau	Dylan Veau		frais	plateforme	bonne	migrateur

*IND = Indéterminé ; mm = immature ; ad = adulte ; F = Femelle ; M = Mâle ; AB = longueur de l'avant-bras ; NA = données inconnues

ANNEXE 4 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR D'EOLAPP

Exemple d'une capture d'écran.

- Résultats obtenus pour l'ensemble du suivi pour l'ensemble des cadavres. Résultats présentés dans le tableau en partie 5.3.1.



Estimation des mortalités induites par les éoliennes

Sélectionner un fichier avec le nombre de cadavres trouvés :

Browse... cadavres_tot.csv

Upload complete

Nb lignes lues = 61

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

Browse... persistence_tot.csv

Upload complete

Nombre de lignes lues = 48

Méthode de calcul des intervalles de confiance

Non-paramétrique

Paramétrique

Intervalle de temps entre les passages =

3

Nombre de cadavres déposé pour étude de la détection =

80

Nombre de cadavres trouvé pour étude de la détection =

63

Pourcentage de la surface prospectée =

0.68

CALCULER

Données en entrée

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

0, 0, 0, 0, 0, ..., 2, 0, 1, 1, 0

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

0, 15, 1, 15, 0, ..., 1, 3, 1, 3, 3

Estimations avec leurs intervalles de confiance

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	32.63	16.55	60.20	21.07	48.63
Huso	56.45	30.55	89.96	38.29	77.05
Winkelmann	74.49	39.03	128.58	49.36	106.95
Jones	58.39	31.52	94.71	39.52	80.39

ANNEXE 5 : ESTIMATIONS DE LA MORTALITE REELLE OBTENUES A PARTIR DE GENEST

Présentation de quelques captures d'écran.

- Résultats obtenus par période et par groupe impacté. Résultats présentés dans le tableau en partie 5.3.2.

GENEST v1.4.8 Data Input Analyses Help

General Inputs
Searcher Efficiency
Carcass Persistence
Mortality Estimation
Detection Probability

Model Inputs:

Carcass ID Column (CO)

Fraction of Facility Surveyed:

Date Found:

Splitting Mortality:
Max. two total splits, max. one schedule-based split

Search Schedule (SS) Variable:

Carcass Observation (CO) Variable:

Figures
Summary

Show 25 entries Search:

	Group	Season	X	10%	25%	50%	75%	90%
1	Chiroptere	periode_1	4	8.97	13.3	18.53	24.72	30.71
2	Chiroptere	periode_2	11	15.15	17.85	21.53	25.37	28.96
3	Oiseau	periode_1	1	1	1	3.44	5.79	7.35
4	Oiseau	periode_2	4	4.38	5.95	7.65	9.57	11.2

Showing 1 to 4 of 4 entries Previous 1 Next



➤ Résultats obtenus par groupe impacté. Résultats présentés dans le tableau en partie 5.3.2.

GENEST v1.4.8 Data Input **Analyses** Help

General Inputs Searcher Efficiency Carcass Persistence **Mortality Estimation** Detection Probability

Model Inputs:

Carcass ID Column (CO)

Fraction of Facility Surveyed:

Date Found:

Splitting Mortality:
Max. two total splits, max. one schedule-based split

Search Schedule (SS) Variable:

Carcass Observation (CO) Variable:

Figures Summary

Show entries Search:

	Group	X	10%	25%	50%	75%	90%
1	Chiroptere	15	28.41	33.59	40.63	47.73	54.06
2	Oiseau	5	6.24	8.38	11.13	13.82	16.7

Showing 1 to 2 of 2 entries Previous Next



ANNEXE 6 : PARAMETRES SERVANT A L'ESTIMATION DE LA MORTALITE REELLE AVEC GENEST

		Test 1	Test 2
	DATAFILES INPUTS :	DWP_par période	DWP_par période
GENERAL INPUTS	<i>Model inputs</i>		
	Number of iteration	1000	1000
	Confidence level	0,8	0,8
	Carcass Class Column	Season	Season
SEARCHER EFFICIENCY	<i>Model inputs</i>		
	Observations	Efficacite1	Efficacite1
	Predictor variables	-	Visibility
	Fixed k	0,75 ; 0,75	0,75 ; 0,75
	<i>Selection</i>		
	p model / p ~	constant ; constant	constant (periode_1) ; Visibility (periode_2)
k model	fixed at 0,75 ; fixed at 0,75	fixed at 0,75 ; fixed at 0,75	
CARCASS PERSISTENCE	<i>Model inputs</i>		
	Last time present	LastPresent	LastPresent
	First time absent	FirstAbsence	FirstAbsence
	Predictor variables	-	-
	Distributions	loglog, lognorm, weibull, exp	loglog, lognorm, weibull, exp
	<i>Selection</i>		
Distribution	lognormal ; lognormal	lognormal ; lognormal	
Location ~	constant ; constant	constant ; constant	
Scale ~	constant ; constant	constant ; constant	
MORTALITY ESTIMATION	<i>Model inputs</i>		
	Carcass ID	carclD	carclD
	Fraction of Facility Surveyed	1	1
	DWP	Season	Season
	Date found	DateFound	DateFound
	<i>Split mortality</i>		
	Search Schedule (SS) Variable	- Season	- Season
Carcass Observation (CO) Variable	- Group Visibility	- Group Visibility	

Test 1 retenu pour les estimations de la mortalité réelle (voir commentaires du test 2).

Les estimations de mortalité réelle obtenues au test 2 sont similaires à celles du test 1. Au vu de notre jeu de données, choisir la variable "Visibility" comme Predictor variable de SE semble peu pertinent, car nous n'avons pas toujours les mêmes visibilités entre SE, CP et CO et entre périodes. Par ailleurs, en choisissant "Visibility" comme Predictor variable de CP, les estimations de mortalité réelle ne peuvent pas aboutir, étant donné qu'il manque la visivilité "Moyenne" dans les données de persistance. Aucune Predictor variable n'est donc retenue pour CP.