



BORALEX

Parc éolien de Marcillé

Commune de Marcillé-Raoul,
Ille-et-Vilaine (35)
27 février 2026

**Suivi de mortalité de
l'avifaune et des
chiroptères et suivi
d'activité en altitude
des chiroptères (2025)**


biotopé

Information sur le document

Citation recommandée	Biotope, 2026 – Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères et suivi d'activité en altitude des chiroptères (2025) - Parc éolien de Marcillé - Commune de Marcillé-Raoul, Ille-et-Vilaine (35) – Boralex - 101 p.		
Nom de fichier	Boralex_SuiviMortalite_Marcillé_2025_V1_20260227.docx		
N° de contrat	2023014-15		
Date de démarrage de la mission	01/01/2025		
Maître d'ouvrage	Boralex S.A.S. 71 rue Jean Jaures 62575 Blendecques		
Interlocuteur	Vezians DUPONT	Contact : vezians.dupont@boralex.com 06 31 22 45 86	
Biotope, Responsable du projet	Laurine FOUQUET <i>Cheffe de projets écologue</i>	Contact : lfouquet@biotope.fr 07.57.76.17.99	
Biotope, Contrôleur qualité	Marine RIU (MRI) <i>Cheffe de projets écologue</i>	Contact : mriu@biotope.fr 07 60 02 05 80	
Version 1	Rédacteur : Laurine FOUQUET 25/02/2025	Contrôle qualité : Marine RIU 26/02/2026	Description des modifications apportées au document : ● Création du document.

Biotope est signataire de la « [Charte d'Engagement des Bureaux d'Études dans le domaine de l'évaluation environnementale](#) ».

Sauf mention contraire explicite, toutes les photos du rapport ont été prises sur site par le personnel de Biotope dans le cadre des prospections de terrain.

Avant-propos

Le parc éolien de Marillé, situé dans le département d'Ille-et-Vilaine, en région Bretagne, a été mis en service en janvier 2023. La société Boralex a missionné Biotope pour la réalisation du suivi mortalité du parc éolien en 2024 et en 2025. Elle a également missionné Biotope pour la réalisation d'une étude des chiroptères en nacelle conformément au protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (révision 2018).

En plus des recommandations nationales, l'arrêté préfectoral de novembre 2015, portant sur l'autorisation d'exploitation, prévoit un suivi de la mortalité (avifaune et chiroptère) sur les deux premières années de fonctionnement de l'installation du parc éolien.

Le présent document présente les résultats des suivis réalisés en 2025 par le bureau d'études BIOTOPE. L'objectif de ce suivi est d'estimer les taux de mortalité des chauves-souris et des oiseaux, liés à l'exploitation du parc éolien de Marillé.

Au regard des éléments fournis (volet faune de l'étude d'impact) et des échanges réalisés pour la réalisation de l'offre commerciale, un protocole adapté, issu du document validé par le Ministère « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens », fixant les modalités à suivre, notamment pour la réalisation d'un suivi de mortalité, a été mis en œuvre.

À noter que la révision du document « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » est paru en mars 2018 fixant les modalités à suivre, notamment pour la réalisation d'un suivi de mortalité. Ainsi, le protocole réalisé dans le cadre de cette étude et le rapport qui en découle tiennent compte des évolutions du protocole national.

Sommaire

1	Contexte de l'étude et aspects méthodologiques	5
1.1	Contexte – présentation du parc et données historiques	5
1.1.1	Présentation du parc	5
1.1.2	Rappel des enjeux de l'étude d'impact	7
1.2	Méthodologie appliquée	8
1.2.1	Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national	8
1.2.2	Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées	8
1.2.3	Conditions de réalisation du suivi de mortalité et des suivis de l'activité de l'avifaune et des chiroptères	23
1.2.4	Équipe de travail	26
2	Synthèse et analyse des résultats	27
2.1	Résultat du suivi de l'activité des chiroptères en hauteur	27
2.1.1	Espèces contactées	27
2.1.2	Abondance relative	28
2.1.3	Évaluation de l'activité en hauteur	29
2.1.4	Analyse détaillée de l'activité des chiroptères en hauteur	33
2.1.5	Comparaison avec les suivis de l'activité des chiroptères antérieures	39
2.1.6	Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction des paramètres météorologiques	41
2.1.7	Synthèse de l'activité des chiroptères en hauteur	47
2.2	Résultats du suivi de mortalité	48
2.2.1	Résultats bruts	48
2.2.2	Analyse des résultats	57
2.2.3	Comparaison avec les suivis de mortalité antérieurs	69
2.2.4	Synthèse du suivi de mortalité	73
2.3	Facteurs d'impact et mesures mises en place	75
2.3.1	Analyse croisée avec l'étude d'impact	75
2.3.2	Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères	76
2.3.3	Évaluation de l'efficacité du bridage chiroptère en fonctionnement	82
3	Evolution de l'asservissement sur le parc éolien	84
4	Conclusions	86
5	Bibliographie	87
6	Annexes	90
	Annexe I : Tableau récapitulatif des observations de cadavres.	90
	Annexe II : Détails des arrêtés relatifs aux installations de production d'électricité	91
	Annexe III : Détails sur les méthodes d'inventaires attendues à l'échelle nationale	92
	Annexe IV : Détails sur les coefficients correcteurs et des méthodes statistiques	93
	Annexe V : Définition de l'AIC et des intervalles de confiances à 95%	94
	Annexe VI : Détails sur la méthodologie, les résultats et les biais concernant les référentiels mortalité Biotope	95
7	Index des tableaux, cartes et figures	97

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1.1 Contexte – présentation du parc et données historiques

1.1.1 Présentation du parc

Le parc éolien de Marcillé se situe dans le département d'Ille-et-Vilaine (35), en région Bretagne. Il est localisé à environ 35 km au Nord du centre-ville de Rennes.

Le parc, mis en service en janvier 2023, comprend 6 éoliennes Vestas V100 de 2,2 MW de puissance unitaire et d'orientation ouest-est. Ces éoliennes ont une hauteur au moyeu de 100 m et disposent d'un rotor de 100 m de diamètre.

Le parc de Marcillé se situe dans un contexte de cultures céréalières avec la présence de boisement à proximité.



Eolienne MAR01



Eolienne MAR03

Figure 1. Illustrations de 2 éoliennes du parc éolien de Marcillé.



Figure 2. Disposition des éoliennes du parc éolien de Marcillé.

1.1.2 Rappel des enjeux de l'étude d'impact

L'objectif de cette partie est de résumer et de faire ressortir les espèces à enjeux identifiées lors de l'étude d'impact du projet éolien réalisée en 2013 et rédigée en 2014 afin de les comparer avec les résultats des suivis post-implantation réalisés en 2024 et 2025.

1.1.2.1 Présentation de l'aire d'étude initiale et des techniques employées

L'aire d'étude immédiate correspond à la ZIP (=Zone d'Implantation Potentielle) du parc éolien où ont été menées les investigations de terrain les plus poussées. Certains inventaires ont été réalisés au sein de l'aire d'étude rapprochée (périmètre de 1 km autour de la ZIP). Pour la partie « oiseaux », 8 journées d'inventaire ont été mobilisées entre janvier 2013 et octobre 2013 couvrant l'ensemble du cycle biologique annuel : migrations pré et postnuptiales, hivernage et reproduction. Les observations directes ont été réalisées en parcourant l'aire d'étude et par observation sur des points fixes. Il a également été réalisé des points d'écoutes conformément au protocole IPA. Ces méthodes ont permis d'apprécier l'utilisation du site par les oiseaux nicheurs ou en transit mais aussi de préciser les espèces hivernantes et en passage migratoire.

Pour l'étude des chauves-souris, deux techniques ont été déployées : l'utilisation d'enregistreurs automatiques et de détecteurs d'ultrasons manuels. Quatre soirées d'inventaire ont été mobilisées : 2 en mai 2013 pour l'étude du transit printanier, 1 en juillet 2013 pour l'étude de la reproduction et 1 en septembre 2013 pour l'étude du transit automnal. Les enregistreurs automatiques utilisés sont les SM2 Bat, ils ont été disposés sur des points d'échantillonnages précis et leurs emplacements sont restés identiques au cours des différentes phases du cycle biologique étudiées. Parallèlement aux enregistrements automatisés (SM2), des séances d'écoute active sont effectuées au cours de la même nuit, à l'aide d'un détecteur d'ultrasons : l'Echo-meter 3 (EM3).

1.1.2.2 Intérêts du site et de ses abords pour les oiseaux, définis par l'étude d'impact

Sur le site éolien, il n'existe pas de secteur particulièrement favorable à l'avifaune. Tous les habitats sont occupés au moins ponctuellement par des espèces patrimoniales, que ce soit pour la chasse, le repos ou l'installation d'un nid.

En hiver, les enjeux sont très faibles avec peu d'espèces patrimoniales présentes et des concentrations d'oiseaux assez faibles.

Lors des migrations, aucune voie particulière n'est empruntée par l'avifaune et les espèces migratrices peuvent survoler l'ensemble du site d'étude.

Enfin, en période de nidification, on rencontre une plus forte concentration d'oiseaux patrimoniaux dans les secteurs bocagers et à proximité du massif boisé au sud.

1.1.2.3 Intérêts du site et de ses abords pour les chiroptères, définis par l'étude d'impact

15 espèces ont été inventoriées lors des sessions d'enregistrement, sur les 21 espèces recensées à l'échelon régional. L'environnement immédiat du projet étudié abrite les 2/3 de la faune chiroptérologique bretonne.

Les potentialités de gîtes pour les chiroptères sont limitées au niveau des habitats présents sur le site d'étude. Des potentialités de gîtes existent dans les proches environs de la zone d'étude, comme les villages ou hameaux à moins de 2 km, ainsi que le vaste massif boisé au sud qui représente un secteur aux fortes potentialités de gîtes arboricoles.

Le cortège des espèces de lisières domine très nettement le niveau d'activité global mesuré sur le site d'étude. La Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl sont les deux espèces les plus communément contactées (près de 93% des contacts enregistrés).

1.2 Méthodologie appliquée

1.2.1 Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national

1.2.1.1 Arrêté ministériel d'août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 et protocole national

L'arrêté du 22 juin 2020 modifie l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation selon la rubrique 2980 de la législation sur les installations classées pour la protection de l'environnement. L'article 12 de l'arrêté de 2011 est remplacé par de nouvelles dispositions. Les différents intitulés et dispositions des arrêtés sont précisément décrits dans l'Annexe 2.

Un protocole national cadrant les objectifs et modalités de suivi des parcs éoliens en exploitation a été rédigé en 2015 puis mis à jour début 2018.

La présente étude vient répondre aux obligations induites par le protocole national ainsi que par l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.

1.2.1.2 Méthodes et pressions d'inventaire attendues à l'échelle nationale

Le protocole national précise que le suivi de mortalité sera constitué d'au minimum 20 visites réparties entre les semaines 20 et 43 en fonction des risques identifiés dans l'étude d'impact, de la bibliographie et de la connaissance du site (Annexe 3, Figure 48). Pour le nombre d'éoliennes à prospecter, le protocole recommande de suivre toutes les éoliennes pour les parcs de 8 éoliennes ou moins, et pour les parcs de plus de 8 éoliennes, appliquer la formule suivante : $8 + (\text{nombre d'éoliennes} - 8) / 2$.

La collecte de données implique de prospecter une surface-échantillon définie, généralement un carré de 100 m de côté ou un cercle couvrant au moins un rayon égal à la longueur des pales avec un minimum de 50 m (Annexe 3, Figure 49). La méthode de recherche consiste en des transects à pied avec des espacements dépendants du couvert végétal. Les résultats sont soumis à des tests de correction, comprenant un test d'efficacité de recherche et un test de persistance des cadavres.

L'analyse des résultats comprend la compilation des données brutes, l'évaluation de l'impact du parc et de l'efficacité des mesures, une analyse qualitative par éolienne, des croisements avec d'autres données, et la justification des mesures correctives proportionnelles. Il vise également à estimer la mortalité pour des comparaisons objectives, en utilisant des formules de calcul standardisées. Au moins 3 formules de calcul des estimateurs standardisés doivent être utilisées, dont Huso (2010) obligatoirement, avec précision de l'intervalle de confiance de l'estimation.

1.2.1.3 Obligations réglementaires spécifiées dans l'arrêté préfectoral

Un suivi de la mortalité des chiroptères et de l'activité des chiroptères en altitude est prévu dès la première année d'exploitation pour 2 ans puis une fois tous les 10 ans.

Depuis le 28 juin 2024, après un renforcement des paramètres d'asservissement préconisés, toutes les éoliennes doivent être arrêtées du crépuscule à l'aube hors période de pluie, lorsque le vent est < 6 m/s et la température $> 13^{\circ}\text{C}$, sur la période du 1 avril au 31 octobre.

1.2.2 Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées

Ce chapitre décrit la méthodologie mise en œuvre dans le cadre de l'étude réalisée sur le parc éolien de Marcillé. Il présente par ailleurs en détail les principales données collectées et analyses réalisées.

1.2.2.1 Principe de l'estimation de mortalité : méthodes, calculs et des incertitudes

L'objectif de ce suivi est de proposer une estimation de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux, au sein du parc. Le protocole national révisé en 2018 demande de préciser les incertitudes de l'estimation de la mortalité.

1.2.2.1.1. Principe de l'estimation de mortalité et formules utilisées

Les suivis de mortalité par recherche de cadavres au sol représentent actuellement la technique la plus régulièrement mise en œuvre. Toutefois, cette technique est soumise à de nombreux biais (capacités de détection de l'observateur, taux de

disparition des cadavres par prédation/décomposition, activités agricoles du travail du sol) qui requièrent la définition de coefficients correcteurs à différentes périodes de l'année, sous peine de rendre potentiellement inexploitable les données issues du suivi de mortalité.

Dans le cadre de ce travail et conformément aux directives du protocole national, nous réaliserons les différentes analyses permettant d'estimer indépendamment la mortalité pour les chiroptères et les oiseaux, suivant les formules de : **Erickson et al., 2000 / Huso, 2010 / Korner-Nievergelt et al. 2011.**

1.2.2.1.2. Détermination des coefficients correcteurs

Pour déterminer les deux coefficients correcteurs que sont le **coefficient de persistance (s)** et le **coefficient d'efficacité de recherche (f)**, deux tests doivent faire l'objet d'une mise en œuvre précise :

- **Les tests de persistance** permettent de mesurer la vitesse de disparition des cadavres (prédation, décomposition des cadavres) et donc le temps de persistance des cadavres une fois au sol. Ce facteur peut fortement varier dans le temps et l'espace. Les causes de disparition peuvent être multiples, soit par prélèvement (Renard roux, rapaces, corvidés, etc.) soit par l'action des insectes nécrophages (coléoptères, diptères, etc.).
- **Les tests d'efficacité des recherches** permettent de prendre en considération les difficultés des observateurs à repérer les cadavres tombés au sol. Ce coefficient est fortement influencé par l'évolution de l'occupation du sol, d'une part, ainsi que par la taille/couleur des cadavres (Domínguez del Valle et al. 2020, Barrientos et al., 2018 ; Reyes et al., 2016 ; Smallwood, 2007), d'autre part. Il est également variable en fonction des observateurs (capacités de détection propres, Ponce et al., 2010). Pour limiter l'effet observateur, il est important que les recherches soient, dans la mesure du possible, réalisées par un observateur unique. Ces tests doivent être réalisés au cours du suivi pour permettre d'évaluer la capacité de détection de l'observateur dans un maximum de modalités d'occupation du sol afin de limiter les extrapolations.

La détermination des coefficients correcteurs constitue le principal élément permettant d'exploiter de façon fiable les résultats des suivis de mortalité par recherche de cadavres. Ces coefficients sont essentiels pour tirer des informations scientifiquement recevables du suivi de mortalité. **En l'absence de coefficients robustes, aucune conclusion ne peut être envisagée quant à la mortalité effective engendrée par le parc éolien.**

Plus d'informations concernant les coefficients correcteurs ainsi que les estimations de mortalités sont disponibles en **annexe 4**.

1.2.2.1.3. Méthodes statistiques et incertitudes

- Évaluation de la persistance des cadavres

Afin d'estimer au mieux le coefficient, nous avons repris la démarche développée dans le package R « carcass » (Korner-Nievergelt et al. 2015), repris également par l'estimateur de Korner-Nievergelt (2011) ou encore « GenEst » (Dalthorp et al. 2018), c'est-à-dire l'utilisation d'un modèle de survie classique pouvant utiliser comparativement quatre lois de distribution possibles parmi : "exponential", "weibull", "lognormal" et "loglogistic". Ces distributions classiques décrivent de manière différente la vitesse à laquelle disparaissent les cadavres au cours du temps. Ainsi, cela permet de s'appuyer sur une de ces distributions pour prédire au plus juste la réalité observée lors des tests de prédation en fonction de l'éolienne, ou dans certains cas du type de leurre déployé (mammifères et/ou oiseaux). Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un processus classique de sélection de modèles par AIC (détails en annexe 5). Le modèle sélectionné permet d'estimer les paramètres recherchés avec leurs incertitudes (intervalles de confiance à 95%) et prédire en fonction des facteurs retenus.

- Évaluation de la capacité de détection de l'observateur

L'efficacité de recherche de l'observateur est calculée en se basant sur une approche de modélisation de la capacité de détection. Pour cela, nous utilisons un modèle GLM suivant une loi de distribution binomiale (comprise entre 0 et 1) et en fonction de plusieurs facteurs explicatives : le type d'occupation du sol, le pourcentage recouvrement végétal, la hauteur de végétation ou dans certains cas, la taille du leurre. Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un processus classique de sélection de modèles par AICc. Si le modèle permet de faire un lien direct entre l'efficacité de recherche et la hauteur de végétation, le modèle peut prédire les cas de figure d'occupation du sol qui n'auraient pu être testés. Dans le cas contraire, il est possible de s'appuyer objectivement sur les sorties de modèle pour les situations testées et sur leurs interpolations (situations intermédiaires non testées) pour compléter les types de végétations manquantes (extrapolation en s'appuyant sur le retour de la personne qui a réalisé le suivi et qui peut comparer les situations).

- Évaluation des incertitudes

Une fois que les coefficients correcteurs moyens (s, f et a) sont calculés, une **probabilité globale de détection ($a \times P(s,f)$)** est calculée pour chacune des éoliennes pour l'ensemble du suivi selon les trois méthodes d'estimation que sont : Erickson et al. (2000), Huso (2010) et Korner-Nievergelt et al. (2011). Il est alors possible de calculer la mortalité estimée la plus probable par éolienne.

Afin de déterminer les incertitudes des estimations de mortalités par éolienne, nous avons utilisé le théorème de Bayes tel qu'il est également utilisé dans le package R « carcass » (Korner-Nievelgelt et al. 2015) et par Korner-Nievelgelt (2011). Connaissant le nombre de cadavres trouvés ainsi que la probabilité globale de les détecter (c'est-à-dire les chances réelles de trouver un cadavre selon les différentes méthodes d'estimation), cette méthode permet de déterminer *a posteriori* l'intervalle de confiance à 95% associé.

Ce théorème a également pour avantage de pouvoir donner un intervalle de confiance à 95% même lorsque aucun cadavre n'a pu être détecté. L'intervalle de confiance, dans ce cas, correspond au nombre de cadavres pour lequel l'opérateur avait 95% de chance de ne pas les détecter du fait des différentes contraintes rencontrées au cours du suivi. Cela permet de donner une limite au nombre de collisions maximales non détectables considérant les contraintes de prospection rencontrées durant le suivi. Ainsi, dans tous les cas, il est possible de déterminer une mortalité maximum par éolienne, même en l'absence de découverte de cadavre.

Plus d'informations concernant les coefficients correcteurs ainsi que les méthodes statistiques utilisées sont disponibles en **annexe 4**.

1.2.2.2 Méthode de recherche des cadavres

1.2.2.2.1. Méthode par transects circulaires

Le protocole que nous avons mis en œuvre est adapté d'après Arnett et al. (2009) et Baerwald et al. (2009). **Il s'agit d'une méthode de suivi se basant sur des transects circulaires.** Ce type de transects **cible la zone théorique principale de présence de cadavres** liés à des phénomènes de collision, sous la principale zone de survol par les pales et ses abords.

Ce protocole présente plusieurs avantages :

- Il **optimise la surface échantillonnée** (suivi traditionnel prospectant une surface carrée, sans justification statistique) ;
- Il ne nécessite pas la pose de repères sur le terrain ;
- Il permet de conserver toute la concentration de l'observateur sur la recherche de cadavres sans perte d'attention sur sa position par rapport aux repères/transects.

Les prospections s'effectuent à pied sous les éoliennes et dans un rayon de 50 m autour de chaque éolienne : 11 cercles éloignés de 5 m les uns des autres, en partant du plus éloigné du mât de l'éolienne (50 m), jusqu'au pied de l'éolienne sont alors effectués.

Pour cela, nous avons utilisé un jeu de cordes et mousquetons. La première corde, tendue le plus haut possible autour du mât de l'éolienne, sert de fixation mobile à une seconde corde longue de X m et disposant de repères placés tous les 5 m permettant ainsi de tourner autour de l'éolienne tout en gardant un écartement constant entre chaque cercle. Ainsi, 11 cercles de diamètre variable ont été parcourus ainsi qu'un tour au pied de l'éolienne.

Pour chaque éolienne, nous prévoyons alors de parcourir 1866 m de transect, à une vitesse de 2 km/h environ.

1.2.2.2.2. Données collectées

Le technicien utilise un outil QGIS sur sa tablette Android de terrain pour renseigner à chaque passage l'occupation du sol et les modalités de prospection à la parcelle. Chaque découverte de cadavre est enregistrée par le biais d'un formulaire standard renseigné dans une couche shapefile géolocalisée et tel que défini par le protocole national (2018) grâce à l'outil QGIS embarqué sur tablette. Les photos des cadavres produites par tablette sont associées à chaque enregistrement ainsi généré de la couche shapefile sous QGIS. En complément de ce rapport, cette couche pourra être transmise pour avoir tous les éléments de localisation et de conditions de découverte de chaque cadavre.

1.2.2.2.3. Détermination des cadavres

Les cadavres sont identifiés sur place par des experts ornithologues et chiroptérologues possédant une excellente connaissance de la faune locale. En cas de difficultés d'identification *in situ* (critères non visibles, traumatisme important, état de décomposition), les cadavres seront déterminés en laboratoire (loupes binoculaires), après avoir été conservés congelés. Une autorisation de transport préalable au suivi a été sollicitée auprès des services compétents.

Les ouvrages utilisés, si nécessaire, pour appuyer les déterminations complexes sont présentés en bibliographie.

Pour limiter les risques de modification comportementale des prédateurs et éviter les doubles comptages, tous les cadavres découverts sont replacés simplement en dehors de l'aire de prospection.

1.2.2.3 Mise en comparaison des résultats avec ceux du référentiel mortalité estimée Biotope

Totalisant 158 suivis conformes au protocole national entre 2019 et 2023, sur 104 parcs éoliens (584 éoliennes) et pour un effort de prospection de 22815 recherche.éolienne, le référentiel mortalité Biotope constitue une des plus grande base de données compilée sur les suivis mortalité en France.

La compilation de ces nombreuses études, permet une modélisation à plus large échelle (temporelle et spatiale) des différents processus liés à la probabilité globale de détection, telle que la persistance des cadavres ou la capacité de détection de l'observateur. Il permet ainsi une prise en compte fine de la variabilité inter-sites et interannuelle. A travers la modélisation de la distribution des cadavres (quantité de cadavre par anneaux concentriques), conjointement avec le calcul de la surface prospectée, le référentiel mortalité Biotope se rapproche de l'approche des DWP (Dalthorp et al., 2022).

A partir de la modélisation de chacun de ces éléments dans un framework bayésien, nous sommes capables de reproduire pour chaque site et chaque année, une réestimation de la mortalité médiane via l'estimateur d'Huso (2010), compte tenu de la variabilité globale de l'ensemble des suivis. Cette approche permet d'estimer finement la mortalité causée par les éoliennes en corrigeant les différents biais liés à la collecte des données. Plus de détails sur la méthodologie, les résultats et les biais d'interprétation de ce référentiel sont présentés en Annexe 6.

1.2.2.1 Étude de l'activité des chiroptères

1.2.2.1.1. Localisation des dispositifs d'écoute

En 2025, comme en 2024, le dispositif d'acquisition des données chiroptérologiques a été installé sur l'éolienne MAR03 du parc éolien de Marillé.

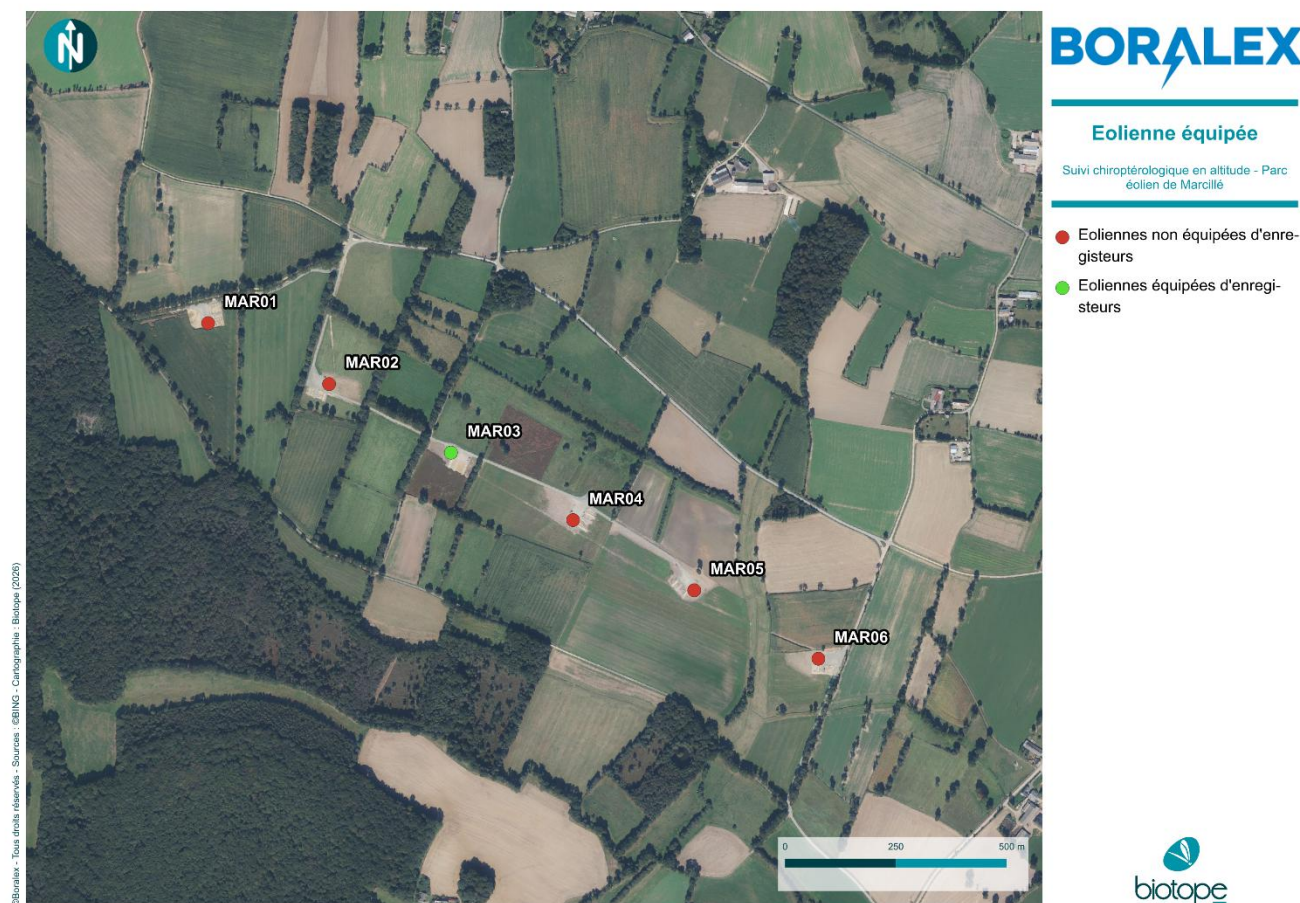


Figure 3. Eolienne équipée d'un enregistreur automatique.

1.2.2.1.2. Collecte des données

L'étude du comportement des chauves-souris se fait grâce à la détermination de leur indice d'activité basé sur la détection des ultrasons émis par ces animaux pour se repérer et chasser. Le système utilisé est basé sur un enregistreur d'ultrasons SM4Bat (Wildlife Acoustics) capable d'enregistrer les sons de chauves-souris suivant différents paramètres de déclenchement.

En 2025, le microphone a été installé sur l'éolienne MAR03, en nacelle, à 100 m de hauteur.

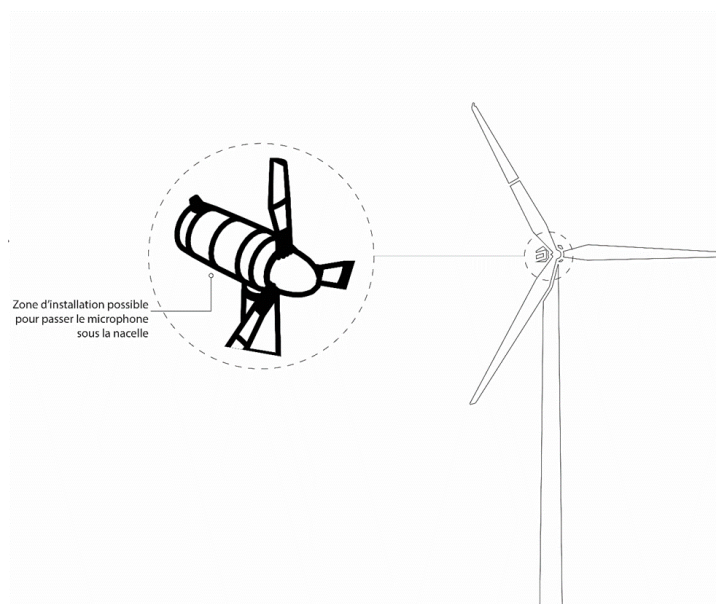


Figure 4. Localisation de l'implantation du microphone en nacelle © Biotope.

Tableau 1. Paramétrage de l'enregistreur en hauteur.

Paramètres d'enregistrement	SM4BAT
Type de microphone utilisé	SMM-U2
Filtre Pass Haut	Off
Fréquence d'échantillonnage	256 KHz
Fréquence minimale	14 KHz
Fréquence maximale	128 KHz
Durée minimale de déclenchement	1 ms
Niveau du trigger	6 dB
Trigger maximal	5 sec.
Déclenchement avant le coucher du soleil	30 min.
Arrêt après le lever du soleil	30 min.



Photo microphone 1



Photo de l'enregistreur dans l'éolienne MAR03

Figure 5. Microphone et enregistreur SM4Bat installé en nacelle MAR03 du parc de Marcillé.

1.2.2.1.2.1. Calendrier des enregistrements

L'activité des chauves-souris en altitude a été analysée durant 7 mois, du 02 avril 2025 au 28 octobre 2025. Au total, 210 nuits ont été analysées. Aucune panne n'a été enregistrée.

Tableau 2. Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois sur l'ensemble de la période.

Nombre de nuits exploitables* sur le microphone	
Avril 2025	29
Mai 2025	31
Juin 2025	30
Juillet 2025	31
Aout 2025	31
Septembre 2025	30
Octobre 2025	28
TOTAL	210

* Le terme « exploitable » est utilisé pour définir les nuits où les sons enregistrés ont pu être analysés.

1.2.2.1.2.2. Représentativité des inventaires

Du fait du nombre de nuits d'enregistrement, 210 nuits entre avril 2025 et octobre 2025, **ces inventaires peuvent prétendre à l'exhaustivité**. En effet, pour réunir un échantillonnage suffisant, on estime nécessaire une quinzaine de nuits d'enregistrement pour espérer contacter 90 % des espèces (sur une maille de 5x5km – Matutini, 2014). L'étude réalisée en altitude en 2025 atteint ce seuil et peut donc être considérée comme représentative.

Le graphique suivant présente la courbe d'accumulation calculée sur l'éolienne MAR03. Cette courbe représente le cumul des nouvelles espèces contactées en fonction de l'effort d'échantillonnage. La construction de la courbe prend en compte la saisonnalité. Ici, l'échantillonnage est réparti uniformément entre les mois.

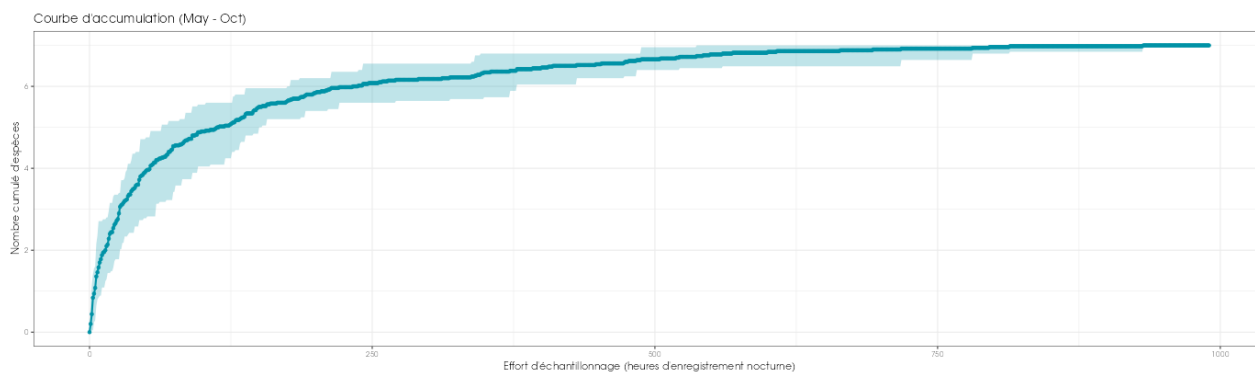


Figure 6. Cumul des nouvelles espèces en fonction de l'effort d'échantillonnage du suivi en hauteur sur l'éolienne MAR03 du parc de Marcillé.

1.2.2.1.3. Analyse des sons et identification des espèces

Le schéma suivant illustre le type de données recueillies lors des inventaires à l'aide d'enregistreurs et les différentes étapes menant à l'identification des espèces de chiroptères présentes sur l'aire d'étude.

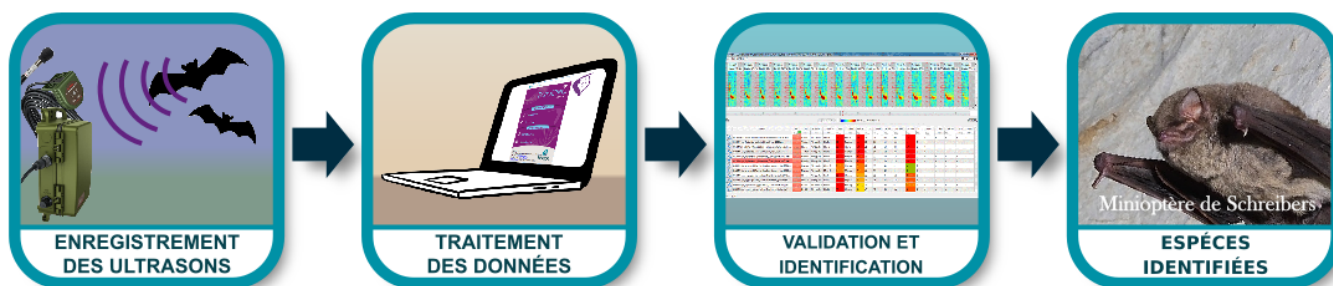


Figure 7. Illustration du processus de validation des enregistrements ultrasonores ©Biotope.

1.2.2.1.4. Détermination automatique du signal et identification des espèces

Chaque espèce a des caractéristiques acoustiques qui lui sont propres. L'analyse des signaux qu'elles émettent permet donc de réaliser des inventaires d'espèces.

L'analyse des données issues de l'enregistreurs s'appuie sur le programme SonoChiro® développé par le département « Recherche & Innovation » de Biotope. Ce programme permet un traitement automatique et rapide d'importants volumes d'enregistrements.

Le programme SonoChiro® inclut :

- Un algorithme de détection et de délimitation des signaux détectés.
- Une mesure automatique, sur chaque cri, de 41 paramètres discriminants (répartition temps/fréquence/amplitude, caractérisation du rythme et ratios signal/bruit).
- Une classification des cris basée sur les mesures d'un large panel de sons de référence.
- Une identification à la séquence de cris, incluant l'espèce la plus probable et un indice de confiance de cette identification. Dans le cas où certaines espèces présentes sont peu différenciables entre elles, les séquences sont alors identifiées au groupe d'espèce également assorties d'un indice de confiance.
- Un algorithme détectant la présence simultanée de deux groupes de cris attribuables à deux espèces aisément différenciables, permettant dans ce cas de proposer une identification supplémentaire de l'espèce passant en arrière-plan.

Ainsi, les enregistrements sont analysés par ordinateur grâce à la suite de logiciel « SonoChiro® », permettant un tri et une pré-identification automatique des contacts réalisés sur la base d'1 contact = 5 secondes de séquence d'une espèce.

1.2.2.1.5. Validation et identification des espèces par un chiroptérologue

Les identifications faites par SonoNat© sont ensuite analysées et contrôlées visuellement (SonoView©) et auditivement (BatSound©, Syrinx). Les logiciels SonoView© et BatSound© permettent d'afficher des sonagrammes (= représentation graphique des ultrasons émis par les chiroptères), d'effectuer des mesures et d'écouter les séquences qui sont ensuite

attribuées à l'espèce ou au groupe d'espèces selon la méthode d'identification acoustique de Michel Barataud (Barataud, 2020).

Les critères d'identification sont basés sur les variations de fréquence (entre 10 à 120 kHz), la durée du signal (quelques millisecondes), les variations d'amplitude (puissance du signal) et le rythme.

Dans l'état actuel des connaissances, les méthodes acoustiques permettent d'identifier les 36 espèces françaises. Néanmoins, les cris sonar de certaines espèces sont parfois très proches, voire identiques dans certaines circonstances de vol, c'est pourquoi les déterminations litigieuses sont rassemblées en groupes d'espèces.

Tableau 3. Identification des espèces de chiroptères.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Groupes identifiés dans des conditions d'enregistrements très favorables	Groupes identifiés dans des conditions d'enregistrements défavorables
Rhinolophe euryale	<i>Rhinolophus euryale</i>	Rhinolophe euryale	
Petit Rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Petit Rhinolophe	
Grand Rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Grand Rhinolophe	
Grand Murin	<i>Myotis myotis</i>	Grands Myotis	
Petit Murin	<i>Myotis blythii</i>		
Murin du Maghreb	<i>Myotis punicus</i>		
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	Murin de Daubenton	Petits Myotis
Murin de Brandt	<i>Myotis brandtii</i>	Murin de Brandt	
Murin de Capaccini	<i>Myotis capaccinii</i>	Murin de Capaccini	
Murin à moustache	<i>Myotis mystacinus</i>	Murin à moustache	
Murin d'Alcathoe	<i>Myotis alcathoe</i>	Murin d'Alcathoe	
Murin à oreilles échancrées	<i>Myotis emarginatus</i>	Murin à oreilles échancrées	
Murin de Bechstein	<i>Myotis bechsteinii</i>	Murin de Bechstein	
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	Murin de Natterer	
Murin d'Escalera	<i>Myotis escaleraei</i>	Murin d'Escalera	
Murin cryptique	<i>Myotis crypticus</i>	Murin cryptique	
Murin des marais	<i>Myotis dasycneme</i>	Murin des marais	
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Sérotine de Nilsson	Sérotules
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Sérotine bicolore	
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Sérotine commune	
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Noctule commune	
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Vespère de Savi	
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Pipistrelle pygmée	Pipistrelle / Minioptère
Minioptère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i>	Minioptère de Schreibers	
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle de Kuhl / Nathusius
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Pipistrelle de Nathusius	
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	Groupe des oreillards	
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>		
Oreillard montagnard	<i>Plecotus macrobularis</i>		
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	Barbastelle d'Europe	
Grande Noctule	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Grande Noctule	Groupe Molosse / Grande Noctule
Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i>	Molosse de Cestoni	

1.2.2.1.6. Évaluation des niveaux d'activité

1.2.2.1.6.1. Unité de mesure de l'activité

Dans la majorité des études qui sont pratiquées jusqu'à maintenant, que ce soit avec un détecteur à main ou un enregistreur automatique en point fixe, les résultats des écoutes sont tous exprimés par une mesure de l'activité en nombre de contacts par unité de temps. Selon les opérateurs et l'appareillage, la définition d'un contact n'est pas très claire, mais correspond à une durée de séquence que l'on pense être proche d'un passage d'un chiroptère, soit de 5 secondes dans le cas des détecteurs à main. Néanmoins, pour pallier les nombreux facteurs de variations de dénombrements liés au matériel (sensibilité du micro, modèle d'enregistreur, trigger, seuils de déclenchements, paramétrages de séquençage des fichiers...) l'unité la plus pratique de dénombrement et montrant une meilleure robustesse de comparaison avec des référentiels correspond à la « minute positive ». Une minute est dite « positive » quand au moins un chiroptère est enregistré au cours de celle-ci. Le nombre de minutes positives peut être considéré globalement ou décliné par espèce.

Dans cette étude, tout contact affiché correspond donc à une minute positive, c'est-à-dire une minute au cours de laquelle une espèce a été contactée. Qu'il y ait un fichier d'enregistrement ou 10 au cours d'une minute, l'incrémentation correspondra à 1.

Les tests statistiques ont montré que les variations liées au matériel étaient moins fortes avec cette méthode. Le dénombrement des « minutes positives » évite des écarts de 1 à 10 en cas de forte activité. En cas de faible activité, les résultats de dénombrement de minutes positives ou de fichiers d'enregistrement sont sensiblement les mêmes. Ce type de dénombrement tend à mesurer une régularité de présence d'une espèce sur un site d'enregistrement et peut donc être formulé en occurrence par heure (rapport du nombre de minutes positives sur la durée totale d'écoute en minute pouvant être exprimé en pourcentage) pour obtenir un indice d'activité. L'intérêt majeur de cette unité de comptage est de pouvoir mêler des données issues de différents matériels et de différents paramétrages de matériel.

Avec cette unité de comptage d'une minute, il n'est pas nécessaire de recourir à des coefficients de correction en lien avec la détectabilité des espèces (Haquart, 2013 ; Haquart, 2015).

1.2.2.1.6.2. Évaluation du niveau d'activité – Référentiel ActiChiro®

Avec cette méthodologie de points d'écoute prolongés sur au moins une nuit complète à l'aide d'appareils enregistreurs de type SMBAT, il fallait un référentiel d'estimation des niveaux d'activité plus objectif que le « dire d'expert ». Ainsi, des analyses statistiques basées sur un important pool de données réelles ont été réalisées par Alexandre Haquart (Biotope) dans le cadre d'un diplôme EPHE. Elles ont abouti à établir en 2013 un référentiel appelé ActiChiro®. Il propose des chiffres objectifs qui permettent d'évaluer le niveau d'activité d'une espèce ou un groupe d'espèces sur un point ou un site donné. Ces chiffres de référence sont exprimés en minutes positives par nuit.

En 2023, le référentiel ActiChiro® a été transformé et son fonctionnement a été repensé afin de disposer de deux référentiels dynamiques, un pour les points d'écoute au sol (ActiChiro-Sol) et un autre pour les suivis en hauteur (ActiChiro-Altitude). Le référentiel ActiChiro-Altitude recueille 111 sites et plus de 35 000 points-nuits, répartis sur l'ensemble de la France et sur les 10 dernières années.

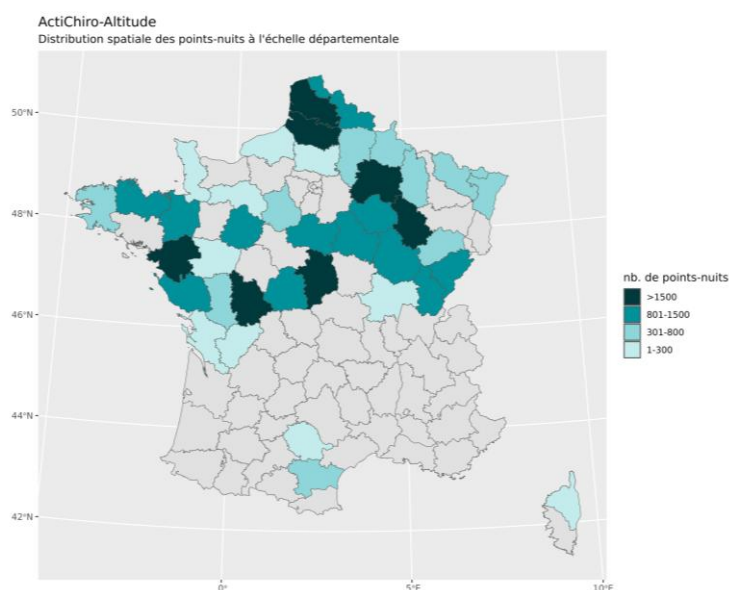


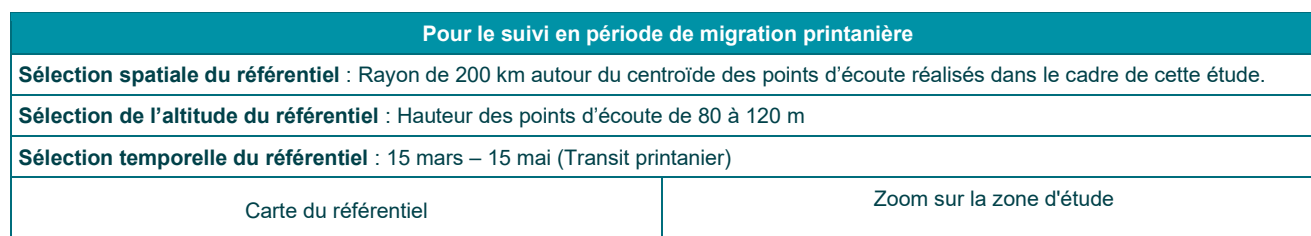
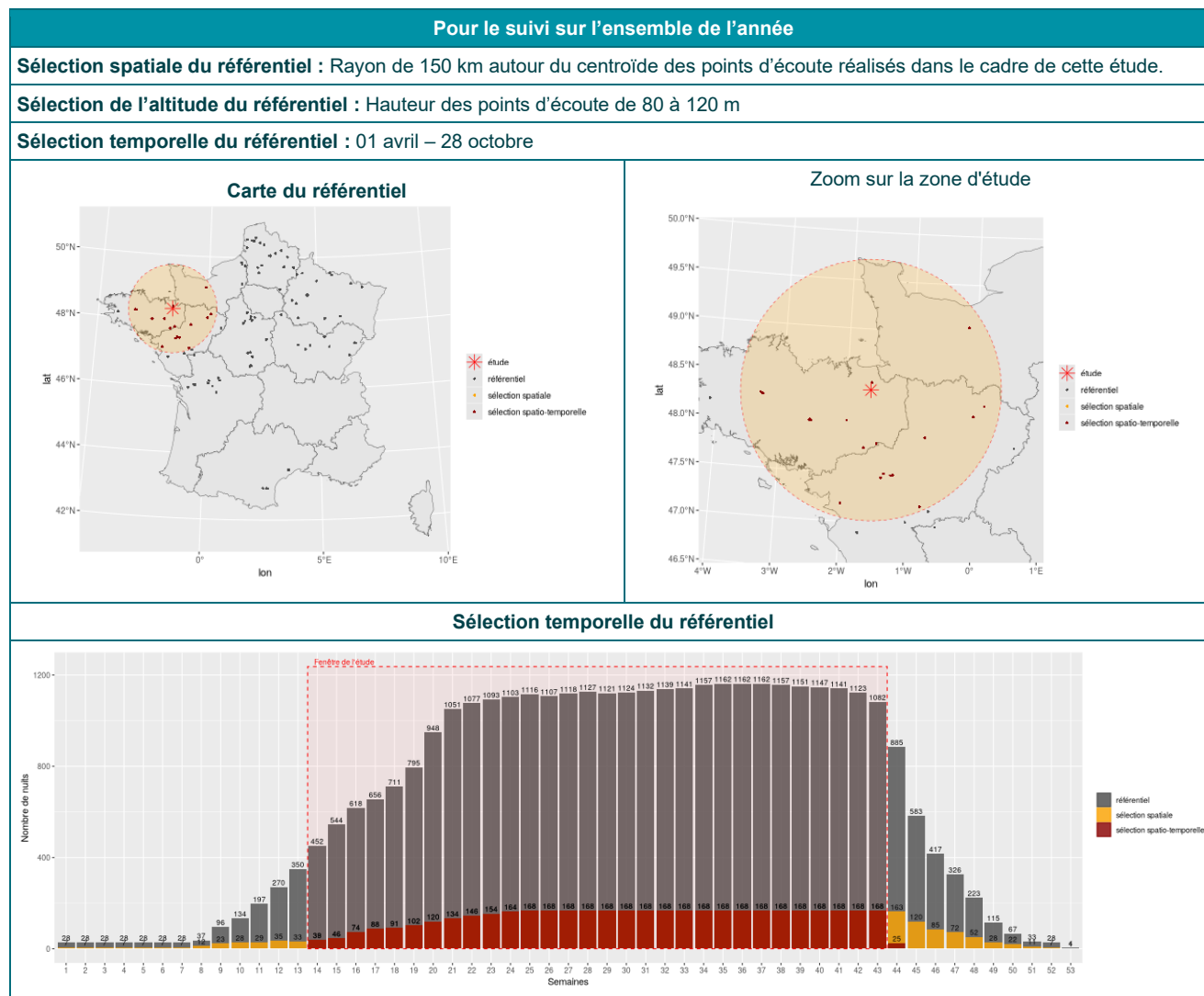
Figure 8. Répartition spatiale des points-nuits pour le référentiel altitude.

1.2.2.1.6.3. Référentiel ActiChiro® dédié à cette étude

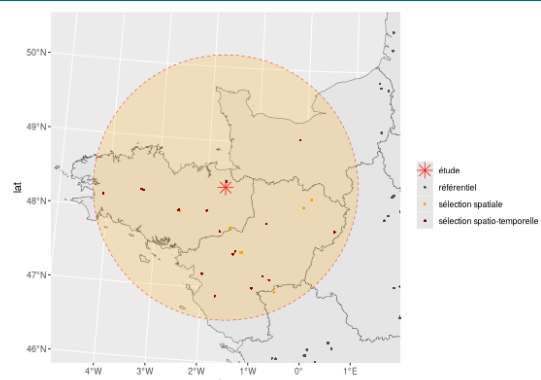
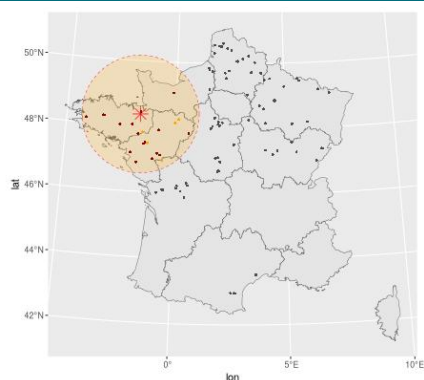
Le nouvel ActiChiro® a été conçu pour être un référentiel dynamique. C'est-à-dire que pour chaque étude, l'emprise spatio-temporelle est adaptée au site d'étude et au type d'analyses réalisées, ce qui permet de comparer les résultats des inventaires à un jeu de données le plus pertinent. **Le nouvel ActiChiro® produit un référentiel dédié pour chaque période de l'étude.**

Dans le cadre de cette étude, le référentiel ActiChiro-Altitude prend en compte les variables spatio-temporelles suivantes :

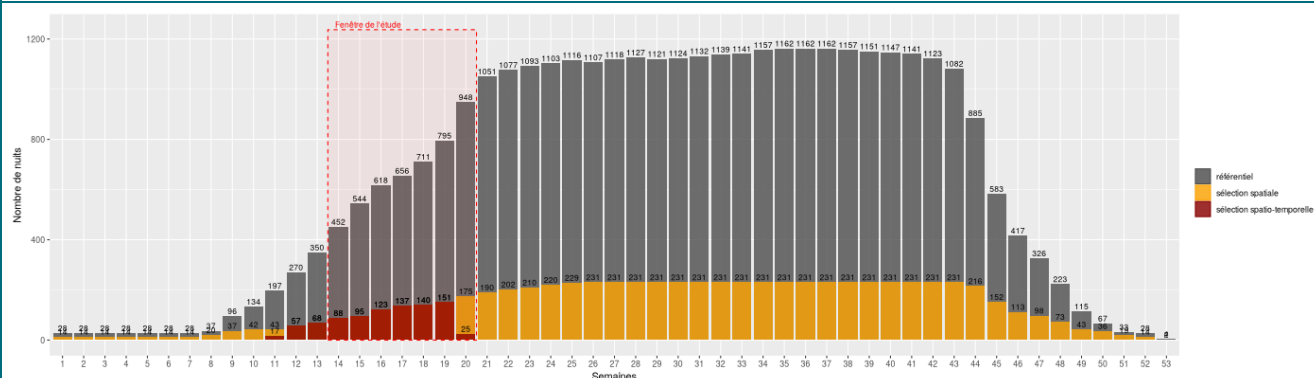
Tableau 4. Référentiel ActiChiro-Altitude utilisé pour cette étude.



Pour le suivi en période de migration printanière



Sélection temporelle du référentiel



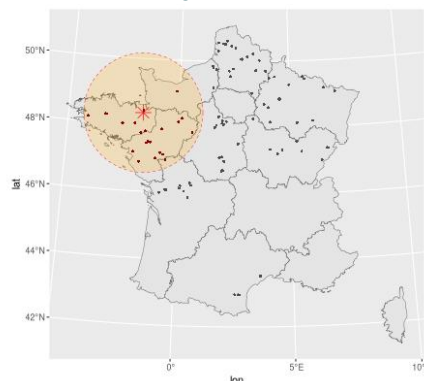
Pour le suivi en période de mise-bas et estival

Sélection spatiale du référentiel : Rayon de 200 km autour du centroïde des points d'écoute réalisés dans le cadre de cette étude.

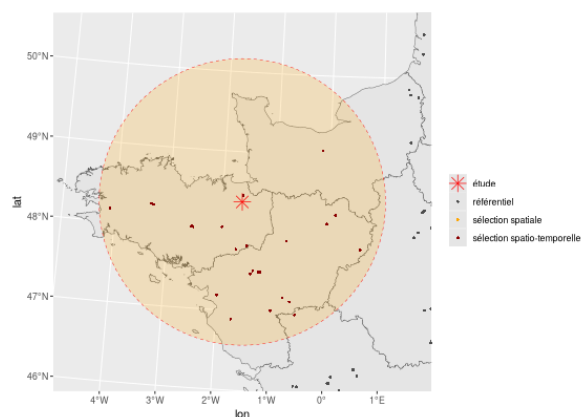
Sélection de l'altitude du référentiel : Hauteur des points d'écoute de 80 à 120 m

Sélection temporelle du référentiel : 16 mai – 31 juillet (mise-bas et élevage des jeunes)

Carte du référentiel

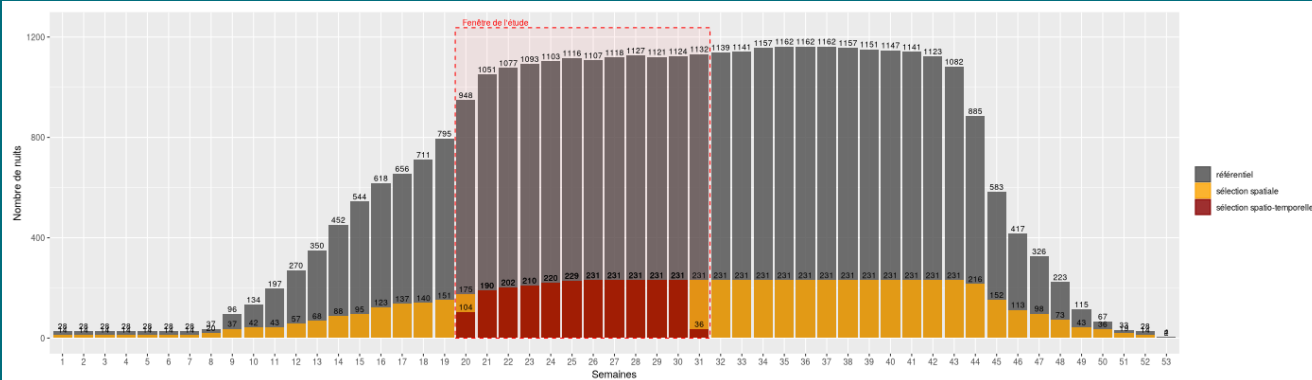


Zoom sur la zone d'étude



Sélection temporelle du référentiel

Pour le suivi en période de mise-bas et estival



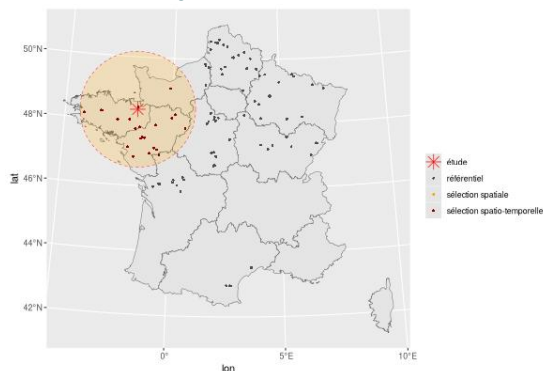
Pour le suivi en période automnale

Sélection spatiale du référentiel : Rayon de 200 km autour du centroïde des points d'écoute réalisés dans le cadre de cette étude.

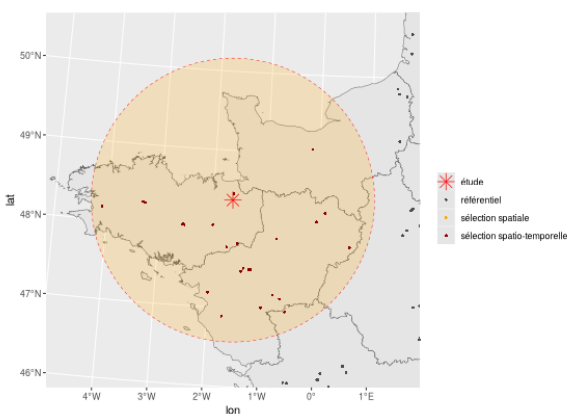
Sélection de l'altitude du référentiel : Hauteur des points d'écoute de 80 à 120 m

Sélection temporelle du référentiel : 1^{er} août – 31 octobre (transit automnal)

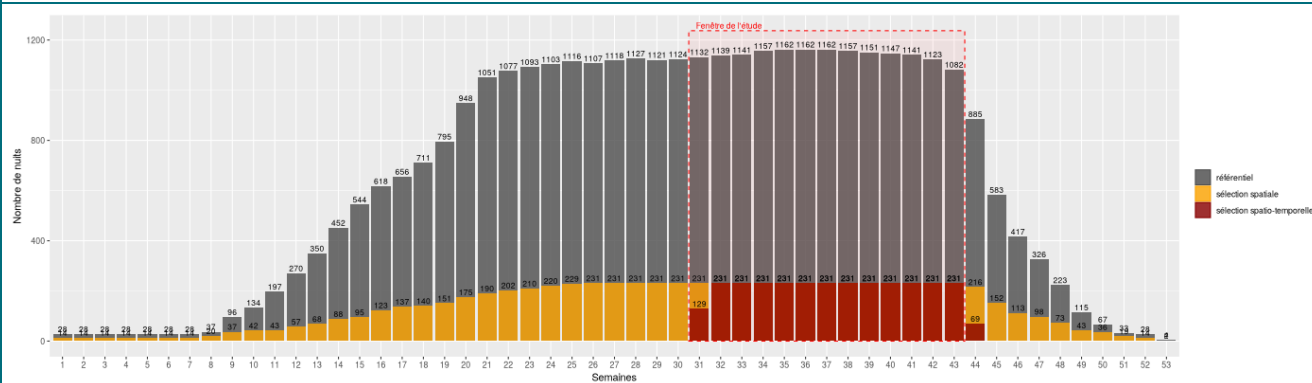
Carte du référentiel



Zoom sur la zone d'étude



Sélection temporelle du référentiel



1.2.2.1.6.4. Estimation du niveau d'activité

À partir des données collectées pour l'étude, ActiChiro® calcule l'activité moyenne en minute positive pour chaque espèce. Elle somme donc les minutes positives et divise par le nombre de nuits. Cette valeur peut donc être supérieure à 60 puisqu'elle n'est pas calculée à l'échelle de l'heure mais à l'échelle de la nuit. L'application fait ce calcul deux fois :

- Une fois en considérant l'ensemble des points-nuits (N points-nuits), c'est-à-dire ceux où l'espèce est détectée (au moins un contact) et ceux où elle ne l'est pas. ;
- Une fois en considérant uniquement les points-nuits où l'espèce est détectée (n points-nuits avec $n \leq N$).

À partir du référentiel sélectionné pour l'étude, ActiChiro® va construire les données de comparaison du référentiel. Elle va construire deux distributions de moyenne. Dans un premier temps, pour chaque espèce, ActiChiro® va piocher 1000 fois N points-nuits (au hasard et avec remise) et va calculer l'activité moyenne en minute positive pour chacun de ces échantillons (1ère utilisation de la méthode de bootstraps). Ceci permet de construire une distribution de l'activité moyenne en minute positive pour chaque espèce (lorsque l'espèce est détectée ou non). Puis dans un second temps, ActiChiro® va piocher, pour chaque espèce, 1000 fois n points-nuits (au hasard et avec remise) parmi les points-nuits où l'espèce est détectée uniquement. ActiChiro® va pouvoir calculer l'activité moyenne en minute positive pour chacun de ces échantillons (2ème utilisation de la méthode de bootstraps). Ceci permet de construire une distribution de l'activité moyenne en minute positive pour chaque espèce (lorsque l'espèce est présente).

ActiChiro® va comparer l'activité moyenne de chaque espèce obtenue sur le site d'étude à la distribution issue du référentiel pour le cas où l'espèce est « présente et absente » et pour le cas où elle est uniquement « présente ». On obtient l'échelle de niveaux d'activité suivante :

- Activité très faible : lorsque la moyenne est inférieure ou égale au 2ème percentile de la distribution de l'activité.
- Activité faible : lorsque la moyenne est comprise entre le 2ème percentile (exclu) et le 25ème percentile (inclus) de la distribution de l'activité.
- Activité moyenne : lorsque la moyenne est comprise entre le 25ème percentile (exclu) et le 75ème percentile (inclus) de la distribution de l'activité.
- Activité forte : lorsque la moyenne est comprise entre le 75ème percentile (exclu) et le 98ème percentile (inclus) de la distribution de l'activité.
- Activité très forte : lorsque la moyenne est supérieure ou égale au 98ème percentile de la distribution.

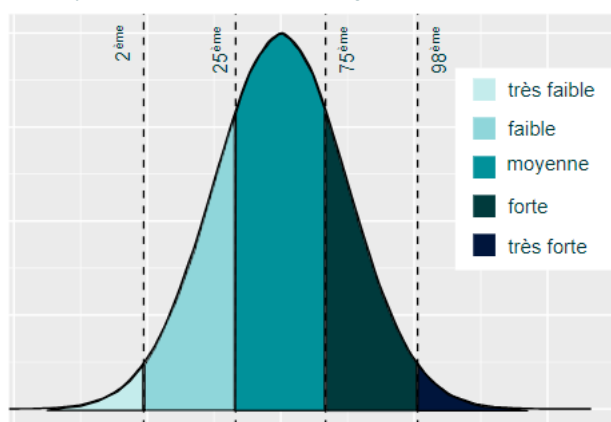


Figure 9. Exemple de distribution des niveaux d'activité issue du référentiel dédié pour l'étude.

Restitution des niveaux d'activité dans le rapport

Pour chaque saison (printemps, été et automne), l'activité des chiroptères est restituée sous forme d'un tableau, où l'unité de l'activité est la minute positive. Chaque tableau rend compte du :

- Nombre de point-nuits : le nombre total de nuits analysé quel que soit le point.
- Occurrence par point-nuit : la proportion du nombre de nuits où l'espèce a été contactée (sur le nombre total de points-nuits) ;
- L'activité moyenne (en minute positive) par point-nuit ;
- Activité moyenne (en minute positive) quand présence uniquement ;
- Le niveau d'activité obtenu par comparaison de l'activité moyenne de chaque espèce à la distribution issue du référentiel construit pour l'étude.

1.2.2.1.7. Acquisition et croisement des données météorologiques

Les données météorologiques ont été transmises par Boralex. Elles ont été acquises par les capteurs disposés sur l'éolienne MAR03 du parc éolien de Marillé. La vitesse de vent et la température sont mesurées à 100 m de haut. Les données sont enregistrées toutes les 10 minutes.

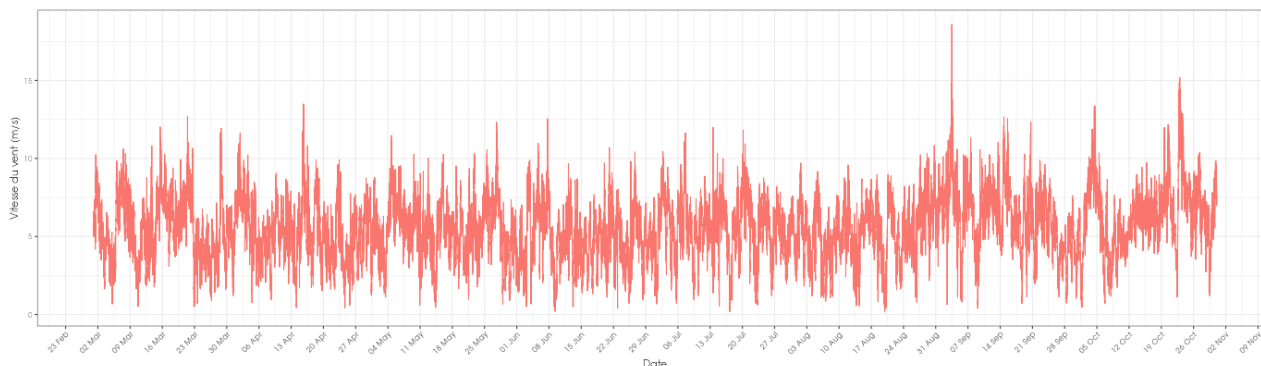


Figure 10. Schéma temporel de la vitesse du vent à 100 m sur l'ensemble du suivi mené depuis le l'éolienne MAR03 du parc de Marillé, entre mars 2025 et octobre 2025.

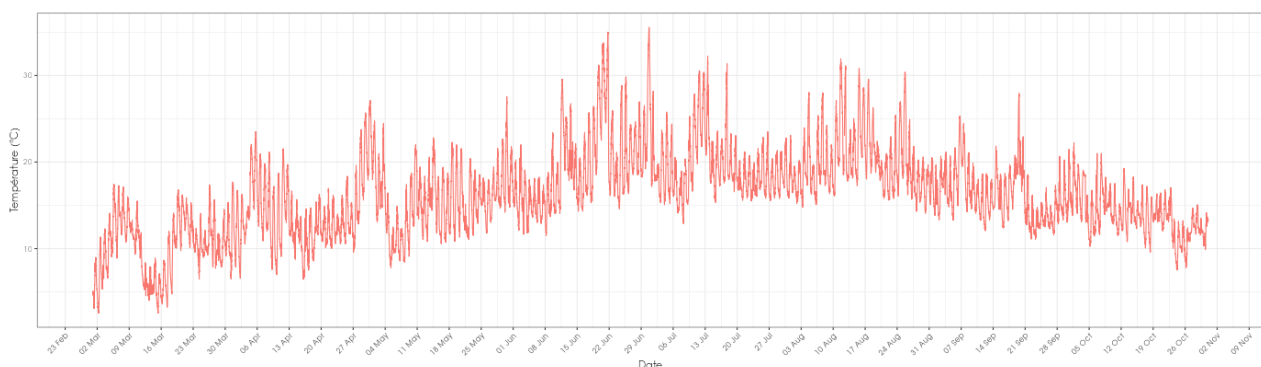


Figure 11. Schéma temporel de la température à 100 m sur l'ensemble du suivi mené depuis le l'éolienne MAR03 du parc de Marillé, entre mars 2025 et octobre 2025.

Une jointure est ensuite réalisée entre les données météorologiques et chiroptérologiques. Ainsi, pour chaque enregistrement de chauve-souris, nous disposons de la vitesse du vent et la température à 100 m ainsi que l'heure relative du contact (temps écoulé après l'heure du coucher du soleil, celui-ci variant au cours des mois).

Il sera ainsi possible de caractériser l'effet des paramètres météorologiques sur l'activité des chiroptères et déterminé des paramètres de bridage des machines afin de diminuer le risque de collision.

1.2.3 Conditions de réalisation du suivi de mortalité et des suivis de l'activité de l'avifaune et des chiroptères

1.2.3.1 Prospections de terrain

Au total, 30 passages ont été réalisés, à raison d'un par semaine, du 31 mars au 22 octobre. Les dates de passages et les conditions météorologiques sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5. Prospections de terrain et informations météorologiques.

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
Suivi de mortalité (30 passages)		
1	31/03/2025	Vent moyen :7,5 km/h; Température moyenne: 13,7°C; Nébulosité:100%
2	08/04/2025	Vent moyen :2,5 km/h; Température moyenne: 15,9°C; Nébulosité:0%
3	14/04/2025	Vent moyen :15,6 km/h; Température moyenne: 12,8°C; Nébulosité:96%
4	22/04/2025	Vent moyen :7,2 km/h; Température moyenne: 13,3°C; Nébulosité:90%
5	28/04/2025	Vent moyen :4,7 km/h; Température moyenne: 18,7°C; Nébulosité:75%
6	08/05/2025	Vent moyen :11,5 km/h; Température moyenne: 13,7°C; Nébulosité:92%
7	14/05/2025	Vent moyen :5,4 km/h; Température moyenne: 19,3°C; Nébulosité:100%
8	20/05/2025	Vent moyen :8,4 km/h; Température moyenne: 19°C; Nébulosité:96%
9	26/05/2025	Vent moyen :15,9 km/h; Température moyenne: 16,3°C; Nébulosité:91%
10	02/06/2025	Vent moyen :7,9 km/h; Température moyenne: 18,6°C; Nébulosité:88%
11	09/06/2025	Vent moyen :1,6 km/h; Température moyenne: 18,8°C; Nébulosité:100%
12	16/06/2025	Vent moyen :8 km/h; Température moyenne: 20,8°C; Nébulosité:0%
13	23/06/2025	Vent moyen :15,5 km/h; Température moyenne: 21,5°C; Nébulosité:95%
14	30/06/2025	Vent moyen :3,7 km/h; Température moyenne: 31°C; Nébulosité:0%
15	11/07/2025	Vent moyen :3,3 km/h; Température moyenne: 27,9°C; Nébulosité:0%
16	18/07/2025	Vent moyen :15,2 km/h; Température moyenne: 22,4°C; Nébulosité:97%
17	21/07/2025	Vent moyen :14,8 km/h; Température moyenne: 20,2°C; Nébulosité:95%
18	31/07/2025	Vent moyen :11 km/h; Température moyenne: 19,9°C; Nébulosité:98%
19	06/08/2025	Vent moyen :2,5 km/h; Température moyenne: 20,5°C; Nébulosité:94%
20	11/08/2025	Vent moyen :4,3 km/h; Température moyenne: 27,5°C; Nébulosité:79%
21	18/08/2025	Vent moyen :11,2 km/h; Température moyenne: 24°C; Nébulosité:90%
22	25/08/2025	Vent moyen :11,4 km/h; Température moyenne: 26,4°C; Nébulosité:100%
23	01/09/2025	Vent moyen :14,2 km/h; Température moyenne: 17,9°C; Nébulosité:81%
24	09/09/2025	Vent moyen :8,6 km/h; Température moyenne: 18,1°C; Nébulosité:91%
25	15/09/2025	Vent moyen :23,5 km/h; Température moyenne: 18°C; Nébulosité:88%

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
26	22/09/2025	Vent moyen :17,8 km/h; Température moyenne: 14,3°C; Nébulosité:98%
27	30/09/2025	Vent moyen :7,5 km/h; Température moyenne: 16,8°C; Nébulosité:100%
28	06/10/2025	Vent moyen :2,5 km/h; Température moyenne: 15,8°C; Nébulosité:0%
29	13/10/2025	Vent moyen :17,4 km/h; Température moyenne: 16°C; Nébulosité:0%
30	22/10/2025	Vent moyen :7,6 km/h; Température moyenne: 14,9°C; Nébulosité:95%
Tests de prédation (2 tests)		
Test 1	16/06/2025	Dépôt de 60 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10).
Test 2.1	25/08/2025	Dépôt de 50 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4).
Test 2.2	15/09/2025	Dépôt de 10 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+3, j+7).
Tests d'efficacité de recherche (2 tests)		
Test 1	21/07/2025	Dépôt de 58 leurres.
Test 2	09/09/2025	Dépôt de 45 leurres.
Suivi de l'activité des chiroptères		
	Du 01/04 au 28/10/2025	Enregistrements en continu depuis l'éolienne MAR03, avec un microphone placé au niveau de la nacelle à 100 m de hauteur, du 1 avril au 28 octobre 2025, soit pendant 7 mois.

1.2.3.1 Réalisation des tests de prédation

Les 2 tests de prédation ont été réalisés sur maximum 10 jours sous l'ensemble des éoliennes du parc. La pose (J0), a été réalisée en début de semaine en dehors du cadre habituel d'un passage hebdomadaire « suivi de mortalité ». 60 cadavres de jeunes rats (fraîchement décongelés, catégories « Petit rats 25 – 50g ») ont été disposés de manière aléatoire (localisations générées seulement une fois par SIG puis réutilisées pour chaque test) sur l'ensemble des zones de prospections (tampon de 50 m autour des éoliennes). Un test a été fait en 2 passages (50 et 10 rats), car une éolienne était en maintenance lors de la pose des rats au J0. Les visites de contrôle ont été menées lors de différents jours (J+1, J+2, J+3/J+4, J+7, J+10), tôt le matin, pendant deux semaines. L'opérateur avait la charge de noter la présence de tous les cadavres avec identification et localisation des cadavres disparus à chaque passage dédié.

1.2.3.2 Réalisation des tests d'efficacité de l'observateur

Pour les secteurs prospectés, ce coefficient varie en fonction du couvert végétal (densité, hauteur) et, donc, de la période de l'année. Celui-ci a été évalué en plaçant des leurres à l'insu de l'observateur. Au minimum, 15 leurres par grand type d'habitat observé à chaque test ont été disposés aléatoirement (soit de 45 à 58 leurres disposés par test, Tableau ci-dessous). La pose est réalisée tôt le matin avant le lancement du suivi. Des leurres non organiques ont été déployés (pas de risques de disparition par les prédateurs). La position de chaque lure est enregistrée au GPS. Le test se déroule pendant la réalisation du suivi de mortalité par l'observateur selon le protocole habituel des transects circulaires. L'observateur a noté et localisé les leurres retrouvés et l'opérateur en charge du test, contrôle à la fin du suivi de mortalité, le nombre de leurres découverts par catégorie d'occupation du sol testée.



Figure 12. Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche ©Biotope.

Tableau 6. Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 2 tests).

	MAR01	MAR02	MAR03	MAR04	MAR05	MAR06	Parc ensemble
Occupations du sol							
Chaume	-	-	-	-	14	-	14
Labour	-	-	15	5	9	-	29
Plateforme	11	15	12	-	5	3	46
Prairie	-	-	5	-	9	-	14
Hauteurs de végétation							
0	-	-	-	-	6	3	9
5	11	-	12	-	-	-	23
10	-	-	-	-	8	-	8
15	-	-	-	5	-	-	5
20	-	-	5	-	9	-	14
25	-	-	15	-	14	-	29
50	-	15	-	-	-	-	15
Dates de tests							
21/07/2025	3	15	10	-	27	3	58
09/09/2025	8	-	22	5	10	-	45
Total	11	15	32	5	37	3	103

1.2.3.3 Limites propres à la mise en œuvre du suivi

La capacité de détection des cadavres est variable entre observateurs (Ponce et al., 2010 ; Labrosse, 2009). C'est pour cette raison que la majeure partie du suivi a été réalisée par la même personne (qui a été testée) et que son remplacement par une tierce personne n'a été que ponctuel durant le suivi (4 / 30 passages réalisés).

Il est également important de noter qu'elle est aussi variable en fonction de la hauteur de végétation et du type d'occupation du sol (Borner et al., 2017). Dans le but d'obtenir des données exploitables, la mise en place des tests s'est faite de manière à pouvoir bénéficier d'un maximum de cas de figure rencontrés par l'opérateur en charge du suivi. Au total, avec les deux tests réalisés, ce sont 4 catégories d'occupation du sol qui ont été testées ainsi que 7 hauteurs différentes de végétation.

1.2.4 Équipe de travail

Une équipe pluridisciplinaire a été constituée dans le cadre de cette étude.

Tableau 7. Équipe de travail.

Domaines d'intervention	Intervenants	Qualité et qualification
Responsable du projet, coordination du suivi mortalité et rédaction de l'étude	Laurine FOUQUET	Cheffe de projets
Suivi de mortalité - Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (2 sessions) Rédaction de l'étude suivi de mortalité	Alex TREMBLAIS	Chargé de missions
Suivi de mortalité - Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (26 sessions)	Arnaud GUYARD	Technicien suivi de mortalité
Suivi de mortalité - Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (1 session)	Nina BAUD	Chargé d'études - Fauniste
Analyses acoustiques Rédaction de l'étude – suivi de l'activité en hauteur et efficacité du bridage	Valentin FAUCONNIER	Expert fauniste – Chiroptérologue
Contrôle qualité suivi de l'activité en hauteur et efficacité du bridage	Julien MÉROT	Directeur d'étude - Expert fauniste
Contrôle qualité suivi de mortalité Suivi de mortalité : Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (1 session) Installation / désinstallation de l'enregistreur de chauves-souris	Marine RIU	Cheffe de projets – Chiroptérologue

2 Synthèse et analyse des résultats

2.1 Résultat du suivi de l'activité des chiroptères en hauteur

2.1.1 Espèces contactées

D'après les enregistrements réalisés en hauteur, 6 espèces de chiroptères sont présentes ou considérées comme telles au niveau du parc éolien de Marillé :

- 6 espèces contactées lors des inventaires de terrain (Cf. Annexe IV)
 - Noctule commune (*Nyctalus noctula*) ;
 - Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*) ;
 - Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) ;
 - Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*)
 - Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*) ;
 - Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*).
- 2 groupes d'espèces correspondant aux contacts de chiroptères n'ayant pas pu être déterminés jusqu'à l'espèce par la méthode acoustique :
 - Groupes des « sérotules » (*Eptesicus serotinus* / *Nyctalus* sp.) ;
 - Groupe Pipistrelle de Kuhl/Nathusius (*Pipistrellus kuhlii* / *P. nathusii*).

En 2025, six espèces de chauves-souris ont été contactées, à hauteur de nacelle, au niveau de l'éolienne MAR03.

La richesse spécifique contactée lors de l'étude en hauteur (6 espèces) est jugée moyenne. Néanmoins, il s'agit d'une composition d'espèces typiquement contactées en hauteur.

Tableau 8. Statuts de protection et de conservation des espèces de chiroptères recensées en hauteur sur le parc de Marillé en 2025.

Nom vernaculaire Nom scientifique	Statuts réglementaires		Statuts patrimoniaux		
	Europe	France	LRN	LRR	Dét. ZNIEFF
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	An.IV	Art.2	NT	NT	DZ
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	An.IV	Art.2	VU	NT	DZ
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	An.IV	Art.2	NT	LC	-
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	An.IV	Art.2	NT	LC	-
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	An.IV	Art.2	LC	LC	-
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	An.IV	Art.2	NT	NT	-

Légende :

- An. II/IV : espèces inscrites aux annexes II et/ou IV de la Directive N° 92/43/CEE du 21/05/92, dite « Directive Habitats ».
- Art. 2 : espèces inscrites à l'article 2 de l'arrêté ministériel du 23 avril 2007 : protection des individus et de leurs habitats de reproduction/repos.
- Art. 3 : espèces inscrites à l'article 3 de l'arrêté ministériel du 23 avril 2007 : protection des individus.
- LRN : La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine (UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2017) : RE : disparu de France métropolitaine ; CR : en danger critique ; EN : en danger ; VU : vulnérable ; NT : quasi-menacé ; LC : préoccupation mineure ; DD : données insuffisantes ; NA : non applicable ; NE : non évalué.
- LRR : Liste rouge régionale des mammifères (2015) : RE : disparu au niveau régional ; CR : en danger critique ; EN : en danger ; VU : vulnérable ; NT : quasi-menacé ; LC : préoccupation mineure ; DD : données insuffisantes ; NA : non applicable ; NE : non évalué.
- Dét. ZNIEFF : listes d'espèces déterminantes des ZNIEFF, (2021).

2.1.2 Abondance relative

Au cours de la période d'enregistrement (210 nuits exploitables entre avril 2025 octobre 2025), 7662 contacts de 5 secondes ou 1 478 minutes (soit 24h30) d'enregistrement avec présence de chauves-souris, communément appelées « minutes positives », ont été obtenus.

Le tableau suivant synthétise la répartition des contacts enregistrés par espèce et groupe d'espèces de chiroptères obtenue à hauteur de nacelle (100 m), pendant les 210 nuits d'écoute.

Tableau 9. Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 100m.

Nom vernaculaire / Nom scientifique	Nombre de contacts de 5 sec.	Proportion obtenue des contacts de 5 sec. (%)	Nombre de minutes positives	Proportion obtenue des minutes positives (%)
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	12	0,16%	4	0,27%
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	742	9,68%	279	18,88%
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	62	0,81%	28	1,89%
Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées <i>Eptesicus serotinus</i> / <i>Nyctalus</i> sp.	91	1,19%	64	4,33%
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	5691	77,8%	890	60,22%
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	16	0,21%	12	0,81%
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	27	0,35%	12	0,81%
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Nathusius <i>Pipistrellus kuhlii</i> / <i>P. nathusii</i> .	738	9,63%	179	12,11%
Chiroptères sp.	13	0,17%	10	0,68%
Total	7662	100%	1478	100%

Sur l'ensemble de la période comprise entre avril 2025 et octobre 2025, l'analyse montre que :

- La **Pipistrelle commune** est l'**espèce la plus représentée en altitude**, avec 60,2% des « minutes positives » de chauves-souris enregistrées en altitude ;
- La **Noctule de Leisler** arrive en deuxième position avec 18,9 % des « minutes positives » de chauves-souris enregistrées en altitude ;
- Elle est suivie de près par le groupe **Pipistrelle de Kuhl / P.de Nathusius** avec 12,1 % des « minutes positives » de chauves-souris enregistré en altitude, auxquels s'ajoute 0,8% de « minutes positives » confirmées pour la **Pipistrelle de Kuhl** et 0,8% de « minutes positives » confirmées pour la **Pipistrelle de Nathusius** ;
- La **Sérotine commune** représente une petite part de l'activité avec 1,9 % des « minutes positives » de chauves-souris enregistrées en altitude ;
- La **Noctule commune** est très peu fréquente sur site bien qu'elle fasse généralement partie des espèces les plus fréquentes en altitude. Cette noctule représente seulement 0.16% des « minutes positives » de chauves-souris enregistrées en altitude.

En 2025, le suivi a permis de comptabiliser 1 478 minutes positives au cours des 210 nuits de suivi effectives. Ainsi, **on obtient une moyenne de 7 minute positive par nuit.**

2.1.3 Evaluation de l'activité en hauteur

Après détermination des espèces grâce au logiciel BatSound© et au programme SonoChiro® développé par Biotope, l'activité des chiroptères a été analysée grâce au référentiel ActiChiro® mis à jour en 2023. Le nouvel ActiChiro® a été conçu pour être un référentiel dynamique. C'est-à-dire que pour chaque étude, l'emprise spatio-temporelle est adaptée au site d'étude et au type d'analyses réalisées, ce qui permet de comparer les résultats des inventaires à un jeu de données le plus pertinent.

Le nouvel **ActiChiro® produit donc un référentiel dédié pour chaque étude**. Il propose une analyse adaptée au contexte local, ce qui permet d'évaluer le niveau d'activité d'une espèce ou d'un groupe d'espèces sur un point ou un site donné. Ces chiffres de référence sont exprimés en minutes positives par nuit. Pour définir si l'activité est « Très faible », « Faible », « Moyenne », « Forte » ou « Très forte », l'analyse s'appuie sur les valeurs des percentiles à 2%, 25 %, 75 % et 98 % qui servent de valeurs seuil entre les niveaux d'activité (cf. Annexe II : Méthodes d'inventaires).

Tableau 10. Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur.

Espèces	Nombre de nuits	Occurrence par nuit	Activité moyenne quand présence ou absence	Activité moyenne quand présence uniquement	Niveau d'activité sur l'ensemble e la période quand présence ou absence	Niveau d'activité sur l'ensemble de la période quand présence uniquement
Noctule commune	210	1,9%	0,02	1	Activité faible	Activité très faible
Noctule de Leisler	210	36,1%	1,33	3,67	Activité très forte	Activité très forte
Sérotine commune	210	8%	0,13	1,65	Activité très forte	Activité très faible
Sérotine / Noctule	210	20%	0,3	1,52	Activité forte	Activité très faible
Pipistrelle commune	210	40%	4,2	10,51	Activité très forte	Activité très forte
Pipistrelle de Kuhl	210	3,8%	0,06	1,5	Activité moyenne	Activité très faible
Pipistrelle de Nathusius	210	3,3%	0,06	1,7	Activité forte	Activité très faible
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	210	18,49%	0,84	4,75	Activité très forte	Activité moyenne
Toutes espèces	210	53%	6,05	11,45	Activité très forte	Activité très forte

Légende :

- Nombre de nuits : Nombre de nuits d'enregistrement en altitude ;
- Occurrence par point-nuit = rapport du nombre de points-nuits où l'espèce a été contactée sur le nombre de points-nuits total d'enregistrement sur la saison ;
- Activité moyenne quand présence ou absence = Moyenne du nombre de minutes positives par point-nuit en prenant en compte les points-nuit où l'espèce est présente et absente ;
- Activité moyenne quand présence uniquement = Moyenne du nombre de contacts par point-nuit en prenant en compte uniquement les points-nuits où l'espèce est présente ;
- Niveau d'activité quand présence ou absence = Niveau d'activité issu de la comparaison avec le référentiel lorsque l'espèce est présente et absente. L'estimation du niveau d'activité est issue du référentiel ActiChiro® construit pour l'étude, basé sur un important pool de données réelles qui ont fait l'objet d'analyses statistiques (cf. Tableau 4).

Sur l'ensemble de la période suivi, deux espèces montrent une activité très forte. Il s'agit de la Noctule de Leisler et de la Pipistrelle commune. La paire pipistrelle de Kuhl / Nathusius et la Sérotine commune atteignent une activité très forte à moyenne / très faible en fonction de la méthode de calcul. De même, en fonction de la méthode de calcul, le groupe des Sérotines et la Pipistrelle de Nathusius montrent une activité forte à très faible. L'ensemble des autres espèces ou groupes d'espèces montrent une activité moyenne à très faible.

Toutes espèces confondues, des chiroptères sont identifiés dans 53 % des nuits.

2.1.3.1 Activité en période printanière (1^{er} avril – 15 mai)

En période printanière, seule la **Pipistrelle commune** a été enregistrée avec une activité très faible.

Tableau 11. Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur en période printanière.

Espèces	Nombre de nuits	Occurrence par nuit	Activité moyenne quand présence ou absence	Activité moyenne quand présence uniquement	Niveau d'activité au printemps quand présence ou absence	Niveau d'activité au printemps quand présence uniquement
Noctule commune	44	0%	0	0	-	-
Noctule de Leisler	44	0%	0	0	-	-
Sérotine commune	44	0%	0	0	-	-
Sérotine / Noctule	44	0%	0	0	-	-
Pipistrelle commune	44	4,5%	0,11	2,5	Activité très faible	Activité très faible
Pipistrelle de Kuhl	44	0%	0	0	-	-
Pipistrelle de Nathusius	44	0%	0	0	-	-
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	44	0%	0	0	-	-
Toutes espèces	44	4,5%	0,11	2,5	Activité très faible	Activité très faible

Légende :

- Nombre de nuits : Nombre de nuits d'enregistrement en altitude ;
- Occurrence par point-nuit = rapport du nombre de points-nuits où l'espèce a été contactée sur le nombre de points-nuits total d'enregistrement sur la saison ;
- Activité moyenne quand présence ou absence = Moyenne du nombre de minutes positives par point-nuit en prenant en compte les points-nuit où l'espèce est présente et absente ;
- Activité moyenne quand présence uniquement = Moyenne du nombre de contacts par point-nuit en prenant en compte uniquement les points-nuits où l'espèce est présente ;
- Niveau d'activité quand présence ou absence = Niveau d'activité issu de la comparaison avec le référentiel lorsque l'espèce est présente et absente. L'estimation du niveau d'activité est issue du référentiel ActiChiro® construit pour l'étude, basé sur un important pool de données réelles qui ont fait l'objet d'analyses statistiques (cf. Tableau 4).

2.1.3.2 Activité en période estivale (16 mai – 31 juillet)

En période estival, deux espèces et un groupe montrent une activité très forte. Il s'agit de la Noctule de Leisler et de la Pipistrelle commune. La Sérotine commune et le couple Pipistrelle de Kuhl / Nathusius montrent un niveau d'activité variable en fonction de la méthode de calcul (Très forte/faible et très forte/forte). L'ensemble des autres espèces présentes une activité forte à très faible.

Toutes espèces confondues, des chiroptères sont identifiés dans 71 % des nuits.

Tableau 12. Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur en période estivale.

Espèces	Nombre de nuits	Occurrence par nuit	Activité moyenne quand présence ou absence	Activité moyenne quand présence uniquement	Niveau d'activité en été quand présence ou absence	Niveau d'activité en été quand présence uniquement
Noctule commune	77	1,2%	0,01	1	Activité très faible	Activité très faible
Noctule de Leisler	77	48%	1,64	3,4	Activité très forte	Activité très forte
Sérotine commune	77	11,6%	0,22	1,88	Activité très forte	Activité faible
Sérotine / Noctule	77	24,6%	0,36	1,47	Activité forte	Activité très faible
Pipistrelle commune	77	53,2%	3,06	5,75	Activité très forte	Activité forte
Pipistrelle de Kuhl	77	6,4%	0,12	1,8	Activité forte	Activité très faible
Pipistrelle de Nathusius	77	5,1%	0,08	1,5	Activité forte	Activité très faible
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	77	24,6%	1,3	5,26	Activité très forte	Activité forte
Toutes espèces	77	71%	5,77	8,07	Activité très forte	Activité très forte

Légende :

- Nombre de nuits : Nombre de nuits d'enregistrement en altitude ;
- Occurrence par point-nuit = rapport du nombre de points-nuits où l'espèce a été contactée sur le nombre de points-nuits total d'enregistrement sur la saison ;
- Activité moyenne quand présence ou absence = Moyenne du nombre de minutes positives par point-nuit en prenant en compte les points-nuit où l'espèce est présente et absente ;
- Activité moyenne quand présence uniquement = Moyenne du nombre de contacts par point-nuit en prenant en compte uniquement les points-nuits où l'espèce est présente ;
- Niveau d'activité quand présence ou absence = Niveau d'activité issu de la comparaison avec le référentiel lorsque l'espèce est présente et absente. L'estimation du niveau d'activité est issue du référentiel ActiChiro® construit pour l'étude, basé sur un important pool de données réelles qui ont fait l'objet d'analyses statistiques (cf. Tableau 4).

2.1.3.3 Activité en période automnale (1^{er} août à 31 octobre)

En période automnal, deux espèces montrent une activité très forte. Il s'agit de la Noctule de Leisler et la Pipistrelle commune. La paire Pipistrelle de Kuhl / Nathusius atteint une activité forte « quand présence ou absence » et faible en prenant en compte uniquement les points-nuits où l'espèce est présente. La sérotine commune et la Pipistrelle de Nathusius atteignent une activité forte « quand présence ou absence » et très faible quand présence uniquement. Les autres espèces varient entre une activité moyenne et très faible en fonction de la méthode de calcul.

Toutes espèces confondues, des chiroptères sont identifiés dans 60 % des nuits.

Tableau 13. Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur en période automnale.

Espèces	Nombre de nuits	Occurrence par nuit	Activité moyenne quand présence ou absence	Activité moyenne quand présence uniquement	Niveau d'activité à l'automne quand présence ou absence	Niveau d'activité à l'automne quand présence uniquement
Noctule commune	89	3,3%	0,03	1	Activité très faible	Activité très faible
Noctule de Leisler	89	42,6%	1,7	3,97	Activité très forte	Activité très forte
Sérotine commune	89	7,8%	0,11	1,43	Activité forte	Activité très faible
Sérotine / Noctule	89	24,7%	0,39	1,59	Activité moyenne	Activité très faible
Pipistrelle commune	89	40,6%	7,21	15,66	Activité très forte	Activité très forte
Pipistrelle de Kuhl	89	3,3%	0,03	1	Activité moyenne	Activité très faible
Pipistrelle de Nathusius	89	3,3%	0,07	2	Activité forte	Activité très faible
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	89	20,2%	0,85	4,22	Activité forte	Activité faible
Toutes espèces	89	60%	9,2	15,45	Activité très forte	Activité très forte

Légende :

- Nombre de nuits : Nombre de nuits d'enregistrement en altitude ;
- Occurrence par point-nuit = rapport du nombre de points-nuits où l'espèce a été contactée sur le nombre de points-nuits total d'enregistrement sur la saison ;
- Activité moyenne quand présence ou absence = Moyenne du nombre de minutes positives par point-nuit en prenant en compte les points-nuit où l'espèce est présente et absente ;
- Activité moyenne quand présence uniquement = Moyenne du nombre de contacts par point-nuit en prenant en compte uniquement les points-nuits où l'espèce est présente ;
- Niveau d'activité quand présence ou absence = Niveau d'activité issu de la comparaison avec le référentiel lorsque l'espèce est présente et absente. L'estimation du niveau d'activité est issue du référentiel ActiChiro® construit pour l'étude, basé sur un important pool de données réelles qui ont fait l'objet d'analyses statistiques (cf. Tableau 4).

2.1.4 Analyse détaillée de l'activité des chiroptères en hauteur

Le graphique suivant présente l'activité journalière moyenne par heure. Il permet de mettre en évidence des pics d'activités très ponctuels.

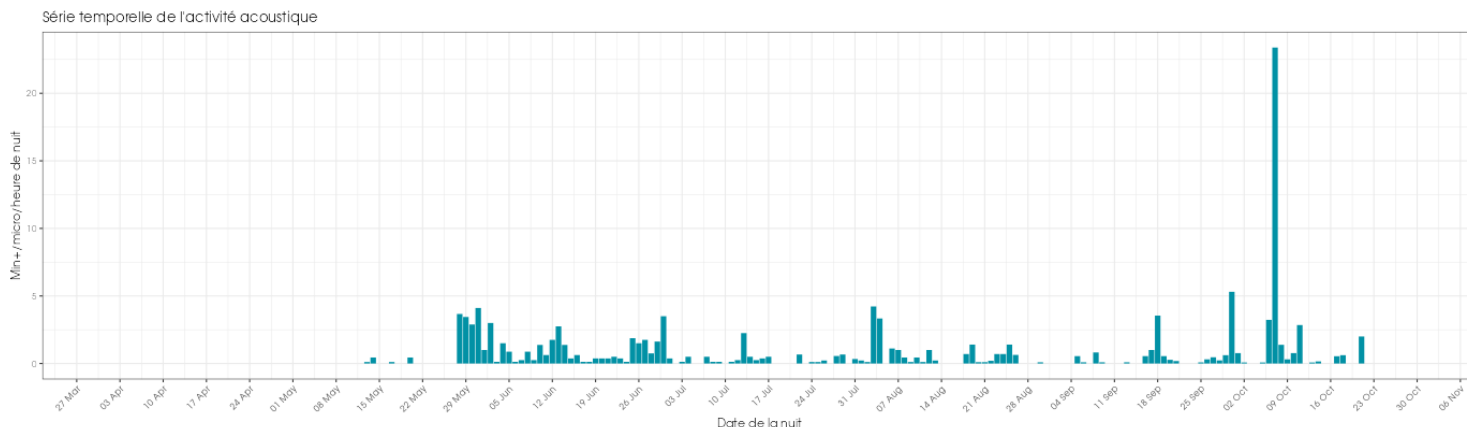


Figure 13. Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (100 m) au niveau de l'éolienne MAR03 de mars 2025 à octobre 2025.

L'activité enregistrée à 100 m au niveau de l'éolienne MAR03 du parc de Marcillé montre des variations de l'activité des chauves-souris. L'activité des chiroptères est très faible entre fin mars et fin mai. L'activité générale présente quelques pics d'activités : fin mai, mi et fin juin, fin juillet, septembre et octobre.

2.1.4.1 Activité mensuelle

Toutes espèces confondues, on observe une variation de l'activité au cours de la période de suivi.

L'activité se concentre sur les mois de juin et d'octobre.

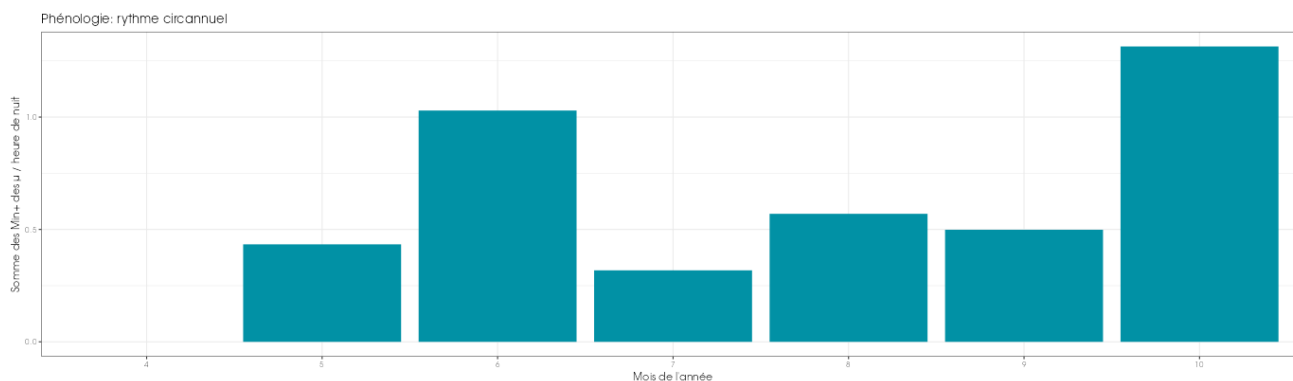


Figure 14. Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (100 m) au niveau de l'éolienne MAR03 d'avril 2025 à octobre 2025.

■ *Pipistrelle commune*

Pour rappel, la *Pipistrelle commune* représente 60 % du total des minutes positives obtenues et a une activité très forte.

L'activité de la *Pipistrelle commune* est légèrement marquée en période de mise-bas et d'estivage en juin, puis diminue fortement en juillet pour connaître une augmentation progressive de l'activité en août et septembre pour atteindre le pic d'activité de l'espèce en octobre.

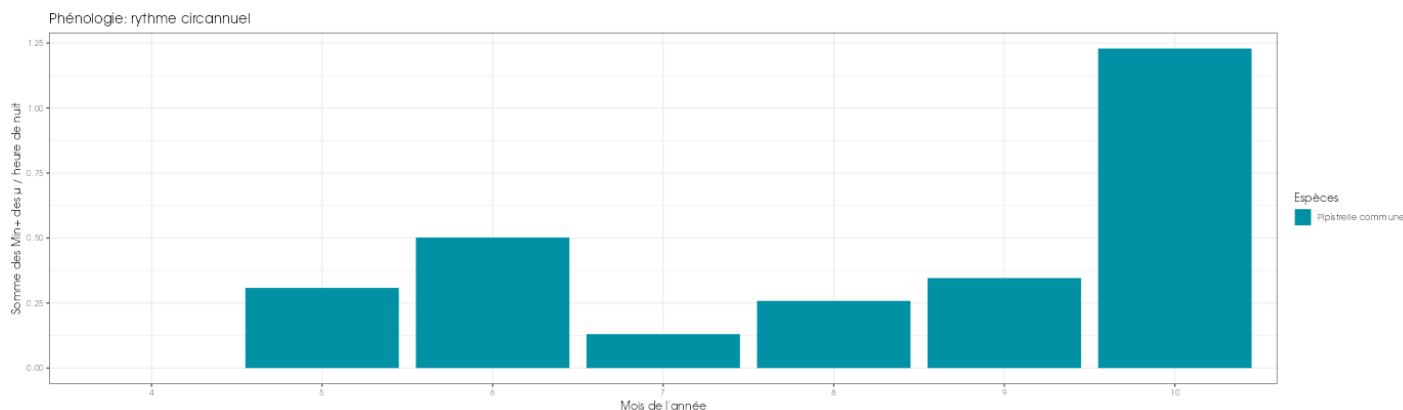


Figure 15. Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour la *Pipistrelle commune*, en altitude sur l'éolienne MAR03 de Marcillé en 2025.

■ *Groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius*

Pour rappel, le groupe représente 12,1 % du total des minutes positives obtenues et a une activité faible à très forte.

L'activité est marquée en fin de transit printanier (mai) en début de période de mise-bas (juin) puis diminue fortement en juillet pour connaître une activité plus importante en octobre. L'activité la plus importante est située en juin. La *Pipistrelle de Kuhl* et la *Pipistrelle de Nathusius* ont été identifiées avec certitude et représente chacune 0.81% du total de minutes positives enregistrées. Des habitats situés à quelques kilomètres du parc de Marcillé sont très attractifs pour la *Pipistrelle de Nathusius* en migration, notamment l'Etang du Boulet.

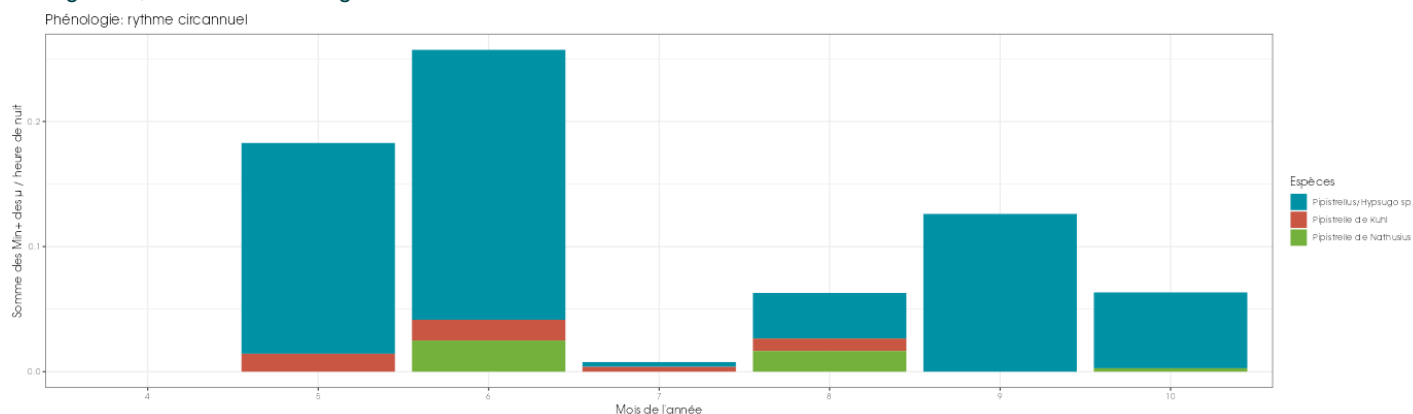


Figure 16. Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit pour le groupe *Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius*, en altitude sur l'éolienne MAR03 de Marcillé en 2025.

■ Groupe Sérotine commune / Noctule de Leisler / Noctule commune

Pour rappel, le groupe représente 20,1 % du total des minutes positives. La Noctule de Leisler domine avec 18,9% suivie par la Sérotine commune avec 0,81%. La Noctule commune est quant à elle anecdotique avec seulement 0,16%. Les signaux n'ayant pas pu être déterminés à l'espèce représentent 1,2%.

La **Noctule de Leisler** atteint un pic d'activité en juin. L'activité diminue en juillet puis elle retrouve une activité importante en août, qui diminue progressivement en septembre et octobre. L'espèce n'est pas présente en mars avril, et avec un faible volume d'activité en mai. Au vu de cette activité, il est probable que le secteur de la Forêt de Bourguët au sud du parc éolien accueille des gîtes voire une colonie de mise bas. L'activité automnale concerne en partie à des individus en migration.

La **Sérotine commune** à une activité constante entre juin et août, période de mise-bas et d'élevage des jeunes (juin-juillet). Le reste de l'année son activité est réduite voire inexistante.

La **Noctule commune** est quasiment absente elle a été contactée uniquement en mai et septembre, probablement des individus en migration printanière et automnale. L'espèce est généralement peu fréquente dans ce secteur d'Ille-et-Vilaine.

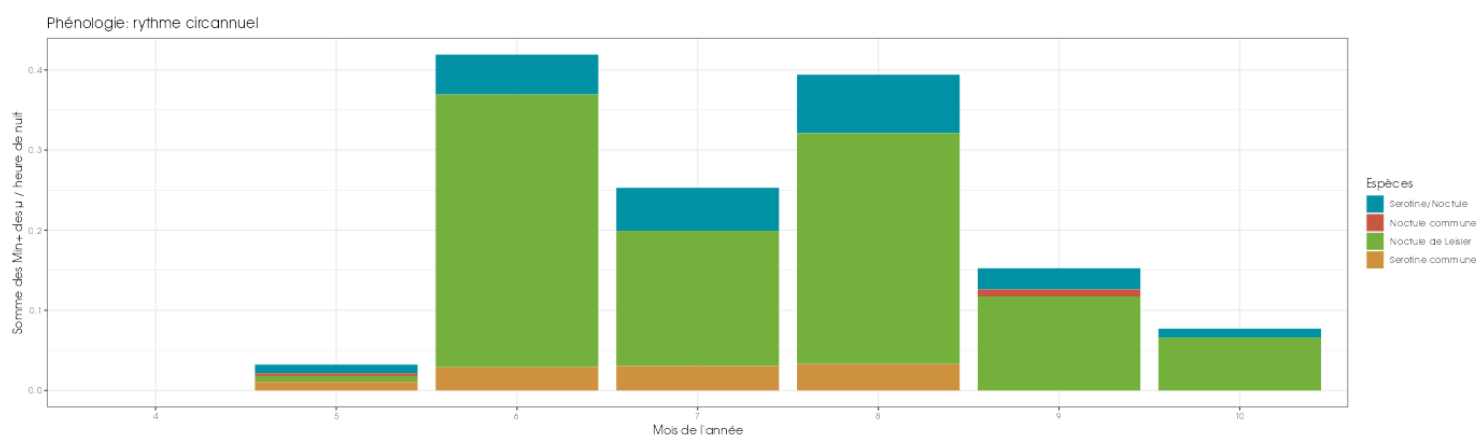


Figure 17. Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour le groupe des Sérotines, en altitude sur l'éolienne MAR03 de Marcillé en 2025.

2.1.4.2 Activité en fonction de l'heure après le coucher du soleil

L'activité des chauves-souris, toutes espèces confondues, est globalement plus importante en début de nuit. Le pic d'activité a lieu durant les deux premières heures et diminue ensuite progressivement.

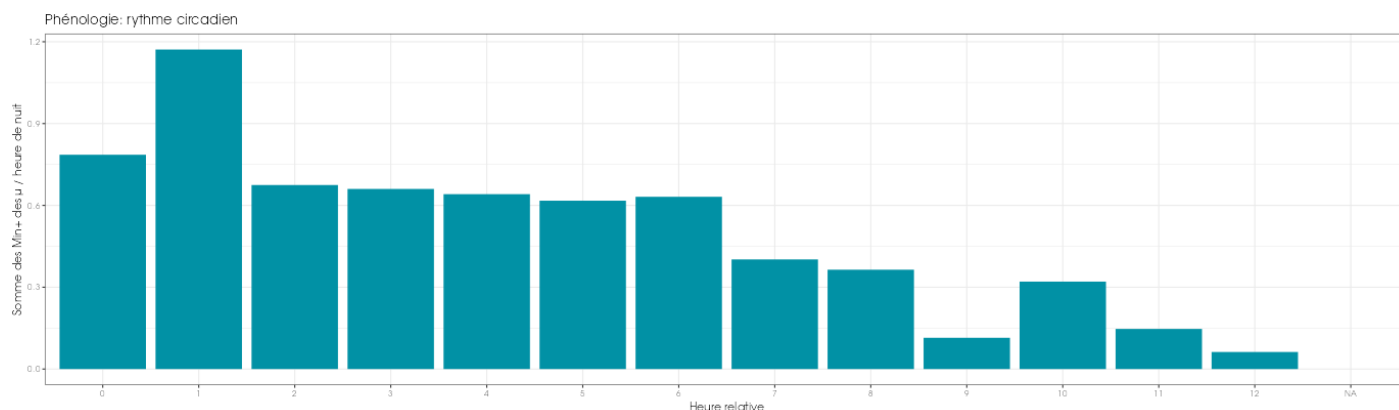
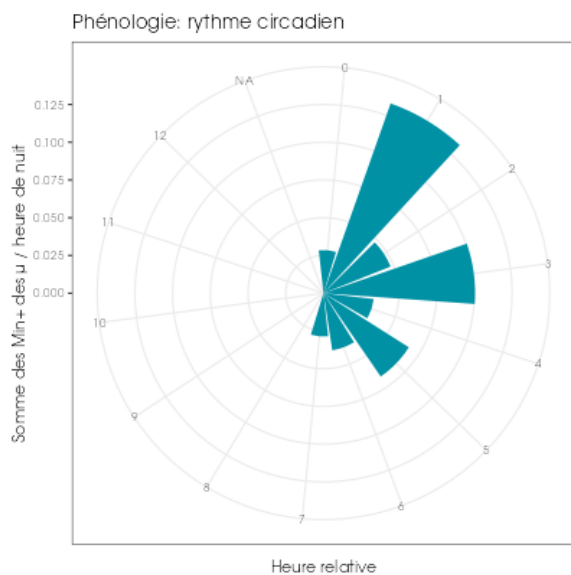


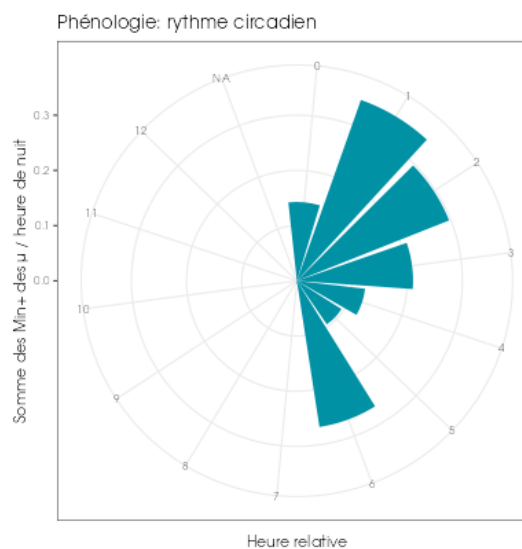
Figure 18. Nombre de contacts par tranche horaire, après le coucher du soleil, en altitude (100 m), toutes espèces confondues, de mars à octobre 2025.

On observe globalement le même rythme d'activité si on regarde l'activité horaire en fonction des périodes de l'année (printemps, été et fin d'été / début d'automne). Les activités horaires sur ces périodes et sur les mois présentant une activité des chauves-souris sont présentées sur les diagrammes suivants.

On peut voir que quel que soit le mois on observe un pic d'activité durant les premières heures de la nuit. L'activité diminue ensuite. On observe toutefois plus nettement que l'activité peut remonter en fin de nuit à certaines périodes de l'année. Ceci est notamment visible au niveau des diagrammes représentant l'activité horaire sur les mois de juin à juillet 2025.



Avril à mai 2025



Juin à juillet 2025

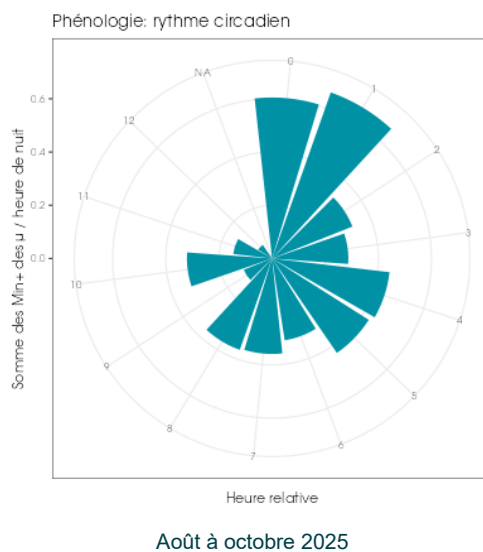


Figure 19. Nombre de contacts par tranche horaire en fonction de la période de l'année, après le coucher du soleil, en altitude (100 m) et toutes espèces confondues.

Le graphique suivant (actogramme) présente le détail de l'activité toutes espèces confondues. La zone en violet correspond à la nuit.

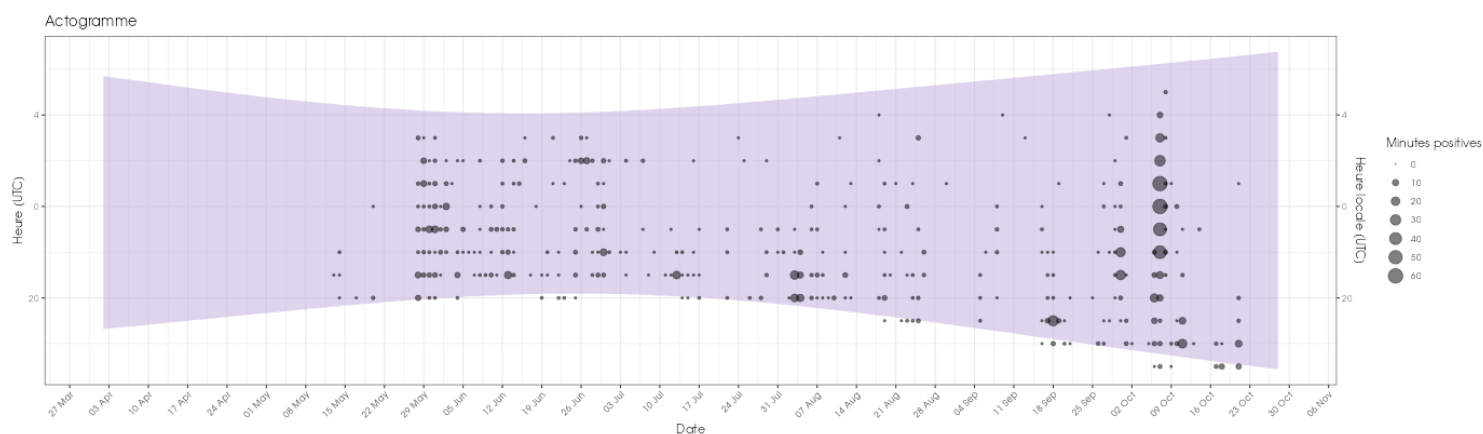


Figure 20. Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, en altitude (100 m).

Cette représentation graphique montre bien que l'activité chiroptérologique est plus intensément marquée au début de la nuit. Néanmoins, elle ne disparaît pas totalement au cours de la nuit, les chauves-souris restent actives tout au long de la nuit.

Notons néanmoins que d'une année à l'autre, différents facteurs peuvent influencer l'activité des chauves-souris. Il peut donc y avoir des variations interannuelles de l'activité des chauves-souris.

Proportion d'activité en fonction de la durée après le coucher du soleil

Le tableau suivant liste les durées après le coucher du soleil en-dessous desquelles des proportions ciblées des contacts (toutes espèces confondues) ont été obtenues, pour l'ensemble des données en altitude.

Tableau 14. Proportions des contacts obtenus en altitude en fonction de la durée après le coucher du soleil.

Contacts en altitude	Durée après le coucher du soleil en-dessous de laquelle les pourcentages ciblés de contacts ont été obtenus, et nombre de minutes positives correspondant					
	50%	75%	85%	90%	95%	99%
Toutes les périodes	3h21	5h46	6h50	7h28	8h31	10h22
Période printanière (avril à mai)	3h15	4h26	5h28	6h19	7h	7h24
Période estivale (juin à août)	2h21	4h31	5h50	6h19	6h41	8h32
Période automnale (septembre à octobre)	4h43	6h58	7h53	8h26	9h40	10h54

Bilan de l'activité générale en altitude en fonction de la durée après le coucher du soleil

L'ensemble de l'activité en altitude, recensée pour chaque espèce en fonction de la durée après le coucher du soleil, permet de tirer les informations suivantes :

- 90% de l'activité en altitude se concentre dans les 7h28 qui suivent le coucher du soleil ;
- 75% de l'activité en altitude se concentre dans les 5h46 qui suivent le coucher du soleil ;
- 50 % de l'activité en altitude a été obtenue entre le coucher du soleil et environ 3h21 après celui-ci.

2.1.5 Comparaison avec les suivis de l'activité des chiroptères antérieures

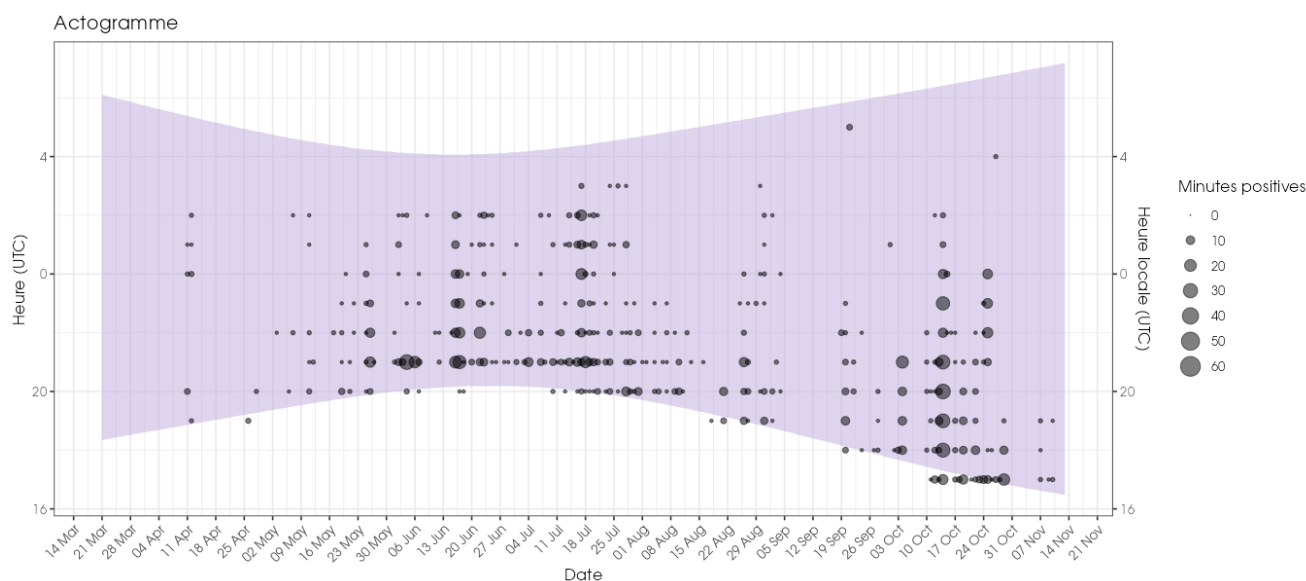
L'effort d'échantillonnage étant très différent entre 2013 et les deux premières années de suivi, la comparaison est impossible. Le tableau suivant décrit uniquement les informations disponibles entre 2013 et les deux années de suivis ainsi que la comparaison entre 2024 et 2025.

L'année 2025 correspond à la seconde année de suivi de l'activité des chauves-souris en nacelle, sur le parc éolien de Marillé. Le tableau ci-dessous fait le bilan des espèces identifiées et des résultats obtenus lors des enregistrements réalisés en altitude lors de l'état initial en 2013, en Nacelle en 2024 et en Nacelle en 2025.

Tableau 15. Croisement des informations sur l'évaluation de l'activité en altitude issues des deux années de suivi.

	En 2013	En 2024	En 2025
Localisation du dispositif d'écoute	Mat de mesure 40 m situé à proximité de MAR03 (SM2 Bat)	Nacelle éolienne MAR03 100 m (SM4 Bat)	Nacelle éolienne MAR03 100 m (SM4 Bat)
Période de fonctionnement du dispositif	Au printemps, en été et en automne environ 36 heures	239 nuits exploitables entre le 21 mars et le 15 novembre 2024.	210 nuits exploitables entre le 2 avril et le 28 octobre 2025
Espèces identifiées	Aucun contact en attitude mais 15 espèces sur les enregistrements au sol.	Deux espèces non détectées en 2013 l'ont été en 2024 : La Noctule commune, dont la présence en 2024 reste toutefois anecdotique (2 minutes positives) La Noctule de Leisler, elle bien présente (223 minutes positives et 14.6% de l'activité)	Une espèce non contactée en 2024 l'a été en 2025 : La Pipistrelle de Nathusius (12 minutes positives pour 0.81% du volume total de minutes positives enregistrées). Toutes les autres espèces contactées en 2024 l'ont été en 2025.
Nombre de minutes positives total toute espèces confondue		1524	1478
Nombre de minutes positives / Proportion de l'activité globale par espèce en minutes positives	Aucun contact	<u>Noctule commune</u> : 2 / 0,1% <u>Noctule de Leisler</u> : 223 / 14,6% <u>Sérotine commune</u> : 73 / 4,8% <u>Sérotules</u> : 9 / 0,6% <u>Pipistrelle commune</u> : 1011 / 66,3% <u>Pipistrelle de Kuhl</u> : 5 / 0,3% <u>Pipistrelle de Nathusius</u> : aucun contact certain. <u>Pipistrelle de Kuhl / Nathusius</u> : 201 / 13,2%	<u>Noctule commune</u> : 4 / 0,3% <u>Noctule de Leisler</u> : 279 / 18,9% <u>Sérotine commune</u> : 28 / 1,9% <u>Sérotules</u> : 64 / 4,3% <u>Pipistrelle commune</u> : 890 / 60,2% <u>Pipistrelle de Kuhl</u> : 12 / 0,8% <u>Pipistrelle de Nathusius</u> : 12 / 0,8% <u>Pipistrelle de Kuhl / Nathusius</u> : 179 / 12,1%
Nombre de contact enregistré	<u>6-7 mai 2013</u> : Aucun contact <u>30-31 mai 2013</u> : Aucun contact <u>17-18 juillet 2013</u> : Aucun contact <u>2-3 septembre 2013</u> : Aucun contact	Uniquement à titre informatif : <u>6-7 mai 2024</u> : 1 contact de Nyctalei <u>30-31 mai 2024</u> : Aucun contact <u>17-18 juillet 2024</u> : 123 contacts de Pipistrelle commune, 65 contacts de Pipistrelle de Kuhl/Nathusius, 2 contacts de Noctule de Leisler, 1 contact de Sérotine commune <u>2-3 septembre 2024</u> : 3 contacts de Noctule de Leisler, 1 contact de Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	Uniquement à titre informatif : <u>6-7 mai 2025</u> : aucun contact <u>30-31 mai 2025</u> : 2 contacts de Sérotules, 2 contacts de Sérotine commune, 5 contacts de Noctule commune, 122 contacts de Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius, 3 contacts de Pipistrelle de Kuhl et 202 contacts de Pipistrelle commune <u>17-18 juillet 2025</u> : 4 contacts de Sérotules, 1 contact de Sérotine commune, 5 contacts de Noctule de Leisler et 1 contact de Pipistrelle commune. Pas de contacts le 18 juillet. <u>2-3 septembre 2025</u> : Aucun contact

En 2024



Dans l'actogramme, la zone colorée en violet correspond à la nuit.

Figure 21. Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne MAR03 du parc de Marcellé 2024.

En 2025

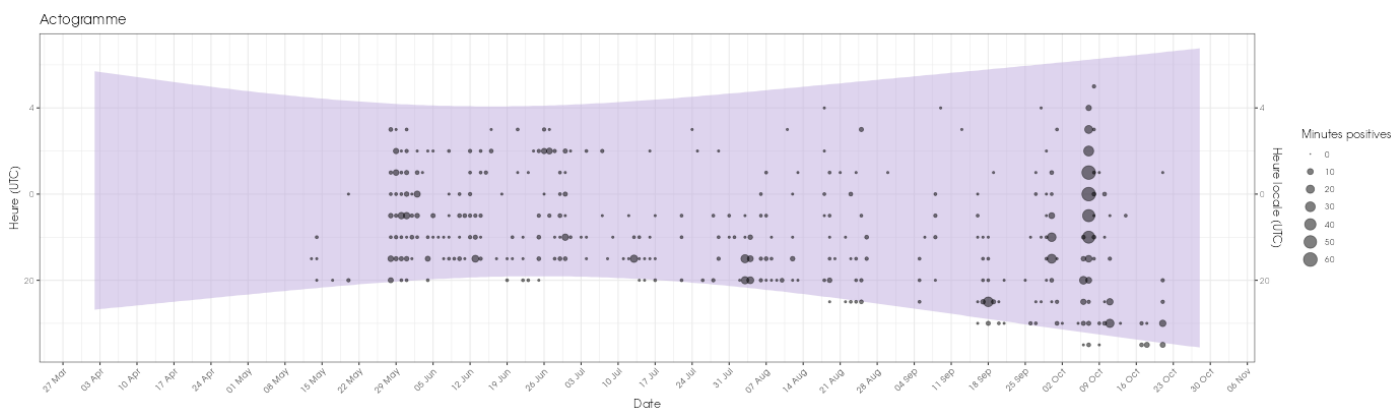


Figure 22. Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne MAR03 du parc de Marcellé en 2025.

La comparaison des enregistrements et des niveaux d'activité entre les deux années (2024 et 2025) montre que le niveau d'activité des chiroptères semble similaire entre les 2 années. Quelques variations dans les activités des espèces entre les deux années sont à noter.

Pour la Noctule de Leisler, on observe que le volume d'activité global de l'espèce est plus important de 4,3% en 2025 qu'en 2024. Pour la Noctule commune, le nombre de minutes enregistrées est stable au niveau de l'éolienne MAR03. Pour la Pipistrelle commune, on observe une légère diminution de sa représentativité au sein du volume total d'activité des chiroptères entre 2024 et 2025 : de 66,3% à 60,2%. Pour la sérotine commune on observe aussi une diminution de sa représentativité au sein du volume global de l'activité des chiroptères : 4,8% en 2024 à 1,9% en 2025. Pour le couple Pipistrelle de Kuhl / Nathusius, la proportion d'activité reste stable : 13,2% (2024) à 12,1% (2025). On peut noter que la Pipistrelle de Nathusius a été identifiée avec certitude en 2025 ce qui n'était pas le cas en 2024.

2.1.6 Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction des paramètres météorologiques

Les chapitres suivants présentent les analyses des activités notées à hauteur de nacelle (100 m) en fonction de différents paramètres météorologiques : vitesse du vent et température.

Dans le cadre de cette analyse, l'unité de mesure retenue pour calculer l'activité en fonction de la vitesse du vent et de la température par classe reste la minute positive (nombre de minutes au cours desquelles il y a eu au moins un enregistrement de chauves-souris).

Il est à noter que les capteurs des paramètres météorologiques n'ont pas pu faire remonter des données pour l'ensemble des contacts de chauves-souris obtenus sur l'éolienne. Pour l'analyse de l'activité en fonction des paramètres météorologiques, le nombre total de minutes positives pour lesquelles les données météorologiques sont disponibles est de N=1 469 minutes positives sur 210 nuits de suivi, entre mars 2025 et octobre 2025, au lieu de 1 478 minutes.

2.1.6.1 Activité en fonction de la vitesse du vent (m/s) mesurée à 80 m

Au cours de la période d'analyse qui s'étend de mars 2025 à octobre 2025, les instruments de mesure installés sur l'éolienne MAR03 du parc de Marcillé ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages moyennes de vitesse de vent allant de 0,16 à 18,56 m/s.

Les graphiques suivants présentent la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues (= **conditions utilisées**), en fonction de la vitesse du vent enregistré sur l'éolienne MAR03 (= **conditions disponibles**) obtenue à hauteur de nacelle 100 m) et durant les 210 nuits de l'étude.

Les résultats sont présentés sous la forme de deux graphiques différents montrant :

- La densité des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (fonction de densité – pdf) ;
- La répartition des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (fonction de répartition – cdf), en considérant pour chaque classe les contacts obtenus pour une vitesse de vent inférieure ou égale à la valeur indiquée en abscisse.

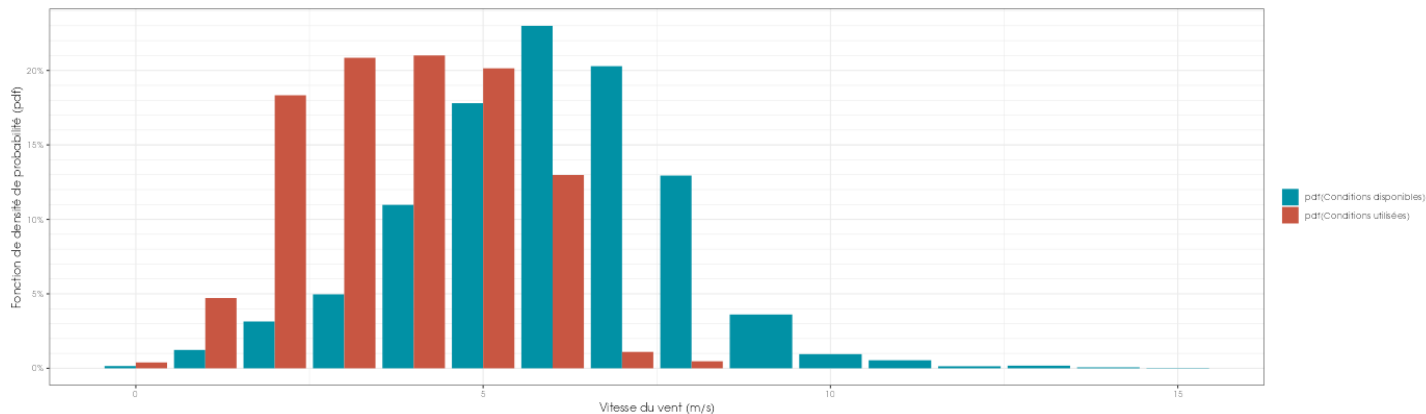


Figure 23. Densité des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (100 m) au niveau de l'éolienne MAR03 du parc de Marcillé.

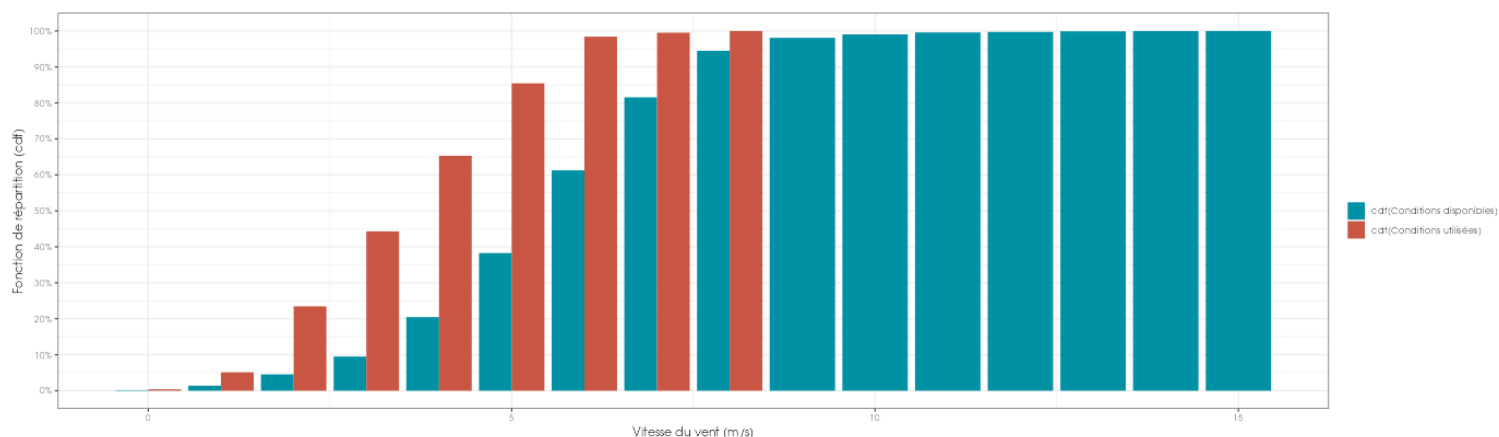


Figure 24. Répartition des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (100 m) au niveau de l'éolienne MAR03 de Marillé.

Les graphiques montrent que :

- Toutes espèces confondues et à une altitude de 100 m, la proportion de contacts de chauves-souris en fonction de la vitesse du vent diminue de façon significative sur le site à partir de 5 m/s ;
- Les chauves-souris utilisent les conditions disponibles jusqu'à 8 m/s.

Le tableau suivant liste les vitesses de vent en-dessous desquelles des proportions ciblées des contacts (toutes espèces confondues) ont été obtenues, pour l'ensemble des données en altitude.

Tableau 16. Proportions des contacts obtenus en hauteur (100 m) en fonction de la vitesse du vent.

Contacts en altitude	Vitesse de vent (en m/s à 100m) en-dessous de laquelle les pourcentages ciblés de contacts ont été obtenus, et nombre de minutes positives correspondant					
	50%	75%	85%	90%	95%	99%
Toutes les périodes	3,82	4,9	5,39	5,72	6,05	6,7
Période printanière (mars à mai)	3,75	4,85	5,05	5,21	5,42	6,08
Période estivale (juin à août)	4,02	5,27	5,66	5,89	6,15	7,12
Période automnale (septembre à novembre)	3,54	4,86	5,11	5,53	5,95	6,46

L'analyse de l'affinité permet de décrire le comportement de sélection des conditions environnementales par les chiroptères en s'affranchissant dans une large mesure des biais liés au hasard de l'échantillonnage des conditions disponibles. Une affinité égale à 1 indique qu'il n'y a pas de préférence significative. Une affinité inférieure à 1 indique que les chiroptères semblent éviter ces conditions (**en bleu** dans le graphique suivant). Une affinité supérieure à 1 indique que les chiroptères semblent préférer ces conditions météorologiques pour être actifs (**en rouge** dans le graphique suivant).

Dans le cadre de l'étude, l'analyse des résultats montre une nette préférence des chauves-souris pour des vitesses de vent inférieures à 5,5 m/s.

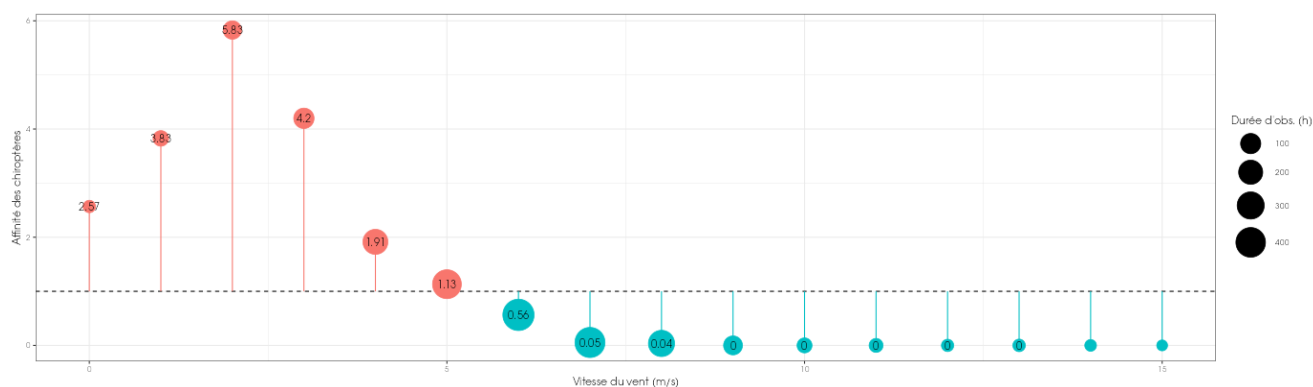


Figure 25. Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (100 m) au niveau de l'éolienne MAR03 du parc de Marcillé.

L'ensemble de l'activité en altitude, recensée pour chaque espèce en fonction de la vitesse du vent (mesurée à 100 m), permet de ressortir les principales informations suivantes :

- 90% de l'activité en altitude (considérée à risque) a été obtenue à des vitesses de vent inférieures à 5,72 m/s ;
- 75% de l'activité en altitude a été obtenue à des vitesses de vent inférieures 4,9 m/s ;
- 50% de l'activité en altitude a été obtenue à des vitesses de vent inférieures à 3,82 m/s.

2.1.6.2 Activité en fonction de la température (°C) mesurée à 100 m

Au cours de la période d'analyse qui s'étend de mars 2025 à octobre 2025, les instruments de mesure installés sur la nacelle de l'éolienne MAR03 ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages de températures allant de 2,54 et 35,6°C.

Les graphiques suivants présentent la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues (= **conditions utilisées**), en fonction de la température (= **conditions disponibles**) obtenue en altitude (100 m) et durant les 210 nuits de l'étude.

Les résultats sont présentés sous la forme de deux graphiques différents montrant :

- La densité des contacts de chauves-souris par classe de température (fonction de densité – pdf) ;
- La répartition des contacts de chauves-souris par classe de température (fonction de répartition – cdf), en considérant pour chaque classe les contacts obtenus pour une température inférieure ou égale à la valeur indiquée en abscisse.

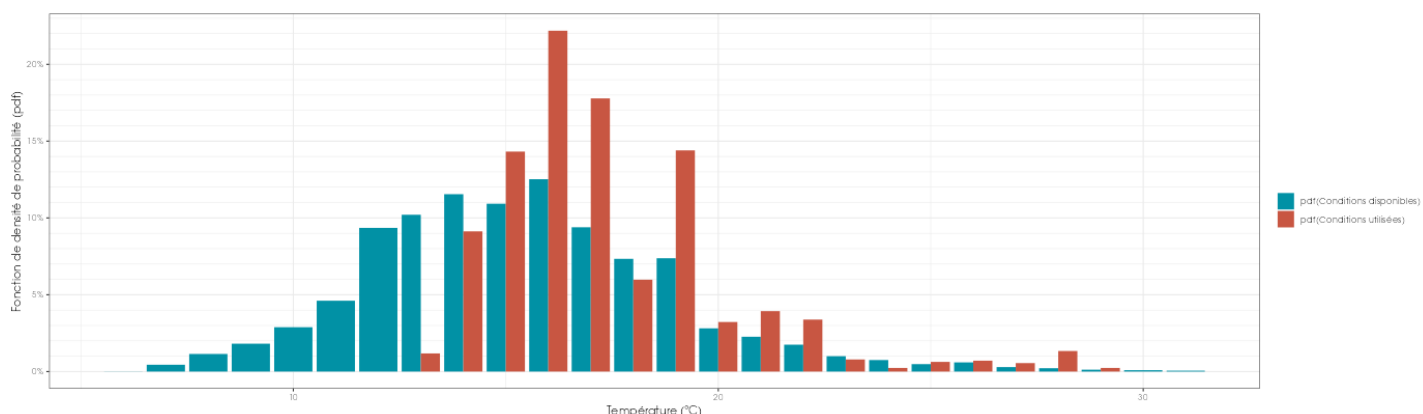


Figure 26. Densité des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (80 m) au niveau de l'éolienne MAR03 de Marcillé.

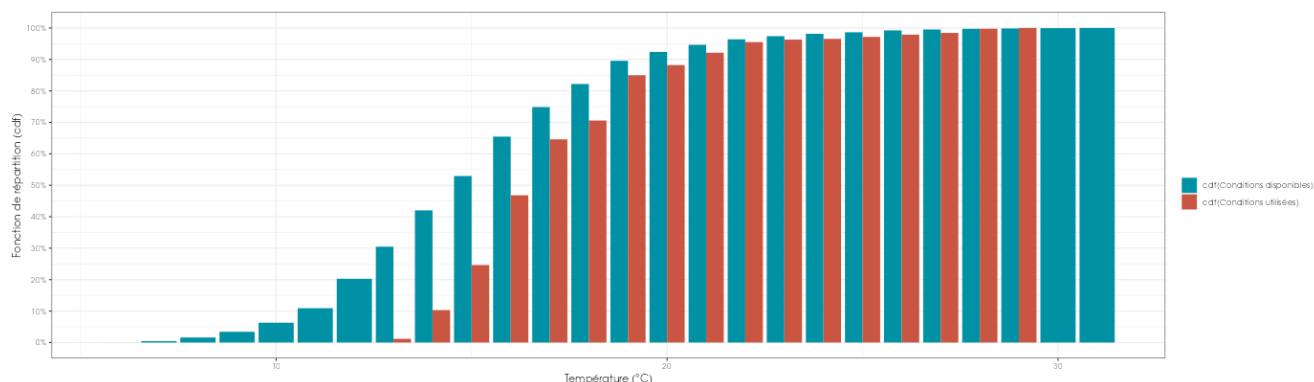


Figure 27. Répartition des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (80 m) au niveau de l'éolienne MAR03 de Marcillé.

Les graphiques montrent que :

- Toutes espèces confondues et à une altitude de 100 m, la proportion de contacts de chauves-souris en fonction de la température est plus importante pour des tranches de température au-dessus de 15°C ;
- Les chauves-souris utilisent globalement les conditions disponibles au-dessus de 10°C.

Le tableau suivant liste les températures au-dessus desquelles des proportions ciblées des contacts (toutes espèces confondues) ont été obtenues, pour l'ensemble des données en altitude.

Tableau 17. Proportions des contacts obtenus au-dessus de la médiane en fonction de la température.

Contacts au-dessus de la médiane	Température (en °C à 100 m) au-dessus de laquelle les pourcentages ciblés de contacts ont été obtenus, et nombre de minutes positives correspondant					
	50%	75%	85%	90%	95%	99%
Toutes les périodes	16,5	15,5	14,8	14,4	14,1	13,3
Période printanière (mars à mai)	15,7	15,3	15,3	15,2	15,1	14,7
Période estivale (juin à août)	18,7	16,5	15,4	15,1	14,3	13,8
Période automnale (septembre à novembre)	16,3	14,9	14,4	14,2	13,1	12,8

L'analyse de l'affinité permet de décrire le comportement de sélection des conditions environnementales par les chiroptères en s'affranchissant dans une large mesure des biais liés au hasard de l'échantillonnage des conditions disponibles. Une affinité égale à 1 indique qu'il n'y a pas de préférence. Une affinité inférieure à 1 indique que les chiroptères semblent éviter ces conditions (**en bleu** dans le graphique suivant). Une affinité supérieure à 1 indique que les chiroptères semblent préférer ces conditions météorologiques pour être actifs (**en rouge** dans le graphique suivant).

Dans le cadre de l'étude, l'analyse des résultats montre une nette préférence des chauves-souris pour des températures nocturnes supérieures à 15°C.

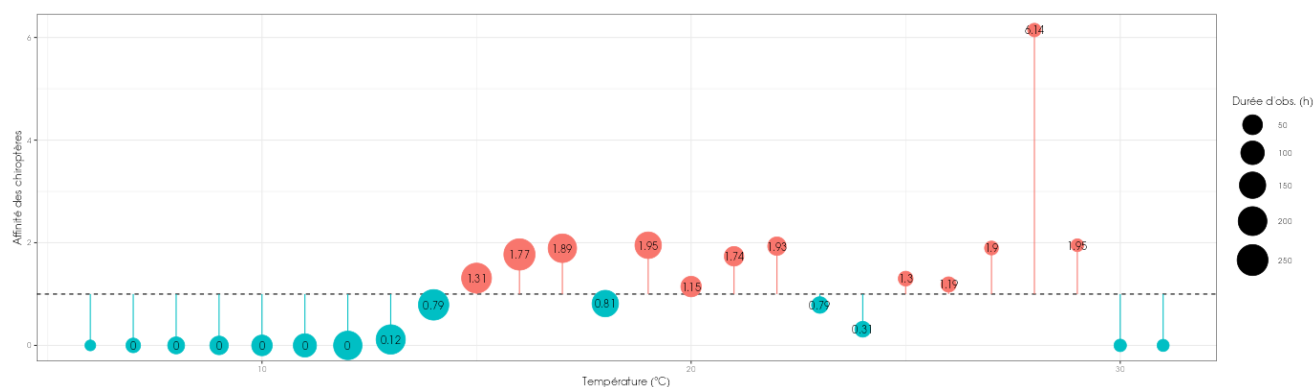


Figure 28. Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (100 m).

L'ensemble de l'activité en altitude, recensée pour chaque espèce en fonction de la température (mesurée à 100 m), permet de tirer les informations suivantes :

- 90% de l'activité en altitude (considérée à risque) a été enregistrée à des températures supérieures à 14,4°C ;
- 75% de l'activité en altitude a été enregistrée à des températures supérieures à 15,5°C ;
- 50% l'activité en altitude a été enregistrée à des températures supérieures à 16,5°C.

2.1.6.3 Combinaison des facteurs température et vitesse de vent

L'analyse bidimensionnelle de l'activité, en fonction de la vitesse du vent et de la température à la fois, permet de tester si l'une ou l'autre de ces deux variables météorologiques est prédominante et influe donc plus fortement sur le niveau d'activité des chiroptères.

Le graphique suivant représente l'affinité bidimensionnelle, à la fois pour la vitesse du vent et la température. La couleur blanche indique l'absence de préférence par les chiroptères, le rouge indique une sélection des conditions 10 fois moins fréquente qu'en absence de préférence, et le bleu indique une sélection 10 fois plus fréquente qu'en absence de préférence. Les conditions qui figurent en bleu sont donc celles sélectionnées par les chauves-souris.

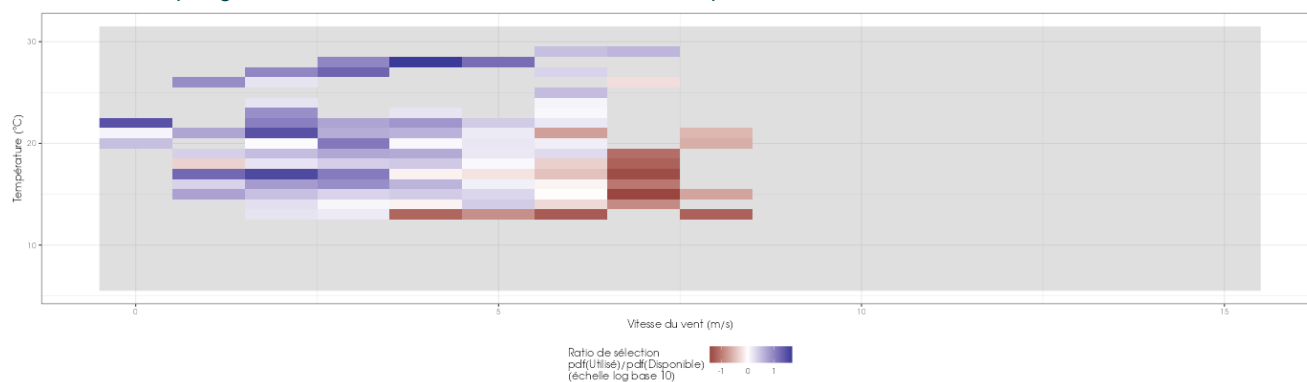


Figure 29. Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 100 m. Les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris.

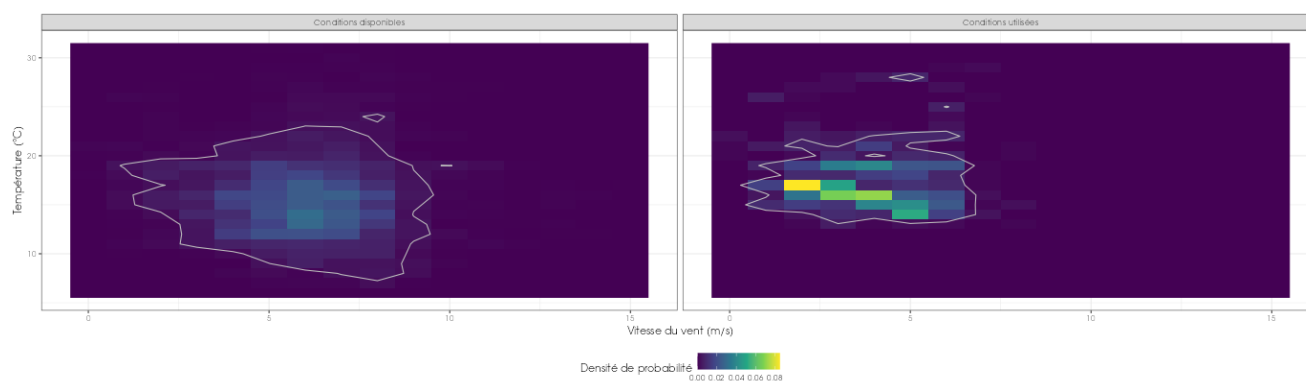


Figure 30. Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions.

Au regard des éléments météorologiques enregistrés sur le parc de Bassigny et de l'activité des chiroptères enregistrée, il ressort que l'utilisation du site par les chauves-souris est majoritaire dans une gamme de températures comprises entre 13 et 22°C et de vitesses de vent comprises entre 0 et 6 m/s.

Il convient de noter que pour des conditions de vent de 6 m/s, les chauves-souris sélectionnent des températures enregistrées plus importantes, au-dessus de 25°C. Elles sélectionnent plus facilement des températures plus faibles lorsque les vitesses de vent sont plus faibles.

2.1.7 Synthèse de l'activité des chiroptères en hauteur

Cette étude a permis de définir l'activité des chauves-souris en altitude et d'évaluer plus précisément les conditions favorables à leur activité. Un dispositif d'enregistrement automatique (SM4BAT) équipé d'un micro a été placé à 100 m au sein de la nacelle de l'éolienne MAR03 du parc éolien de Marillé en Ile-et-Vilaine (35), en 2025. Il a permis d'enregistrer l'activité des chauves-souris entre le 2 avril et le 28 octobre 2025, soit durant 210 nuits.

Les enregistrements indiquent la présence de six espèces en altitude sur l'année 2025. Il s'agit d'une diversité moyenne. Considérant que les enregistrements ont été réalisés en altitude. Il s'agit d'une composition d'espèces typiquement contactées en altitude. Sur la période d'enregistrement de l'activité des chauves-souris, l'activité en altitude observée durant cette période peut être considérée comme **très forte** au regard du référentiel Actichiro Altitude.

Le suivi en altitude montre que :

- La **Pipistrelle commune** est l'**espèce la plus représentée en altitude**, avec 60% des « minutes positives » de chauves-souris enregistrées en altitude.
- La **Noctule de Leisler** arrive en deuxième position avec 18,9% des « minutes positives » de chauves-souris enregistrées en altitude.
- Elle est suivie de près par le groupe **Pipistrelle de Kuhl / P.de Nathusius** avec 12,1% des « minutes positives » de chauves-souris enregistrées en altitude, auxquels s'ajoute 0,8% pour chacune des deux espèces pour les séquences identifiées à l'espèce.
- La **Sérotine commune** représente une petite part de l'activité avec 1,9% des « minutes positives » de chauves-souris enregistrées en altitude.

La phénologie observée montre une activité plus importante sur les mois de juin (début de période de mise-bas) ainsi qu'en octobre (transit automnal) 2025.

L'activité en altitude est généralement concentrée en début de nuit.

Une relation marquée entre l'activité des chauves-souris en altitude, les vitesses de vent et la température a été mise en évidence :

- 90% de l'activité totale a été enregistré à des vitesses de vent inférieures à 5,72 m/s ;
- 90% de l'activité totale a été enregistré à des températures supérieures à 14,4 °C.

2.2 Résultats du suivi de mortalité

2.2.1 Résultats bruts

2.2.1.1 Données générales concernant les cadavres découverts

Au total, 6 cadavres ont été trouvés au sein du parc éolien de Marcillé, dont 3 oiseaux (2 espèces et un groupe d'espèces) et 3 chauves-souris (1 espèce) entre le 20 mai 2025 et le 6 octobre 2025.

Les espèces d'oiseaux trouvés sont la Buse variable (1 individu), l'Alouette lulu (1 individu), ainsi qu'un individu non déterminé du groupe des roitelets (1 individu), découvertes entre le 20 mai 2025 et le 9 septembre 2025. L'espèce de chauves-souris trouvée est la Pipistrelle commune (3 individus), recensée entre le 18 août 2025 et le 6 octobre 2025.

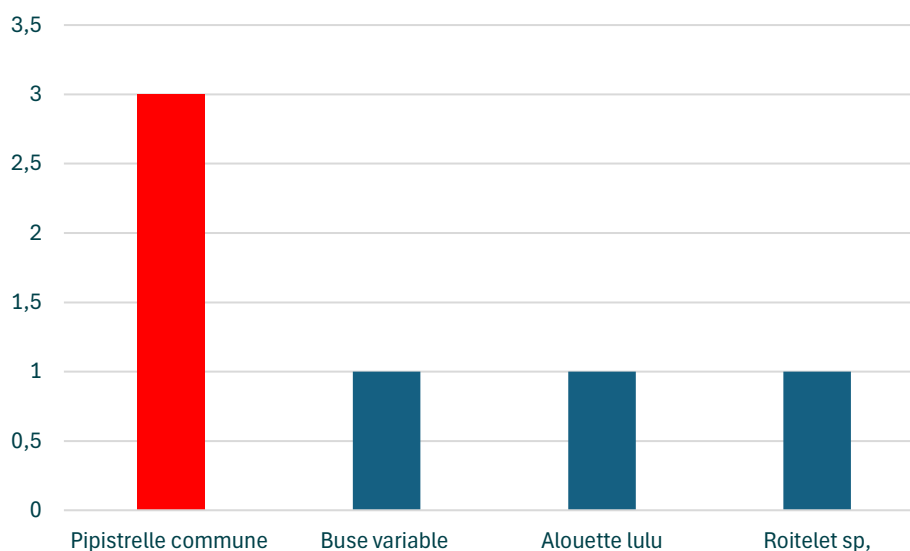


Figure 31. Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Marcillé.



Pipistrelle commune



Alouette lulu

Figure 32. Présentation de quelques photographies des cadavres découverts ©Biotope.

Au niveau phénologique, on remarque que :

- Les cadavres d'oiseaux ont été observés à différentes périodes du suivi. Au regard des effectifs, il ne semble pas y avoir de pic important de mortalité qui se dégage sur la période de suivi et notamment pas en période de migration postnuptiale. Les espèces découvertes sont observées à la fois en période de nidification (Alouette lulu) et de migration/dispersion postnuptiale (roitelet sp.) ;
- Les cadavres de chiroptères ont été observés sur la période de transit automnal, de fin-août à début octobre.

L'ensemble des individus découverts est mort par barotraumatisme et/ou par collision avec les pales soit 100% des individus dont la mort est imputable aux éoliennes.

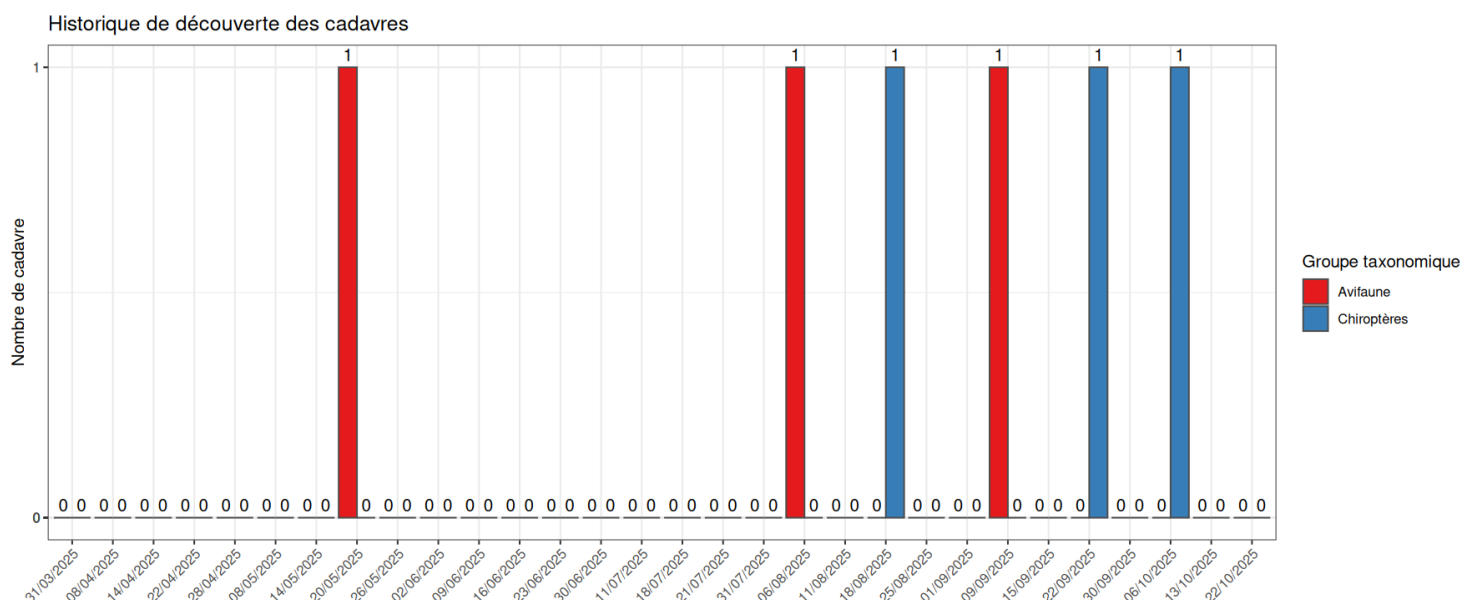


Figure 33. Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Marcillé.

2.2.1.2 Suivi par éolienne

L'analyse par éolienne montre que les cadavres ont été retrouvés sous l'ensemble des éoliennes, sauf MAR06, avec des valeurs assez proches entre elles. L'éolienne MAR01 est la seule éolienne avec 2 découvertes, une mortalité d'oiseaux et de chiroptère. L'éolienne MAR06 ne présente aucun cadavre.

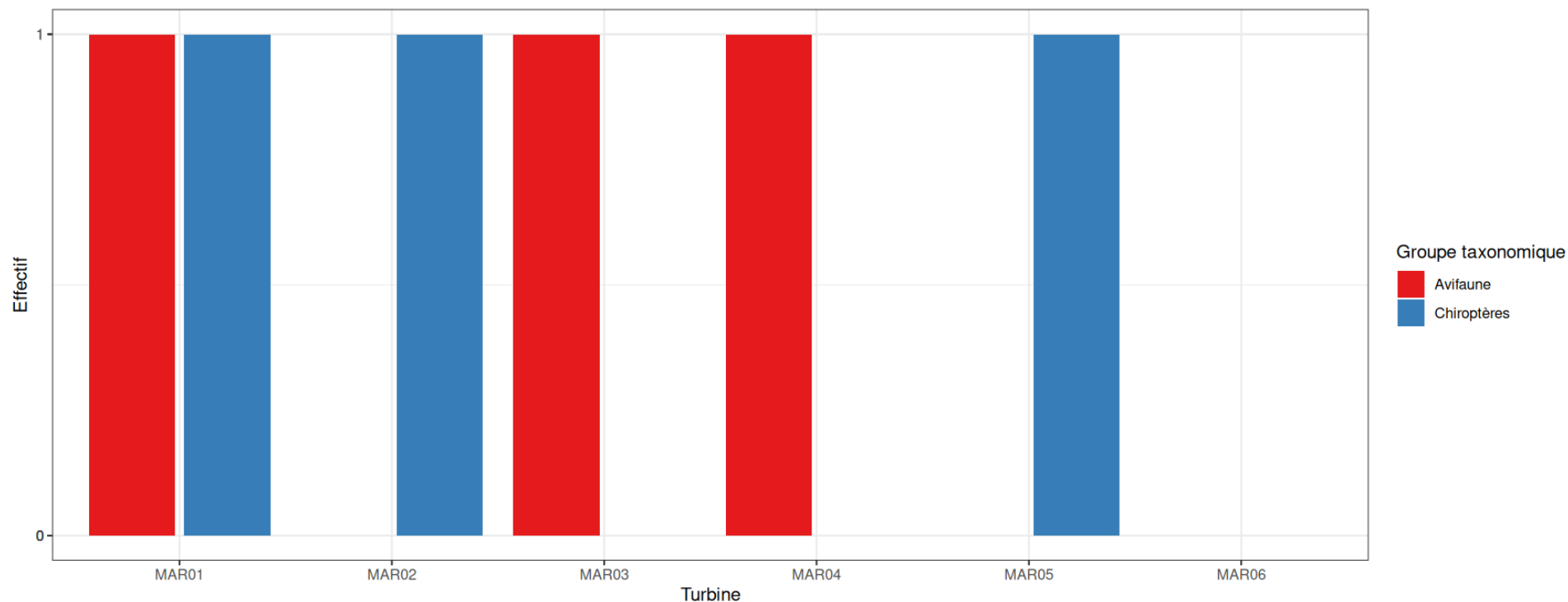


Figure 34. Nombre de cadavres découverts par éolienne.

L'ensemble des éoliennes présente des cas de mortalité, sauf MAR06. Les mortalités brutes recensées varient peu entre les éoliennes, comprises entre 0 et 2 cadavres par éolienne. Autant de cadavres de chiroptères que d'avifaune ont été découverts. Les éoliennes MAR01 (dans une moindre mesure) semble avoir un impact plus marqué que les autres machines sur la base des résultats bruts.

2.2.1.3 Répartition spatiale des observations

Les observations sont principalement réparties entre 15m à 35m. L'individu retrouvé le plus loin d'une éolienne est une Buse variable observée à 49m. Les découvertes ont été plus fréquemment réalisées à l'Ouest des éoliennes.

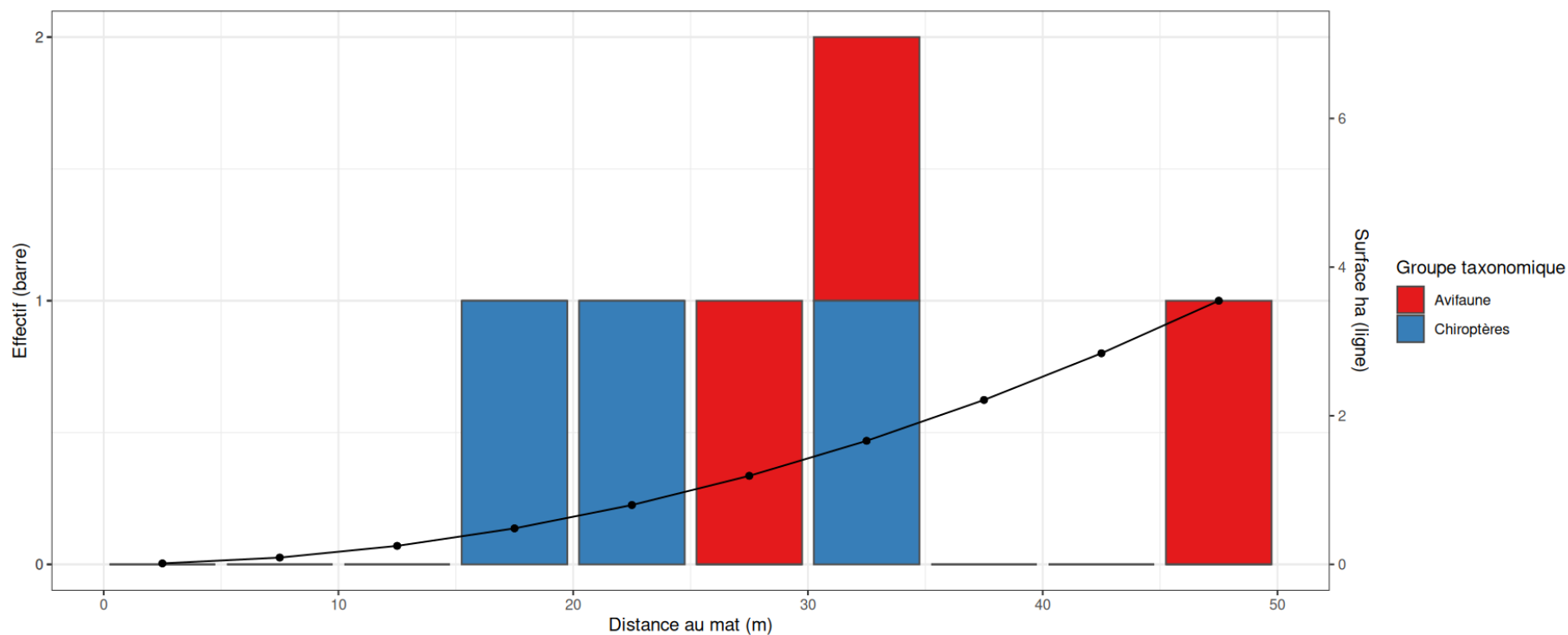


Figure 35. Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Marillé. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.

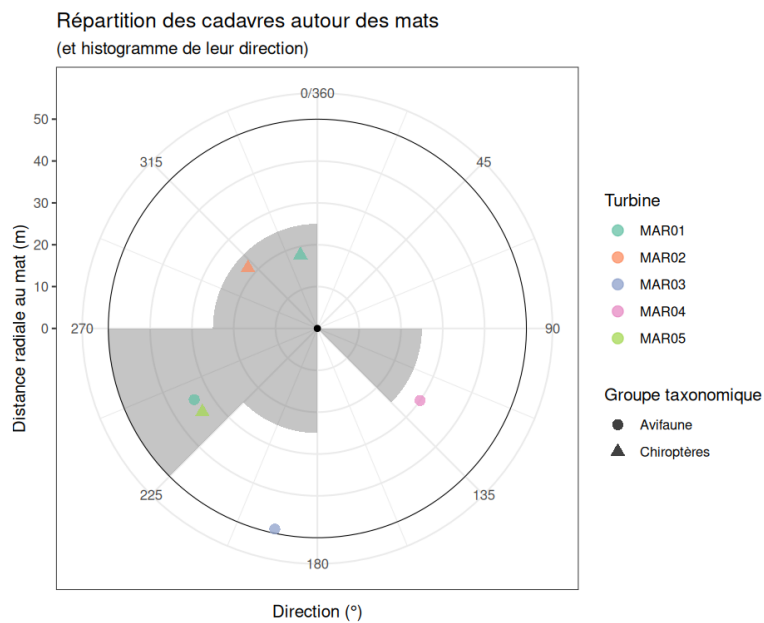


Figure 36. Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes (en grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation).

2.2.1.4 Description des oiseaux retrouvés

3 individus répartis au sein de 2 espèces et 1 groupe d'espèces, ont été retrouvés sous les éoliennes du parc de Marcillé : l'**Alouette lulu** (1 individu), la **Buse variable** (1 individu) et un **Roitelet sp.** (1 individu).

Référentiel mortalité brute Biotope

À titre de comparaison, Biotope a mis à jour en 2025 son « **référentiel de mortalité brute** » cumulant l'ensemble des observations de cadavres d'oiseaux réalisées dans le cadre de suivis environnementaux au niveau métropolitain entre 2019 et 2024. Ce référentiel permet de faire un bilan des espèces a priori les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle nationale.

On constate que la Buse variable fait partie des espèces les plus fréquemment observées en France. En effet, elle est la 4^{ème} espèce la plus comptabilisée dans les suivis de mortalité réalisés par Biotope depuis 2019.

Quant à l'Alouette lulu, elle est moins observée lors des suivis de mortalité réalisés par Biotope depuis 2019, elle se situe à la 14^{ème} place.

Référentiel mortalité brute Dürr

De la même manière, la synthèse de données mise à disposition par Tobias Dürr (mise à jour le 26 février 2025) sur la mortalité de l'avifaune liée à l'éolien en Europe permet de faire un bilan des espèces a priori les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle européenne (base de données compilant des informations fournies de façon volontaire).

On constate que la Buse variable est une espèce fortement impactée en Europe et en France. En effet, sur les 309 espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité, elle est la 2^{ème} espèce la plus découverte en Europe et la 4^{ème} espèce la plus touchée en France d'après la base de Tobias Dürr. L'Alouette lulu se situe au 30^{ème} rang européen et est assez peu commune également pour la France (29^{ème} rang).

Le tableau ci-dessous synthétise les données « empiriques » de Dürr (mis à jour le 26/02/2025) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope (mis à jour en septembre 2025) pour des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays d'Europe et en France métropolitaine. Les valeurs entre parenthèses correspondent au nombre de cadavres brut.

Tableau 18. Tableau de synthèse associant les données « empiriques » de Dürr et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope.

	Rang Europe	Rang France	Rang FR Biotope	A	BE	D	E	NL	PT	Rang Marcillé
Buse variable	2 (1283)	4 (368)	4 (78)	6 (15)	18 (3)	1 (809)	26 (31)	5 (30)	8 (13)	1 (1)
Alouette lulu	30 (172)	29 (43)	14 (16)	-	-	38 (13)	17 (62)	-	4 (25)	1 (1)

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, D = Allemagne, E = Espagne, FR = France, NL = Hollande, PT = Portugal

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2013 on constate que les 2 espèces ont été observées lors des inventaires et traitées dans cette étude. L'Alouette lulu avait été qualifiée d'espèce patrimoniale pour le site.

2.2.1.4.1. Évaluation des enjeux

Le tableau ci-dessous présente les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux retrouvées sur le parc de Marcillé à l'échelle régionale, française et européenne. On constate que l'Alouette lulu est inscrite sur l'Annexe 1 de la Directive Oiseaux.

Tableau 19. Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Marcillé.

Espèces	Protection nationale	Directive Oiseaux	Liste rouge Europe (2021)	Liste rouge France nicheur (2016)	Liste rouge nicheur Bretagne (2015)	Liste rouge migrateur Bretagne (2015)
Alouette lulu	Article 3	Annexe 1	LC	LC	LC	DD
Buse variable	Article 3		LC	LC	LC	LC

Légende :

Protection nationale

Arrêté interministériel du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection : Article 3 : protection stricte des individus et de leurs habitats de reproduction et de repos.

Directive Oiseaux

- Il s'agit de la DIRECTIVE 2009/147/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 30 novembre 2009 concernant la conservation des oiseaux sauvages. Elle vise à assurer une protection de toutes les espèces d'oiseaux vivant naturellement à l'état sauvage sur le territoire européen.
- Annexe I : espèces faisant l'objet de mesures spéciales de conservation en particulier en ce qui concerne leur habitat (Zone de Protection Spéciale).

Listes rouges

- BirdLife International (2021) European Red List of Birds. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Oiseaux de France métropolitaine (UICN France, MNHN, LPO, SEOF et ONCFS, 2016).
- GIP Bretagne Environnement. Liste rouge régionale et Responsabilité biologique régionale. Oiseaux nicheurs et oiseaux migrateurs de Bretagne (2015).
- DD : non évalué, LC : Préoccupation mineure

Espèces déterminantes

- Espèces déterminantes de la Région Bretagne : Espèces nicheuses
- Site internet DREAL Bretagne : http://www.bretagne.ecologie.gouv.fr/article.php?id_article=637

2.2.1.5 Description des chauves-souris retrouvées

3 individus appartenant à la même espèce ont été retrouvés morts sur le parc de Marcillé : **la Pipistrelle commune** (3 individus).

La Pipistrelle commune est une espèce assez sédentaire. Elle s'éloigne ainsi peu de ses domaines vitaux. Les individus touchés sont donc probablement issus de colonies locales, proches du parc éolien (quelques kilomètres).

Référentiel mortalité brute Biotope

À titre de comparaison, Biotope a réalisé en 2025 un « **référentiel de mortalité brute** » cumulant l'ensemble des observations de cadavres de chiroptères réalisées dans le cadre de suivis environnementaux au niveau métropolitain depuis 2019. Ce référentiel permet de faire un bilan des espèces a priori les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle nationale.

On constate que la Pipistrelle commune est l'espèce la plus fréquemment observée en France. En effet, sur les 13 espèces ou groupes d'espèces comptabilisés dans les suivis de mortalité réalisés par Biotope depuis 2019, elle est située au premier rang.

Référentiel mortalité brute Dürr

De la même manière, la synthèse de données disponibles de Tobias Dürr (mise à jour le 26 février 2025) sur les cadavres de chauves-souris relate que la Pipistrelle commune est l'espèce la plus touchée par les parcs éoliens à l'échelle européenne et à l'échelle française.

Le tableau ci-dessous synthétise les données « empiriques » de Dürr (mis à jour le 26/02/2025) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope (mis à jour en septembre 2025) pour des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays d'Europe et en France métropolitaine. Les valeurs entre parenthèses correspondent au nombre de cadavres brut.

Tableau 20. Tableau de synthèse associant les données « empiriques » de Dürr et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope pour les chiroptères.

	Rang Europe	Rang France	Rang FR Biotope	A	BE	CR	D	ES	PT	Rang Marcillé
Pipistrelle commune	1 (3643)	1 (2133)	1 (411)	4 (2)	1 (30)	5 (5)	3 (820)	1 (211)	1 (323)	1 (3)

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, CR = Croatie, D = Allemagne, ES = Espagne, FR = France, P = Portugal,

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2013, on constate que la Pipistrelle commune, seule espèce observée lors du suivi réalisé en 2025, est l'une des espèces identifiées dans ce document.

La Pipistrelle commune fait partie des espèces les plus impactées par les parcs éoliens en fonctionnement (en Europe : Gaultier et al., 2020). Les chiroptères sont des animaux ayant une longue espérance de vie mais une faible fécondité, entraînant un faible renouvellement des populations. Une forte mortalité des adultes est donc particulièrement dommageable pour les populations (Arthur & Lemaire, 2015).

2.2.1.5.1. Évaluation des enjeux

Le tableau ci-dessous présente les statuts de protection et de conservation de l'espèce de chauves-souris retrouvée sur le parc de Marcillé à l'échelle de la France et de l'Europe. L'espèce contactée est strictement protégée en France et dans l'Union Européenne. Elle est par ailleurs considérée comme patrimoniale en France car quasi menacée.

Tableau 21. Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauves-souris touchées par le parc de Marcillé.

Espèce	Directive Habitats	Protection nationale	Liste rouge Europe (2012)	Liste rouge France (2017)	Liste rouge Bretagne (2015)
Pipistrelle commune	Annexe IV	Article 2	LC	NT	LC

Légende :

Protection nationale Arrêté interministériel du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection (modif. Arrêté du 15 septembre 2012) : Article 2 : protection stricte des individus et de leurs habitats de reproduction et de repos.

Directive Habitats : L'annexe IV de la directive européenne 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », liste les espèces animales et végétales d'intérêt européen qui nécessitent une protection stricte sur le territoire des états membres de l'Union européenne.

Listes rouges Europe, France et Bretagne

- Liste rouge européenne des espèces menacées (UICN, 2012)
- Liste rouge des espèces menacées en France, Mammifères de France métropolitaine (UICN France & MNHN, 2017)
- GIP Bretagne Environnement (2015). Liste rouge régionale et Responsabilité biologique régionale. Reptiles et batraciens de Bretagne LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacé, VU : Vulnérable

Les bases de données observationnelles de Biotope et Tobias Dürr permettent des comparaisons mais présentent des limites car elles ne prennent pas en compte l'effort de prospection et ne reflètent pas la mortalité réelle. Concernant la base de données de Tobias Dürr, les données sont partielles et proviennent d'une faible proportion de parcs français et restent donc non exhaustives. Cependant cette base européenne est une des plus détaillée à ce jour en Europe et est complétée à l'échelle métropolitaine par le référentiel de mortalité brute réalisé par Biotope.

2.2.2 Analyse des résultats

Dans le cadre de cette étude, plusieurs formules ont été utilisées pour estimer la mortalité du parc éolien. Comme recommandé dans le protocole national, il s'agit des formules de Huso (2010), Erickson et al. (2000) et Korner-Nievergelt et al. (2011). Les tableaux suivants détaillent les différents résultats des différentes étapes de calcul nécessaires aux estimations de mortalités.

2.2.2.1 Occupation du sol et zones prospectées

Sur l'ensemble du suivi, les zones prospectées ont subi une forte évolution de l'occupation du sol. Le couvert végétal dans les zones de recherche influence directement les capacités de l'observateur à détecter les cadavres (Domínguez del Valle et al., 2020). Les milieux herbacés hauts (> à 30/40 cm) et denses sont incompatibles avec les suivis. Ainsi, dès lors que la végétation correspondait à ce type d'occupation du sol, l'efficacité de recherche a été considérée comme nulle et les parcelles non prospectées.

Dans le cadre de cette étude, la végétation a été la seule contrainte dans la recherche de cadavres où pour certains passages, les recherches n'ont pas pu être menées sur la totalité des surfaces à prospecter.

L'ensemble de ces événements a été intégré dans les modalités de calcul par 1) le coefficient correcteur de surface et 2) le coefficient d'efficacité de recherche.

Le tableau ci-dessous représente l'occupation du sol pour l'ensemble des éoliennes sur la période de suivi de mortalité. Les surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées sur le parc éolien sont représentées en pourcentage ponctuellement.

Tableau 22. Bilan de l'occupation du sol pour les 6 éoliennes sur l'ensemble de la période de suivi.

Milieux	MAR01	MAR02	MAR03	MAR04	MAR05	MAR06	Total
Chaume	11,15%	10,34%	4,98%	8,07%	2,16%	11,76%	8,08%
Friche	1,80%	-	-	-	-	0,33%	0,36%
Haie	2,28%	-	-	-	-	4,79%	1,18%
Labour	22,36%	7,75%	14,94%	24,22%	26,24%	10,63%	17,69%
Maïs	50,32%	43,92%	-	-	-	55,40%	24,94%
Orge/Seigle	-	-	11,62%	29,60%	4,76%	-	7,66%
Passage canadien	-	-	0,31%	0,15%	0,00%	-	0,08%
Plateforme	12,09%	22,24%	18,54%	18,62%	13,52%	14,90%	16,65%
Prairie	-	15,75%	39,64%	11,27%	52,14%	1,33%	20,02%
Semis	-	-	9,96%	8,07%	0,86%	0,67%	3,26%
Talus	-	-	-	-	-	0,09%	0,02%
Tas de fumier	-	-	-	-	0,32%	0,10%	0,07%
Total	100 %	100 %	100 %	100%	100%	100%	100%

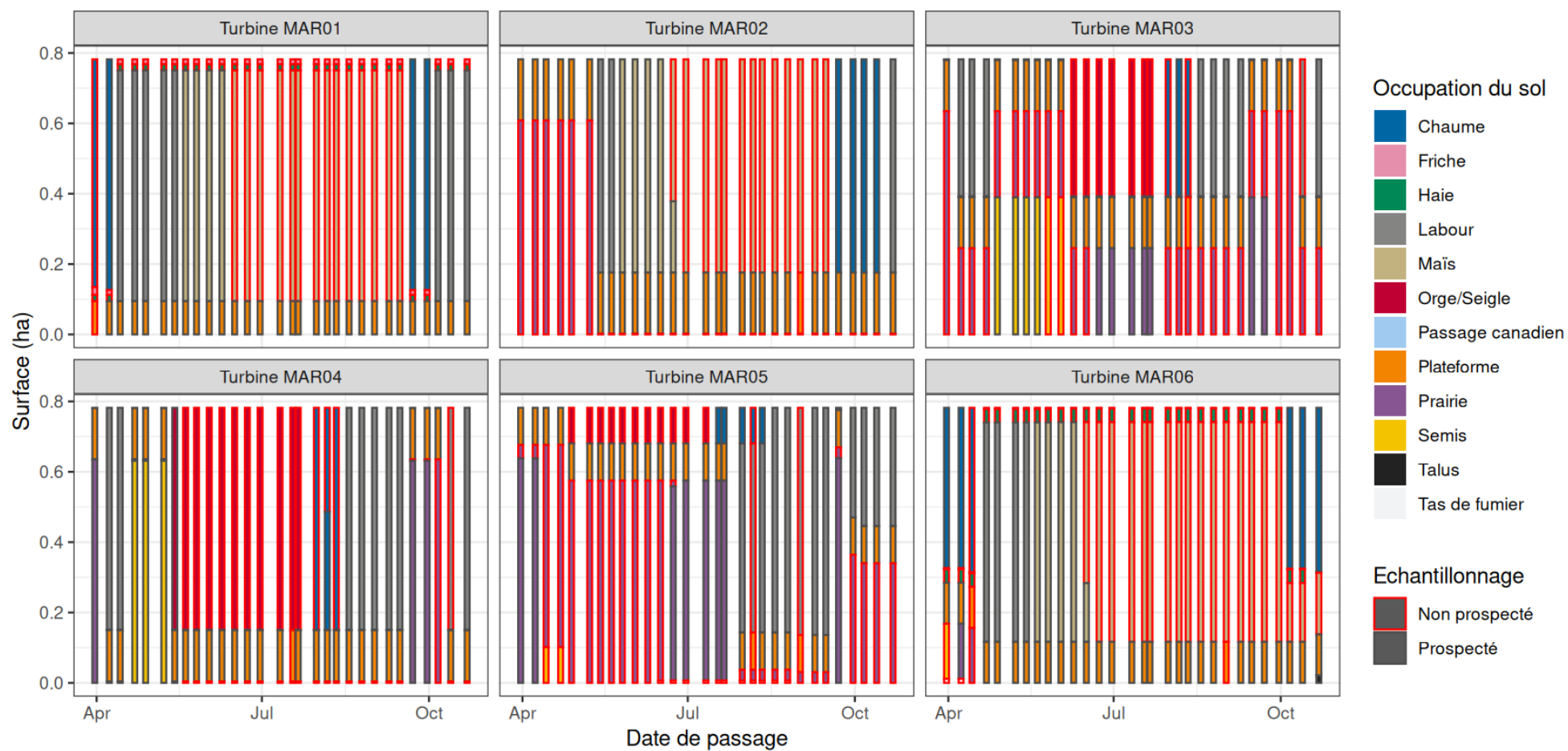


Figure 37. Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi.

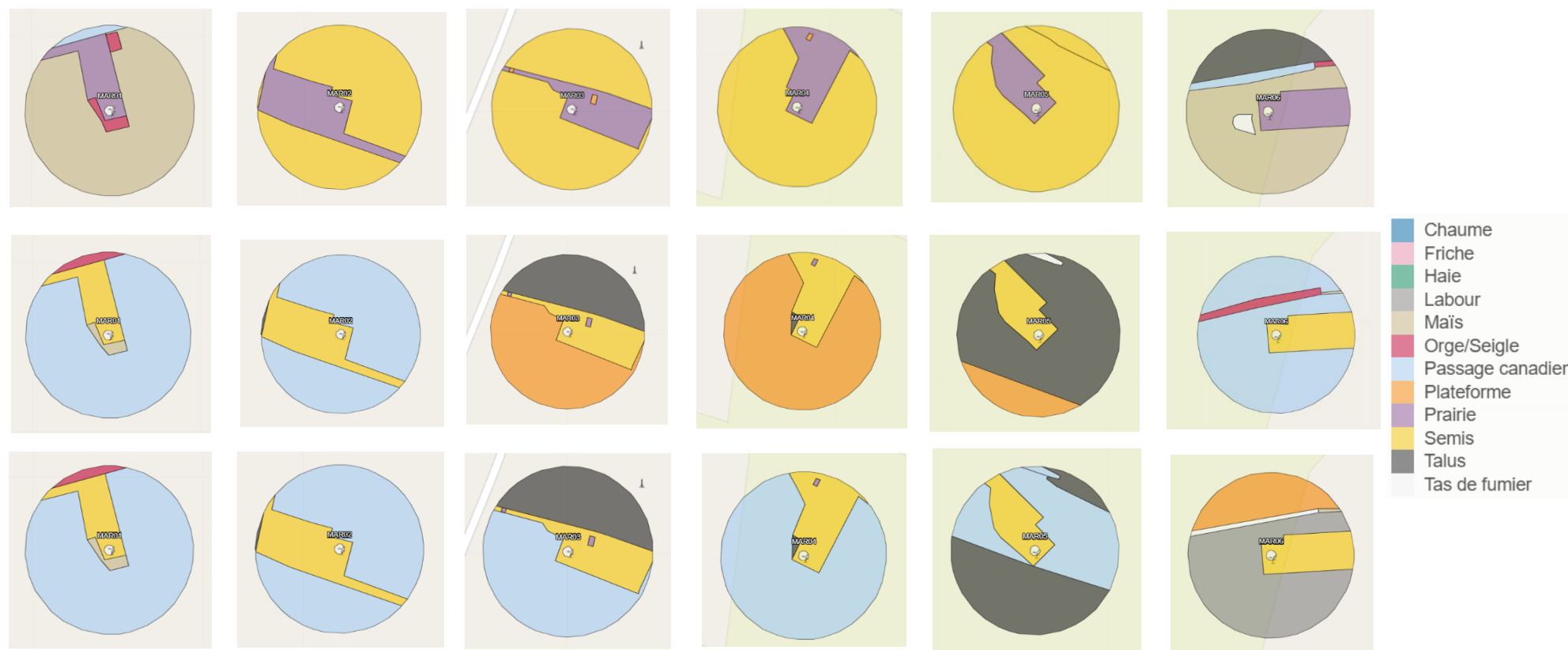


Figure 38. Occupation du sol pour les éoliennes MAR01, MAR02, MAR03, MAR04, MAR05 et MAR06 (de gauche à droite), sur le premier passage (en haut), le 15^{ème} passage (au milieu) et le dernier passage (en bas).

2.2.2.2 Évolution du taux de surface prospectée

Du fait principalement de l'évolution de la végétation, l'ensemble des surfaces n'a pas pu être prospecté tout au long du suivi. Ce taux de surface prospectée est variable dans le temps et différent pour chaque éolienne suivie.

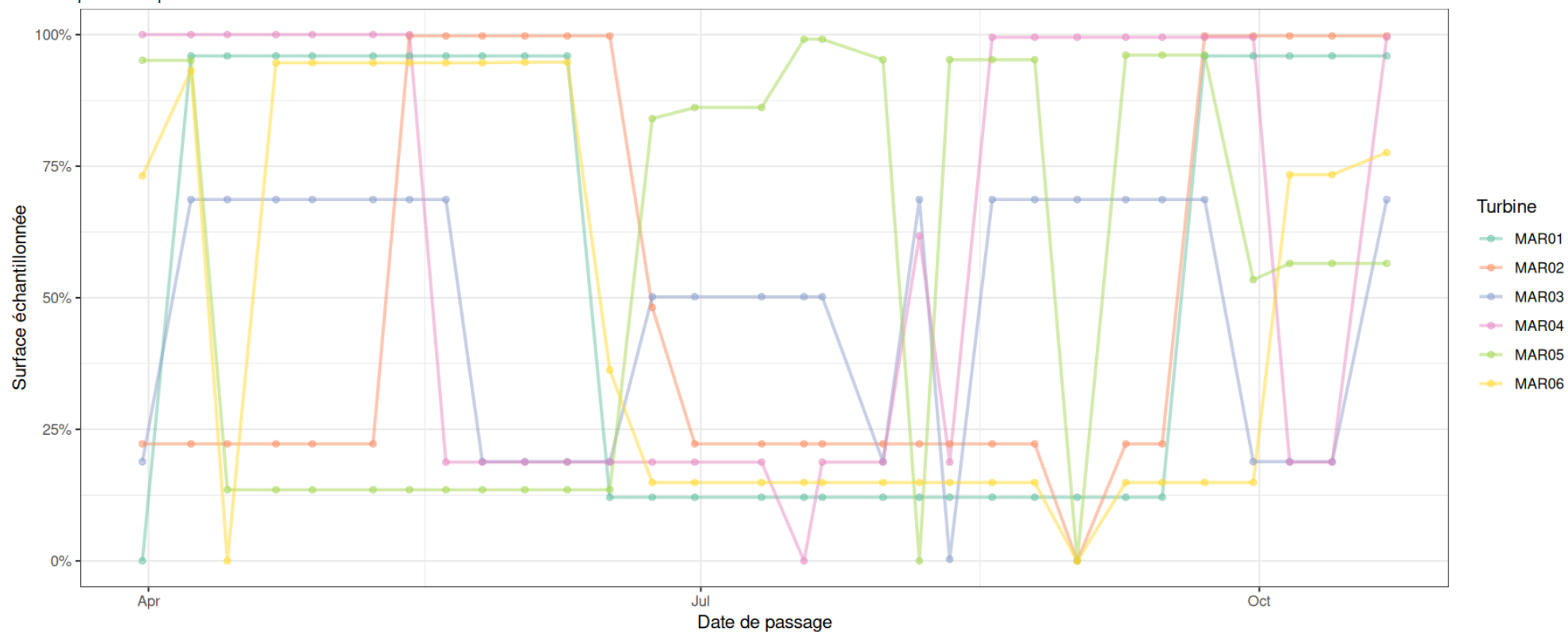


Figure 39. Evolution du pourcentage de surface prospectée par passage.

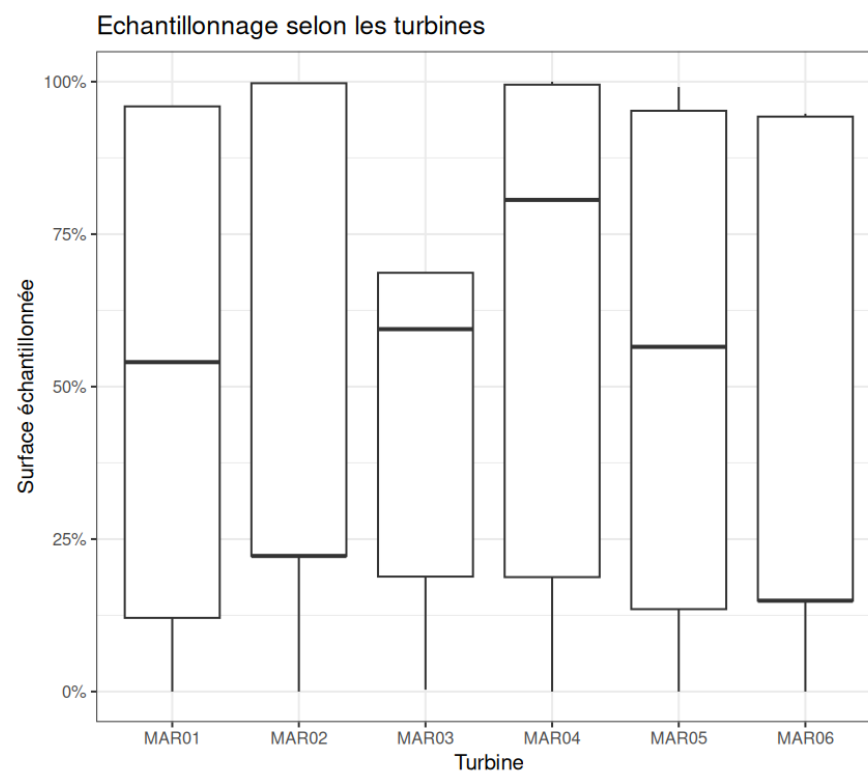


Figure 40. Synthèse (boîte à moustache) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum).

2.2.2.3 Résultats des tests et calcul des coefficients correcteurs

2.2.2.3.1. Coefficient correcteur de surface (a)

Afin d'intégrer les surfaces non prospectées/non prospectables, nous avons calculé un coefficient de surface correspondant au taux de prospection de chaque passage de l'éolienne considérée (Tableau 23). La moyenne pondérée (par le temps entre passages) est le résultat retenu pour le calcul d'estimation de la mortalité par éolienne. Les coefficients correcteurs de surface moyens sont assez faibles (allant de 0,46 à 0,6). Ceci est lié à des périodes avec des parcelles non prospectables pour des durées et des surfaces différentes suivant l'éolienne.

Tableau 23. Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 30 passages.

	MAR01	MAR02	MAR03	MAR04	MAR05	MAR06
Quantile 2.5%	0,09	0,16	0,14	0,14	0,00	0,00
Premier quartile	0,12	0,22	0,19	0,19	0,14	0,15
Moyenne	0,54	0,51	0,48	0,60	0,56	0,46
Moyenne pondérée	0.56	0.51	0.5	0.6	0.55	0.46
Médiane	0,54	0,22	0,59	0,81	0,57	0,15
Troisième quartile	0,96	1,00	0,69	1,00	0,95	0,94
Quantile 97.5%	0,96	1,00	0,69	1,00	0,99	0,95

2.2.2.3.1. Coefficient de persistance (s)

À la suite des tests de persistance et aux analyses statistiques basées sur la sélection de modèles, nous avons retenu comme modèle le plus parcimonieux (AIC weight = 0.71) : « **Persistance ~ Turbid + 1** » en utilisant une famille de distribution « Weibull ». Cela veut dire que la durée de persistance est variable entre les différentes éoliennes.

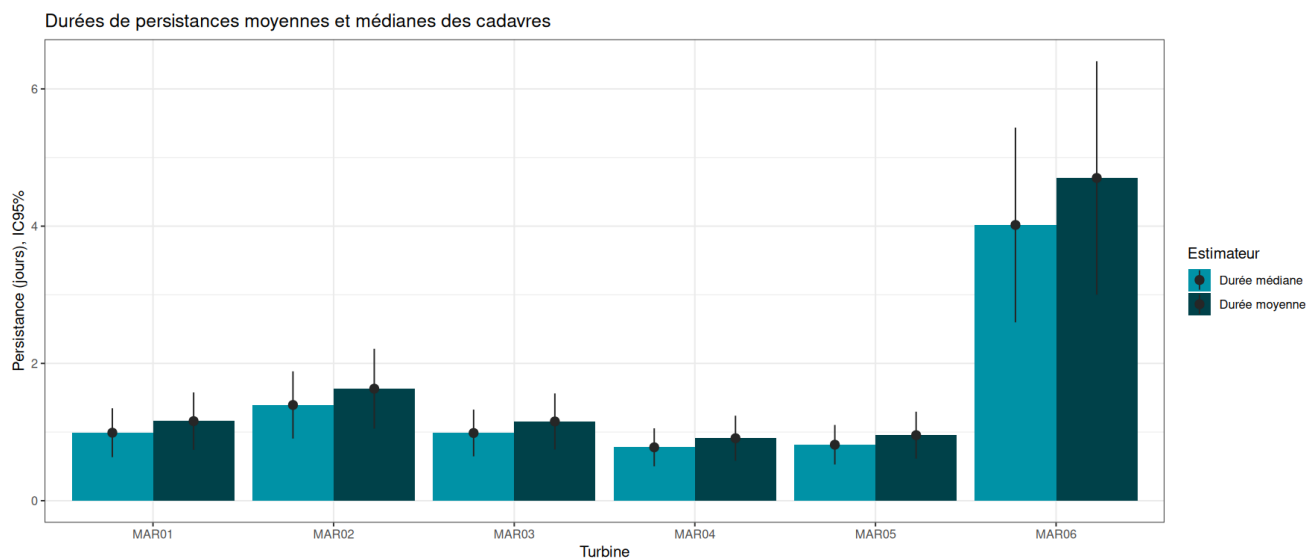


Figure 41. Durées de persistance moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédation.

Nous pouvons discerner deux groupes d'éoliennes avec des durées de persistance relativement différentes. En effet, une éolienne (MAR06) se démarque des autres, avec une durée de persistance moyenne autour des 4.5 jours, c'est-à-dire qu'un cadavre disparaît en moyenne après 4.5 jours. Au contraire, le reste des éoliennes (MAR01 à MAR05) possèdent une durée de persistance bien plus faible, d'environ 1 à 2 jours. Les intervalles de confiance montrent que l'évaluation de la prédation est assez bonne en illustre une incertitude modérée, voire faible.

Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.

Tableau 24. Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leurs intervalles de confiance à 95% pour les deux tests de persistance pour chacune des quatre éoliennes.

Résultats des tests de persistances	MAR01	MAR02	MAR03	MAR04	MAR05	MAR06
Persistance moyenne (en jours)	1,2	1,6	1,2	0,9	1,0	4,7
Intervalle de confiance à 95%	[0,74 ; 1,58]	[1,05 ; 2,21]	[0,75 ; 1,56]	[0,58 ; 1,24]	[0,61 ; 1,3]	[3 ; 6,4]

2.2.2.3.2. Coefficient d'efficacité de recherche (f)

À la suite des tests d'efficacité de recherche, et aux analyses statistiques basées sur la sélection de modèles, nous avons retenu comme modèle (AIC weight = 0.13) : « **Trouve ~ Recou** » en utilisant la famille de distribution « binomial ». Ce modèle était le 3^{ème} dans la liste, mais son nombre de paramètres était inférieur aux autres modèles tout en ayant un AIC weight quasi-similaire. Nous avons ainsi pu déterminer les probabilités de détection pour chaque pourcentage de recouvrement des éoliennes prospectées par l'observateur durant le suivi, ainsi que les détections prédites par interpolation pour les recouvrement non prospectés.

Tableau 25. Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations et interpolations) par pourcentage de recouvrement pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi.

Recouvrement (en %)	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction	Recouvrement (en %)	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
0	0,9 [0,8 ; 0,95]	1 [1 ; 1]	Estimation	20	0,86 [0,76 ; 0,92]		Interpolation
5	0,89 [0,79 ; 0,94]	0,91 [0,83 ; 0,98]	Estimation	40	0,81 [0,71 ; 0,88]		Interpolation
15	0,87 [0,77 ; 0,93]	1 [1 ; 1]	Estimation	50	0,78 [0,68 ; 0,86]		Interpolation
25	0,85 [0,75 ; 0,91]	0,6 [0,33 ; 0,8]	Estimation	60	0,75 [0,63 ; 0,83]		Interpolation
90	0,63 [0,45 ; 0,78]	0,71 [0,5 ; 0,93]	Estimation	35	0,82 [0,73 ; 0,89]		Interpolation
100	0,59 [0,39 ; 0,76]	0,57 [0,36 ; 0,79]	Estimation	70	0,71 [0,58 ; 0,82]		Interpolation
1	0,89 [0,79 ; 0,95]		Interpolation	85	0,65 [0,49 ; 0,79]		Interpolation
10	0,88 [0,78 ; 0,94]		Interpolation	95	0,61 [0,42 ; 0,77]		Interpolation

Les taux d'efficacité prédits des zones prospectées sont très variables en fonction de la hauteur de recouvrement. Ils sont globalement satisfaisants avec une gamme de valeurs allant de 0,59 au minimum (100%) à 0,9 au maximum (0%) suivant les pourcentages de recouvrement.

2.2.2.4 Estimation de la mortalité

Les calculs d'estimation de mortalité ont été réalisés strictement à partir des cadavres trouvés et pour lesquels l'origine de la mort est imputable de façon certaine aux éoliennes. Par ailleurs, seules les observations réalisées à partir du 2^{ème} passage ont été prises en compte. En effet, les observations faites au 1^{er} passage concernent des cas de mortalité qui ne se sont pas produits pendant la période du suivi mais antérieurement à celui-ci. Ainsi, le 1^{er} passage permet d'établir un état zéro afin de garantir que toute nouvelle découverte de cadavre s'est bien produite dans l'intervalle précédent chaque passage.

La probabilité de détection $P(s,f)$ est très faible de manière générale (entre 0.06 et 0.48 suivant les méthodes) et le coefficient surfacique (a) est moyen (entre 46% et 60% de surfaces prospectées). Par la combinaison des deux, les probabilités globales de détection varient de 0.03 à 0.22, c'est à dire un facteur démultiplicateur moyen de la mortalité observée allant respectivement de 4.53 à 30.30. **En ordre de grandeur, la mortalité probable de chaque éolienne est entre 5 et 30 fois plus importante que celle observée suivant les éoliennes et la méthode d'estimation sélectionnée.**

De plus, les intervalles de confiance sont de fait plutôt importants (détection globale faible).

L'éolienne MAR05 est l'éolienne qui a la plus faible probabilité de détection globale, MAR06 a la probabilité de détection globale la plus forte mais qui reste dans l'absolu assez faible. MAR 1 à 4 sont intermédiaires.

Tableau 26. Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation.

	MAR01	MAR02	MAR03	MAR04	MAR05	MAR06
Probabilité détection $P(s,f)$						
Huso (2010)	0,15	0,21	0,15	0,12	0,12	0,47
Erickson et al. (2000)	0,15	0,21	0,15	0,12	0,12	0,48
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,09	0,15	0,09	0,06	0,06	0,48
Coefficient correcteur de surface a						
Taux surfaces prospectées pondérées par le temps	0,56	0,51	0,50	0,60	0,55	0,46
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$						
Huso (2010)	0,08	0,11	0,08	0,07	0,07	0,22
Erickson et al. (2000)	0,08	0,11	0,08	0,07	0,07	0,22
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,05	0,08	0,05	0,04	0,03	0,22

2.2.2.4.1. Estimation de la mortalité pour l'avifaune

Éoliennes MAR01, MAR03 et MAR04

Ce sont les éoliennes qui présentent, à la fois, le plus de découvertes de cadavres (n=1) et la mortalité probable la plus forte. Les estimations les plus probables de mortalité, selon les méthodes d'estimation, sont comprises entre 4 et 7 individus sur une période de 205 jours de suivi (Tableau 27). La borne inférieure de l'intervalle de confiance à 95% est de 1 individu selon la méthode d'estimation. La borne supérieure de l'intervalle de confiance est elle comprise entre 22 et 46 individus selon les éoliennes. D'après l'estimateur d'Huso, l'intervalle de confiance à 95% pour la vraie valeur de mortalité s'étend de 1 à 24 cadavres. Cela signifie qu'il y a 95% de probabilité que la vraie valeur se situe dans cet intervalle, sous les hypothèses du modèle.

Tableau 27. Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Marcellé sur la période du suivi (205 jours).

Estimateurs	MAR01	MAR02	MAR03	MAR04	MAR05	MAR06	Total parc
Mortalité observée des oiseaux	1	0	1	1	0	0	3
Huso (2010) [IC 95%]	4 [1 ; 22]	2 [0 ; 14]	4 [1 ; 23]	5 [1 ; 24]	2 [0 ; 16]	1 [0 ; 11]	31 [8 ; 82]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	5 [1 ; 22]	2 [0 ; 14]	5 [1 ; 23]	5 [1 ; 24]	2 [0 ; 16]	1 [0 ; 11]	28 [10 ; 84]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	7 [1 ; 37]	2 [0 ; 20]	6 [1 ; 41]	7 [1 ; 46]	3 [0 ; 26]	0 [0 ; 13]	40 [10 ; 131]

Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est de 28 à 40 individus sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), la borne inférieure de l'intervalle de confiance est comprise entre 8 à 10 individus et la borne supérieure est de 82 à 131 individus pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude très importante. D'après l'estimateur d'Huso, l'intervalle de confiance à 95% pour la vraie valeur de mortalité s'étend de 8 à 82 cadavres. Cela signifie qu'il y a 95% de probabilité que la vraie valeur se situe dans cet intervalle, sous les hypothèses du modèle.

Les 3 observations ont été réalisées sur 113 jours (du 20 mai au 9 septembre).

Les éoliennes ont des mortalités brutes très faibles (soit de 1, soit de 0), elles ont donc des estimations de mortalité très proches. Malgré cela, on distingue deux groupes : MAR01, MAR03 et MAR04 qui présentent les plus fortes estimations probables de mortalité à l'échelle du parc ; MAR02, MAR05 et MAR06 qui présentent les plus faibles estimations probables de mortalité.

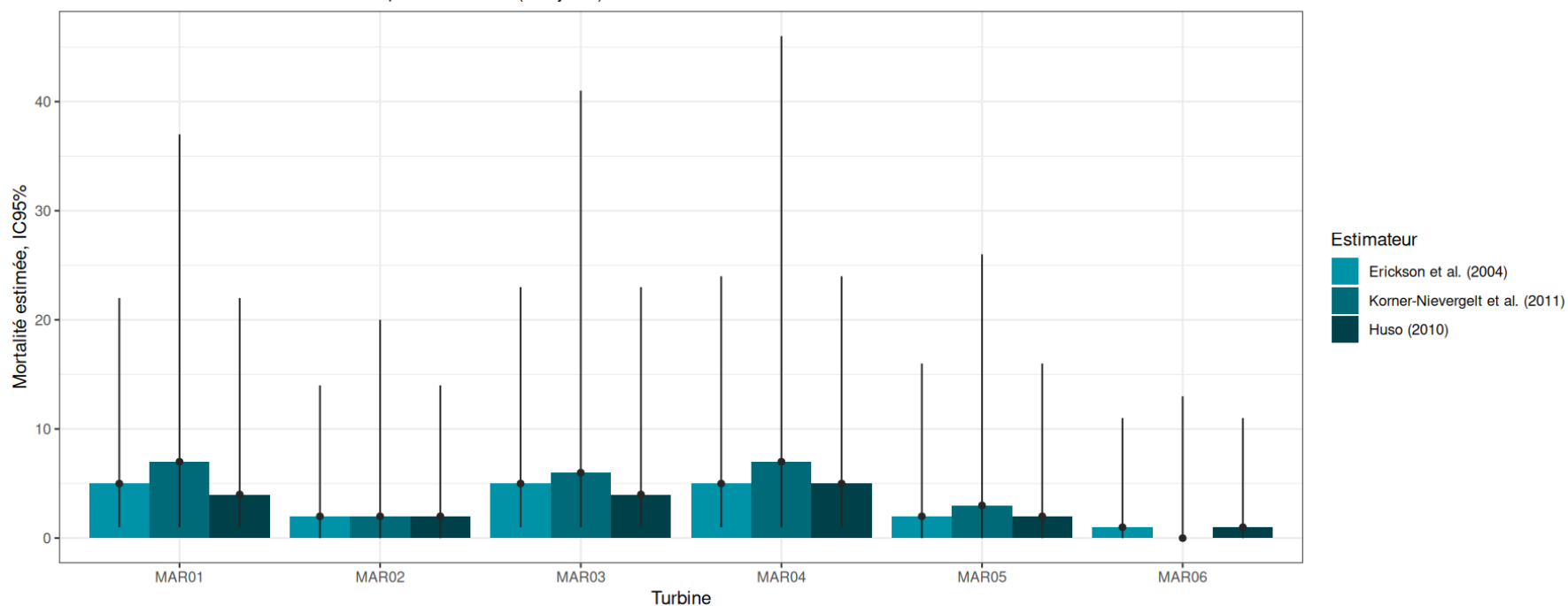


Figure 42. Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Marcillé au cours du suivi de 2025 sur 205 jours.

2.2.2.4.2. Estimation de la mortalité des chiroptères

Éolienne MAR01, MAR02 et MAR05

Ce sont les éoliennes qui présentent, à la fois, le plus de découvertes de cadavres ($n=1$) et les mortalités probables les plus fortes. Les estimations de mortalité selon les méthodes d'estimation pour ces éoliennes sont comprises entre 4 et 6 individus sur une période de 205 jours de suivi. La borne supérieure de l'intervalle de confiance (IC 95%) est comprise entre 19 et 44 individus alors que la borne inférieure est de 1 individu. D'après l'estimateur d'Huso, l'intervalle de confiance à 95% pour la vraie valeur de mortalité s'étend de 1 à 24 cadavres. Cela signifie qu'il y a 95% de probabilité que la vraie valeur se situe dans cet intervalle, sous les hypothèses du modèle.

Tableau 28. Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Marcillé sur la période du suivi (205 jours).

Estimateurs	MAR01	MAR02	MAR03	E04	E05	E06	Total parc
Mortalité observée des chiroptères	1	1	0	0	1	0	3
Huso (2010) [IC 95%]	5 [1 ; 22]	5 [1 ; 19]	2 [0 ; 15]	2 [0 ; 16]	5 [1 ; 24]	1 [0 ; 11]	30 [8 ; 81]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	4 [1 ; 21]	4 [1 ; 19]	2 [0 ; 15]	2 [0 ; 15]	5 [1 ; 24]	1 [0 ; 11]	28 [7 ; 79]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	6 [1 ; 36]	5 [1 ; 28]	4 [0 ; 24]	3 [0 ; 24]	6 [1 ; 44]	1 [0 ; 13]	40 [11 ; 125]

Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable (estimation modale) des chiroptères est comprise entre 28 et 40 individus sur la durée du suivi, selon les méthodes d'estimation. En prenant les incertitudes (IC 95%), la borne inférieure de l'intervalle de confiance est comprise entre 7 et 11 individus et la borne supérieure entre 79 à 125 individus pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude très importante. D'après l'estimateur d'Huso, l'intervalle de confiance à 95% pour la vraie valeur de mortalité s'étend de 8 à 81 cadavres. Cela signifie qu'il y a 95% de probabilité que la vraie valeur se situe dans cet intervalle, sous les hypothèses du modèle.

Les 3 observations ont été réalisées sur 49 jours.

Les éoliennes ont des mortalités brutes très faibles (soit de 1, soit de 0), elles ont donc des estimations de mortalité très proches. Malgré cela, on distingue deux groupes : MAR01, MAR02 et MAR05 qui présentent les plus fortes estimations probables de mortalité à l'échelle du parc ; MAR03, MAR04 et MAR06 qui présentent les plus faibles estimations probables de mortalité.

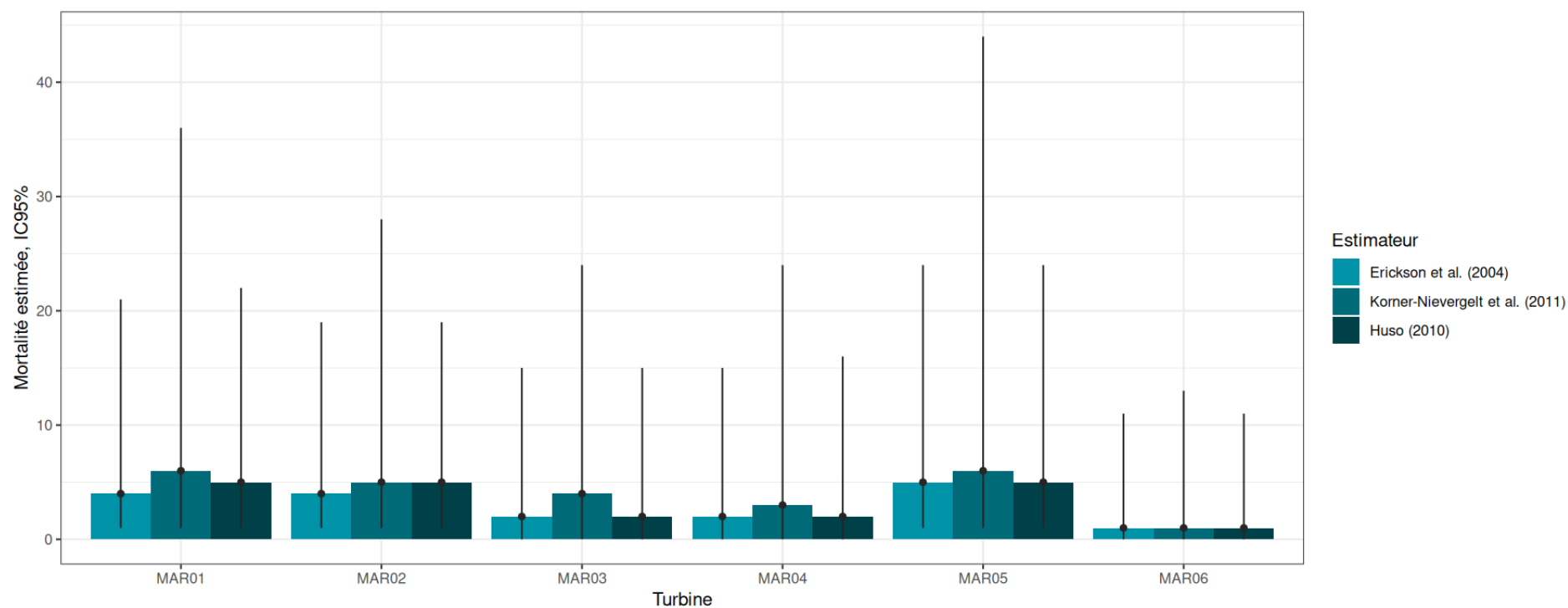


Figure 43. Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Marcillé au cours du suivi de 2025 sur 205 jours.

2.2.3 Comparaison avec les suivis de mortalité antérieurs

2.2.3.1 Comparaison des coefficients correcteurs

Coefficient correcteur de surface

Le coefficient correcteur a varié plus ou moins pour l'ensemble des éoliennes. Ceci est dû à une variation au niveau des occupations des sols agricoles. Mais de manière générale, le coefficient correcteur a augmenté au fil du temps sauf pour l'éolienne MAR04 où une faible baisse est à noter entre 2024 et 2025 (Tableau 29).

Tableau 29. Evolution du coefficient correcteur surfacique entre 2024 et 2025 pour le parc de Marcillé.

Année de suivi	MAR01	MAR02	MAR03	MAR04	MAR05	MAR06
2024	0,38	0,28	0,43	0,68	0,50	0,41
2025	0.56	0.51	0.5	0.6	0.55	0.46

Persistance des cadavres (s)

La vitesse de disparition des cadavres a fortement augmenté en 2025 par rapport à 2024, passant de 2.9 jours en moyenne pour les parcs à 1.8 jours de persistance moyenne annuelle. Notons que les incertitudes autour de l'estimation sont relativement faibles quelques soit l'année et l'éolienne (Tableau 30). Cette différence pourrait être liée à un effet « mise en service » du parc. En effet, les résultats de notre référentiel corrigé Biotope ont montré que plus la durée entre la mise en service du parc (et donc le premier suivi) et le suivi à l'année N était long, plus les temps de persistance étaient courts. L'hypothèse principale pourrait être un effet d'habitation des prédateurs et charognards.

Notons, que pour l'éolienne MAR06, la vitesse de disparition des cadavres a fortement baissé passant de 1,6 jours en 2024, à 4.7 jours en 2025. Cette éolienne augmente fortement la moyenne du parc réduisant l'écart réel entre les autres éoliennes.

Tableau 30. Comparaison des estimations de la persistance moyenne par année sur le parc de Marcillé.

	MAR01	MAR02	MAR03	MAR04	MAR05	MAR06	Parc
Résultats 2024							
Données censurées par intervalles	Non						
Famille de distribution	Weibull						
Persistance moyenne (en j) & IC 95%	4,4 [3,19 ; 5,69]	2,8 [1,95 ; 3,57]	2,9 [2,09 ; 3,74]	3,5 [2,53 ; 4,51]	2,4 [1,73 ; 3,16]	1,6 [1,14 ; 2,09]	2,9
Résultats 2025							
Données censurées	Non						
Famille de distribution	Weibull						
Persistance moyenne (en j) & IC 95%	1,2 [0,74 ; 1,58]	1,6 [1,05 ; 2,21]	1,2 [0,75 ; 1,56]	0,9 [0,58 ; 1,24]	1 [0,61 ; 1,3]	4,7 [3 ; 6,4]	1,8

Efficacité de recherche (p)

Le modèle le plus adapté pour les estimations de la détection des cadavres est différent pour les 2 années de prospections, ce qui empêche de pouvoir comparer les données selon les mêmes critères. Cependant on peut constater une bonne efficacité de recherche sur les 2 années, globalement situé entre 60% et 100% d'efficacité de recherche.

Tableau 31. Résultats des estimations de la détections des cadavres pour chaque éolienne pour l'année 2024.

Eoliennes	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
MAR01	1 [0 ; 1]	1 [1 ; 1]	Estimation
MAR02	0,92 [0,58 ; 0,99]	0,92 [0,75 ; 1]	Estimation
MAR03	0,84 [0,69 ; 0,92]	0,84 [0,72 ; 0,93]	Estimation
MAR04	0,6 [0,34 ; 0,81]	0,6 [0,33 ; 0,87]	Estimation
MAR05	1 [0 ; 1]	1 [1 ; 1]	Estimation
MAR06	1 [0 ; 1]	1 [1 ; 1]	Estimation

Tableau 32. Résultats des estimations de la détection des cadavres pour chaque recouvrement en pourcentage pour l'année 2025.

Recouvrement (en %)	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction	Recouvrement (en %)	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
0	0,9 [0,8 ; 0,95]	1 [1 ; 1]	Estimation	20	0,86 [0,76 ; 0,92]	-	Interpolation
5	0,89 [0,79 ; 0,94]	0,91 [0,83 ; 0,98]	Estimation	40	0,81 [0,71 ; 0,88]	-	Interpolation
15	0,87 [0,77 ; 0,93]	1 [1 ; 1]	Estimation	50	0,78 [0,68 ; 0,86]	-	Interpolation
25	0,85 [0,75 ; 0,91]	0,6 [0,33 ; 0,8]	Estimation	60	0,75 [0,63 ; 0,83]	-	Interpolation
90	0,63 [0,45 ; 0,78]	0,71 [0,5 ; 0,93]	Estimation	35	0,82 [0,73 ; 0,89]	-	Interpolation
100	0,59 [0,39 ; 0,76]	0,57 [0,36 ; 0,79]	Estimation	70	0,71 [0,58 ; 0,82]	-	Interpolation
1	0,89 [0,79 ; 0,95]	-	Interpolation	85	0,65 [0,49 ; 0,79]	-	Interpolation
10	0,88 [0,78 ; 0,94]	-	Interpolation	95	0,61 [0,42 ; 0,77]	-	Interpolation

Probabilités globales de détection ($\hat{g}$)

La probabilité globale de détection a fortement varié entre les différentes années de suivis. A l'échelle du parc, cette valeur a légèrement baissé. Elle passe de 0,15 en 2024 à 0,11 en 2025 soit respectivement 1 chance sur 6.5 et 1 sur 9 de trouver un cadavre sur l'ensemble de chaque suivi.

L'éolienne MAR06 est celle qui a connu la plus grande variation entre les années, passant d'une probabilité de détection de 10% en 2024 à 22% en 2025 (Tableau 33. Bilan des probabilités globales de détection par année et par éolienne en utilisant l'estimateur de Huso (2010). Tableau 33).

Globalement, la probabilité globale de détection ($\hat{g}$) réduit de manière significative entre les années, que ce soit à l'échelle de l'éolienne ou en moyenne sur le parc. Cette forte baisse pourrait être due à l'augmentation de la vitesse de disparition des cadavres en 2025 en comparaison au suivi de 2024. À noter que l'éolienne MAR06 est la seule éolienne avec une probabilité globale de détection ($\hat{g}$) qui croît significativement.

Tableau 33. Bilan des probabilités globales de détection par année et par éolienne en utilisant l'estimateur de Huso (2010).

	MAR01	MAR02	MAR03	MAR04	MAR05	MAR06
Estimation de la probabilité globale de détection (selon Huso, 2010)						
2024	0,19	0,10	0,14	0,18	0,17	0,10
2025	0,08	0,11	0,08	0,07	0,07	0,22

2.2.3.2 Comparaison de la mortalité estimée pour les oiseaux

Il y a eu 3 cas de mortalité observés pour les oiseaux sur le site lors de la première année de suivi (25 passages sur 166 jours), entre le 17 juin 2024 et le 30 octobre 2024. La mortalité estimée la plus probable était de 20 individus (selon l'estimateur d'Huso) sur l'ensemble du suivi et du parc avec des incertitudes (IC 95%) allant de 6 à 52 individus. L'éolienne MAR03 représente l'éolienne la plus mortifère, avec une estimation la plus probable de 5 cadavres [2 ; 22], c'est aussi l'éolienne où le plus de cadavres a été observé lors des suivis (2 individus).

En 2025, la mortalité brute du parc est égale, mais sur une période plus longue et un nombre de passage plus important (30 passages sur 205 jours), restant à 3 individus. La mortalité estimée la plus probable est comprise entre 8 et 82 individus (IC95%), pour une estimation la plus probable de 31 oiseaux (Tableau 34). En prenant en compte les différences de durée des suivis, la mortalité estimée reste relativement similaire à l'année précédente (Tableau 33).

Tableau 34. Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des oiseaux au sein du parc de Marcillé entre 2024 et 2025.

	MAR01	MAR02	MAR03	MAR04	MAR05	MAR06	Parc
Mortalité brute observée sur le parc de Marcillé en 2024 et 2025							
2024	-	-	2	1	-	-	3
2025	1	-	1	1	-	-	3
Estimation de la mortalité la plus probable (selon l'estimateur Huso, 2010) & intervalles de confiance à 95% au sein du parc de Marcillé en 2024 et 2025 (Partial-pooling pour les 2 années)							
2024	0 [0 ; 9]	0 [0 ; 11]	5 [2 ; 22]	3 [1 ; 12]	0 [0 ; 9]	0 [0 ; 11]	20 [6 ; 52]
2025	4 [1 ; 22]	2 [0 ; 14]	4 [1 ; 23]	5 [1 ; 24]	2 [0 ; 16]	1 [0 ; 11]	31 [8 ; 82]

2.2.3.3 Comparaison de la mortalité estimée pour les chiroptères

Il y a eu 10 cas de mortalité observés pour les chiroptères sur le site entre le 17 juin 2024 et le 30 octobre 2024. La mortalité estimée la plus probable était de 65 individus (selon l'estimateur d'Huso) sur l'ensemble du suivi et du parc avec des incertitudes (IC 95%) allant de 35 à 114 individus. L'éolienne MAR01 représente l'éolienne la plus mortifère, avec une estimation la plus probable de 18 cadavres [9 ; 42], c'est aussi l'éolienne où le plus de cadavre a été observé lors des suivis (6 chiroptères).

En 2025, la mortalité brute du parc a diminué, passant de 10 à 3 individus par rapport à l'année précédente alors que la pression de suivi a augmenté : un nombre de passage supérieur (passant de 25 à 30 passages), et sur une période plus longue (passant de 166 à 205 jours). La mortalité estimée la plus probable est comprise entre 8 et 81 individus (IC95%), pour une estimation la plus probable de 30 cadavres (Tableau ci-dessous). La mortalité estimée est bien inférieure à celle estimée l'année précédente, ceci s'explique par une mortalité brute qui a diminué de 70% entre les deux années. Entre 2024 et 2025, le bridage a été renforcé ce qui pourrait expliquer ces résultats d'autant que le niveau d'activité des chiroptères en altitude semble similaire entre les 2 années.

Tableau 35. Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des chiroptères au sein du parc de Marcillé entre 2024 et 2025.

	MAR01	MAR02	MAR03	MAR04	MAR05	MAR06	Parc
Mortalité brute observée sur le parc de Marcillé en 2024 et 2025							
2024	6	1	1	1	-	1	10
2025	1	1	-	-	1	-	3
Estimation de la mortalité la plus probable (selon l'estimateur Huso, 2010) & intervalles de confiance à 95% au sein du parc de Marcillé en 2024 et 2025 (Partial-pooling pour les 2 années)							
2024	18 [9 ; 42]	8 [2 ; 28]	7 [2 ; 23]	6 [1 ; 20]	2 [0 ; 17]	9 [1 ; 26]	65 [35 ; 114]
2025	5 [1 ; 22]	5 [1 ; 19]	2 [0 ; 15]	2 [0 ; 16]	5 [1 ; 24]	1 [0 ; 11]	30 [8 ; 81]

2.2.4 Synthèse du suivi de mortalité

Mortalité brute

Le second suivi de mortalité mené sur le parc éolien de Marcillé entre le 31 mars et le 22 octobre 2025 (30 passages) a conduit à l'observation de 6 cadavres, dont 3 oiseaux (2 espèces et un groupe d'espèces) et 3 chauves-souris (1 espèce). Un tableau résumé des espèces impactées par le parc est présenté ci-contre.

Tableau 36. Synthèse des cas de mortalité observées sur le parc de Marcillé en 2025.

Espèce	Nombre de cadavre observé	Cause	Distance au mât (m)
Oiseaux			
Alouette lulu (<i>Lullula arborea</i>)	1	Prédation ou charognage post-collision	31
Buse variable (<i>Buteo buteo</i>)	1	Collision	49
Roitelet sp. (<i>Regulus sp.</i>)	1	Collision	27
Chauve-souris			
Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	3	Barotraumatisme	15 à 31

Tests correcteurs

Deux tests de persistance des cadavres ont été réalisés, avec l'utilisation d'un total de 120 rats. Lors de ces tests, les vitesses de disparition des cadavres déposés ont été assez variables à l'échelle du parc, avec des temps moyens de persistance des cadavres variant de 0,9 jours (MAR04) à 4,7 jours (MAR06). De même, deux tests d'efficacité de recherche de l'observateur ont été menés. Les détections estimées varient selon le pourcentage de recouvrement mais sont relativement forts, variant de 0,57 [0,36 ; 0,79] à 1 [1 ; 1].

Estimation de la mortalité

Des estimations de la mortalité ont été réalisées pour l'ensemble des éoliennes du parc, sur la durée du suivi (205 jours) et ceci avec 3 estimateurs : Huso (2010), Erickson (2000) et Korner-Nievergelt (2011). L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable comprise entre 28 à 40 cadavres à la fois pour les chiroptères et les oiseaux sur la période de suivi, où les observations se concentrent sur 109 jours. A noter que les intervalles de confiances sont très larges pour les deux estimations, ce qui s'explique par une probabilité globale de détection faible due à la faible persistance des cadavres.

Comparaison avec les référentiels régionaux, nationaux & internationaux

Selon Rydell et al. (2017), le nombre de chiroptères tués par éolienne et par an est très variable d'un site à l'autre en Europe et semble se situer autour d'une dizaine d'individus, avec parfois des cas particulièrement mortifères pouvant atteindre une mortalité de 100 individus ou plus. Gaultier, Marx & Roux (2019) font le bilan de 8 parcs français dont l'estimation de la mortalité la plus probable varie de 0,3 à 18,3 oiseaux par éolienne et par an. En Allemagne, la mortalité des chauves-souris est estimée entre 10 et 12 individus par éolienne et par an (Korner-Nievergelt et al., 2013).

D'après les résultats du référentiel mortalité corrigée de Biotope, la médiane des mortalités estimées sur l'ensemble des parcs suivis par Biotope est d'environ **5 oiseaux et 3 chiroptères par éolienne et par suivi** (pour un rayon de recherche de 50m et une période de suivi compris entre la semaine 20 et 43). Le bureau d'étude Ouest'Am, à travers le projet APOCOPE et en utilisant l'estimateur GenEst, a estimé une mortalité moyenne de 6 oiseaux (se $\pm$ 0.63) et de 3.53 chiroptères (se $\pm$ 0.42) par éolienne et par suivi (Sand et al., 2024).

A l'échelle du parc éolien de Marcillé, l'estimation de la mortalité par éolienne est estimée entre 4,6 et 6,7 cadavres pour les oiseaux, mais aussi pour les chauves-souris. Les estimations de la mortalité sont donc dans les moyennes indiquées dans la bibliographie ou dans les référentiels.

Les résultats estimatifs du deuxième suivi de mortalité sont dans les moyennes indiquées dans la bibliographie ou dans les référentiels. Ainsi, le parc éolien n'a pas d'incidence significative sur les populations d'oiseaux et de chauves-souris.

Les résultats du deuxième suivi de mortalité montrent une baisse des découvertes de cadavres ainsi qu'une baisse des estimations de mortalité, notamment pour les chauves-souris. On peut supposer que le renforcement du bridage à la suite du suivi de 2024 a permis de réduire l'impact du parc éolien sur les chauves-souris.

2.3 Facteurs d'impact et mesures mises en place

2.3.1 Analyse croisée avec l'étude d'impact

Le tableau ci-dessous fait le bilan des espèces identifiées dans l'étude d'impact comme étant susceptibles d'être impactées par le projet ainsi que des espèces découvertes durant la réalisation du suivi mortalité de 2025.

Tableau 37. Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité.

Espèces	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial	Nombre de cas de mortalité	Analyse comparative
Oiseaux			
Alouette lulu	Impact faible	1 individu	L'étude d'impact avait identifié l'espèce mais elle avait conclu à un faible risque de collision pour l'espèce
Buse variable	Impact faible	1 individu	L'étude d'impact avait identifié l'espèce mais elle avait conclu à un faible risque de collision pour l'espèce
Chiroptères			
Pipistrelle commune	Espèce fortement sensible aux risques de collision Espèce la plus contactée Impact fort	3 individus	L'étude d'impact avait identifié l'espèce et avait conclu à un impact fort du risque de collision pour l'espèce

De manière générale, l'étude d'impact de 2013 n'avait pas relevé de sensibilité particulière au risque de collision pour les oiseaux (majorité des observations en dessous du niveau des pales). Elle avait en revanche identifié un risque de collision pour les chiroptères et notamment la Pipistrelle commune.

2.3.2 Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères

Les enregistrements acoustiques en nacelle ont été réalisés au niveau de l'éolienne MAR03, entre avril et octobre 2025. Le nombre de nuits d'enregistrement des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de 210 nuits.

2.3.2.1 Comparaison de la phénologie entre suivis mortalité et acoustique

Le nombre global de cadavres de chiroptères découverts durant le suivi de mortalité a été assez faible ($n=3$). Les découvertes se sont déroulées de mi-août à début octobre sans pic de mortalité.

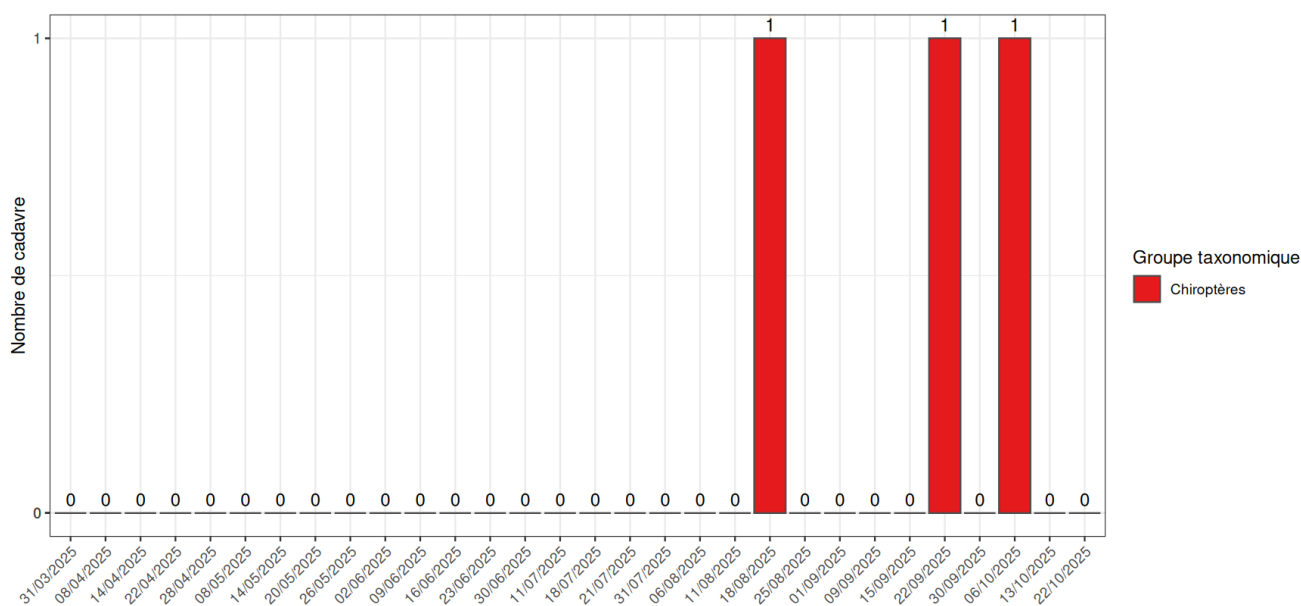


Figure 44. Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Marcillé.



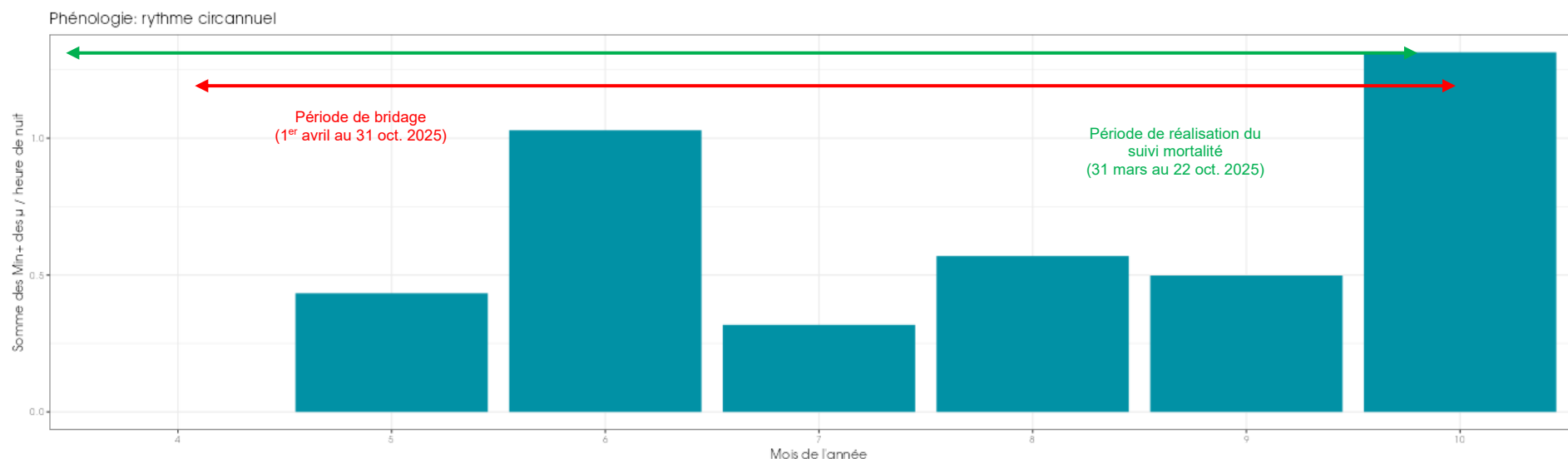


Figure 46. Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne MAR03 du parc de Marcillé sur la période de réalisation du suivi mortalité en 2025.

On observe une activité des chauves-souris en altitude entre mai et octobre. L'activité sur les mois d'avril apparaît nulle en 2025. L'activité observée est plus ou moins constante lors du suivi acoustique. Néanmoins, on observe une activité plus importante sur les mois de juin et d'octobre.

On observe donc une activité des chauves-souris en altitude en période de mise-bas des chauves-souris (juin) et également en période de migration (octobre).

Il est compliqué d'établir un lien phénologique entre la découverte de cadavres et celle de l'activité acoustique en altitude au vu du nombre de découvertes qui est plutôt faible (3), néanmoins on peut constater que les découvertes ne sont pas forcément liées aux pics d'activités.

2.3.2.2 Comparaison des cortèges d'espèces détectées lors des suivis mortalité et acoustique

Pour le suivi de mortalité, les observations ont uniquement concerné la Pipistrelle commune (n=3) et sont réparties sur l'ensemble du suivi.

Tableau 38. Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 100 m au niveau de l'éolienne MAR03 en 2025.

Nom vernaculaire / Nom scientifique	Nombre de contacts de 5 sec.	Proportion obtenue des contacts de 5 sec. (%)	Nombre de minutes positives	Proportion obtenue des minutes positives (%)
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	12	0,16%	4	0,27%
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	742	9,68%	279	18,88%
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	62	0,81%	28	1,89%
Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées <i>Eptesicus serotinus</i> / <i>Nyctalus</i> sp.	91	1,19%	64	4,33%
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	5691	77,8%	890	60,22%
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	16	0,21%	12	0,81%
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	27	0,35%	12	0,81%
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Nathusius <i>Pipistrellus kuhlii</i> / <i>P. nathusii</i> .	738	9,63%	179	12,11%
Chiroptères sp.	13	0,17%	10	0,68%
Total	7662	100%	1478	100%

Pour le suivi acoustique, les espèces les plus fréquemment contactées sont la Pipistrelle commune (60%), suivie de la Noctule de Leisler (19%) et du couple d'espèces Pipistrelles de Kuhl / de Nathusius (12%). Seulement 2% de contacts ont été rattachés à la Sérotine commune et 0,27% à la Noctule Commune.

La seule espèce découverte dans le cadre du suivi mortalité a également été détectée lors du suivi acoustique (Pipistrelle commune), elle est l'espèce majoritairement contactée lors du suivi acoustique (60%).

2.3.2.3 Phénologie des contacts pour les espèces retrouvées lors du suivi mortalité

Sur la période de suivi de l'activité en altitude en 2025, comme en 2024, l'activité chiroptérologique est plus intensément marquée au début de la nuit. Néanmoins, elle ne disparaît pas totalement au cours de la nuit, les chauves-souris restent actives tout au long de la nuit.

Notons néanmoins que d'une année à l'autre, différents facteurs peuvent influencer l'activité des chauves-souris. Il peut donc y avoir des variations interannuelles de leur activité.

■ *Pipistrelle commune*

Pour rappel, la *Pipistrelle commune* représente 60 % du total des minutes positives obtenues et a une activité très forte.

L'activité de la *Pipistrelle commune* est légèrement marquée en période de mise-bas et d'estivage en juin, puis diminue fortement en juillet pour connaître une augmentation progressive de son activité en août et septembre pour atteindre le pic d'activité de l'espèce en octobre. Les cadavres n'ont pas été découverts uniquement en fortes périodes d'activités comme on peut le voir sur la figure ci-dessous.

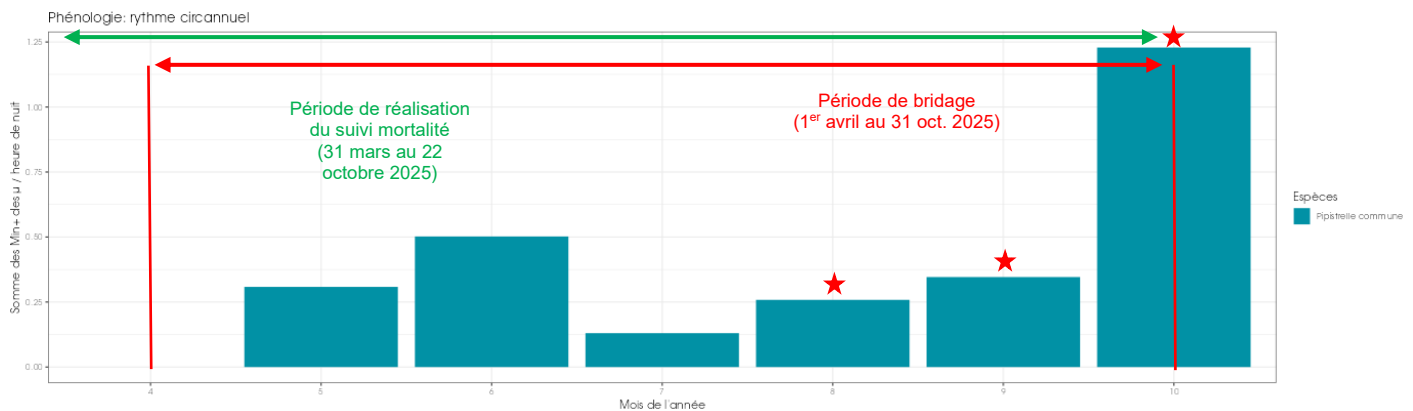


Figure 47. Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour la *Pipistrelle commune*, en altitude sur l'éolienne MAR03 de Marcillé en 2025 (★ cadavres de chiroptères retrouvés).

Les bilans de la phénologie des découvertes de cadavres sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 39. Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces.

Date	18/08	22/09	06/10	Total général
Période	Migration automnale			
Bridage	Bridage actif			
Pipistrelle commune	1	1	1	3
Total général	1	1	1	3

2.3.2.1 Bilan du croisement des informations des deux suivis mortalité/acoustique

La seule espèce découverte durant le suivi de mortalité correspond à la principale espèce identifiée durant le suivi acoustique, qui est la Pipistrelle commune. La Noctule de Leisler est la deuxième espèce contactée dans le cadre du suivi acoustique (19%) mais n'a fait l'objet d'aucune découverte durant le suivi mortalité.

Sur les 3 chiroptères retrouvés durant le suivi de mortalité, aucun n'a été retrouvé au niveau de l'éolienne MAR03 équipée de l'enregistreur automatisé, ce qui limite fortement le croisement des informations .

Limites du croisement des informations des suivis mortalité et acoustique

La comparaison des données acoustiques issues d'une seule éolienne (comparativement au suivi de mortalité qui est réalisé sur l'ensemble des éoliennes du parc) peut limiter l'interprétation du fait du manque de représentativité de l'activité locale de l'éolienne suivie en acoustique. Cette analyse comparative reste une analyse visuelle qui permet simplement de mettre en avant des éléments convergents ou non entre les deux types de suivis sur le même pas de temps.

2.3.3 Evaluation de l'efficacité du bridage chiroptère en fonctionnement

Dans le cadre de l'évaluation de ces calculs d'asservissement, l'unité de mesure retenue pour calculer les pourcentages de couverture par classe est la minute positive (minute avec présence d'activité chiroptérologique).

Pour cette analyse les données acquises sur l'éolienne MAR03 sont fusionnées aux données météo. Des données météo ont pu être associées à toutes les données chiroptérologiques enregistrées. On obtient, donc, un nombre total de contact de N = 1468 minutes positives sur 210 nuits de suivi, entre le 2 avril et 28 octobre 2025.

Pour cette analyse spécifique, toutes les données de chauves-souris enregistrées sont utilisées pour les calculs. Ces contacts sont tous jugés à risque car présent dans ou à proximité du volume de brassage des pales.

Le parc éolien de Marcillé fait déjà l'objet d'un bridage en fonction de l'activité des chauves-souris. Les caractéristiques de ce bridage sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 40. Paramètre de bridage conventionnel pour le parc éolien de Marcillé.

Période	Du 1er avril au 31 octobre
Eoliennes concernées	Toutes les turbines
Vitesse de vent nacelle (m/s)	< 6 m/s
Température ambiante nacelle (°C)	>= 13°C
Période de la nuit pour les éoliennes concernées	30 minutes avant le coucher du soleil à 30 min après le lever
Conditions de précipitations préconisées	Absence de précipitation

Les résultats de l'évaluation des paramètres de bridage actuellement en mise œuvre sur les données d'activité enregistré au niveau de l'éolienne MAR03 du parc de Marcillé en 2025 sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 41. Taux de couverture par espèce et groupes d'espèces pour le bridage actuel sur les données collectées en 2025.

Espèce	Nombre de minutes positives total	Niveau d'activité couvert par le bridage conventionnel	Minutes positives couvertes par le bridage conventionnel	Niveau d'activité non couvert par le bridage conventionnel	Minutes positives non couvertes par le bridage conventionnel
Pipistrelle commune	890	95,8%	853	4,2%	37
Pipistrelle de Kuhl	12	100%	12	0%	0
Pipistrelle de Nathusius	12	100%	12	0%	0
Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius	179	96,1%	172	3,9%	7
Sérotine commune	28	75%	21	25%	7
Noctule commune	4	100%	4	0%	0
Noctule de Leisler	279	89,2%	249	10,8%	30
Groupe des Sérotules	64	85,9%	55	4,1%	9
Total	1468	93,9%	1378	6,1%	90

Le bridage actuel (scénario mis en place en 2024 sur les données collectées en 2025) montre un taux de couverture de l'activité toutes espèces confondues proche de 94% en 2025.

Les deux principales espèces contactées que sont la Pipistrelle commune et la Noctule de Leisler sont couvertes respectivement à 98,8% et 89,2%.

Pour les espèces moins fréquentes et sensibles aux risques de collision ou barotraumatisme, on observe également une bonne couverture pour la Noctule commune (100 % des contacts) et pour le groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius (96,1% des contacts).

3 Evolution de l'asservissement sur le parc éolien

Asservissement préconisé dans l'arrêté préfectoral :

Un asservissement de 5 éoliennes sur 6 avait été prévu dans l'arrêté (voir tableau ci-dessous) mais le faible taux de couverture pressenti avait été identifié au préalable et l'asservissement de cet arrêté n'a pas été mis en place. En effet, sur la base des données de 2024 sur l'éolienne MAR03, ce dernier aurait eu un taux de couverture de l'activité toutes espèces confondues de seulement 9,5%.

Tableau 42. Paramètres de bridage préconisés dans l'arrêté préfectoral.

Paramètre	Critère d'asservissement	
Turbine concernée	MAR01, MAR02, MAR03, MAR04 et MAR06	
Période	1er avril au 30 mai	1er août au 30 septembre
Température (à 100m)	Supérieure à 13°C	
Vitesse du vent (à 100m)	Inférieure à 5 m/s	
Heure relative	21h à 5h	22h à 6h
Précipitation	Absence de précipitation	

L'exploitant a décidé de renforcer dès la mise en service du parc les paramètres d'asservissement préconisés les étendant à l'ensemble des éoliennes du parc sur une période ininterrompue d'avril à octobre. Ainsi, à la mise en service du parc, l'ensemble des éoliennes devaient être arrêtées hors période de pluie, lorsque le vent est inférieur à 5 m/s et la température supérieure à 13°C :

- du 1^{er} avril au 31 juillet de 21h à 5h du matin ;
- du 1^{er} août au 31 octobre de 22h à 6h du matin.

Au cours du suivi mortalité de 2024, plusieurs cas de mortalité ont été rapportés à l'exploitant. Ce dernier a donc décidé sans attendre la fin du suivi de renforcer les paramètres d'asservissement. Ainsi, **à partir du 28/06/2024**, les éoliennes devaient être arrêtées du 1^{er} avril au 31 octobre, du crépuscule à l'aube, hors période de pluie, lorsque le vent est < à 6 m/s et la température > à 13°C.

Par conséquent les paramètres d'asservissement se sont renforcés en cours de suivi et les éoliennes ont été arrêtées selon les modalités suivantes :

- du 1^{er} avril au 27 juin 2024 de 21h à 5h du matin hors période de pluie, lorsque le vent est < à 5 m/s et la température > à 13°C ;
- du 28 juin au 31 octobre du crépuscule à l'aube hors période de pluie, lorsque le vent est < à 6 m/s et la température > à 13°C.

Tableau 43. Paramètres de bridage à la mise en service du parc.

Paramètre	Critère d'asservissement	
Période	1er avril au 27 juin 2024	28 juin au 31 octobre 2024
Température (à 100m)	Supérieure ou égal à 13°C	
Vitesse du vent (à 100m)	Inférieure ou égal à 5 m/s	Inférieure ou égal à 6 m/s
Heure relative	21h à 5h	30 minutes avant le coucher du soleil à 30 minutes après le lever
Précipitation	Absence de précipitation	

Asservissement de 2025 :

En 2025, l'asservissement mis en place en 2024 est maintenu et est le suivant (tableau ci-dessous) ; il n'a fait l'objet d'aucune modification.

Tableau 44. Paramètre de bridage conventionnel pour le parc éolien de Marcillé pour l'année 2025.

Paramètre	Critère d'asservissement
Période	1 avril au 31 octobre
Température (à 100m)	Supérieure ou égal à 13°C
Vitesse du vent (à 100m)	Inférieure ou égal à 6 m/s
Heure relative	30 minutes avant le coucher du soleil à 30 minutes après le lever
Précipitation	Absence de précipitation

Le bridage actuel montre un taux de couverture de l'activité, toutes espèces confondues, proche de 94 % sur l'année 2025. Ce taux est conforme à celui calculé théoriquement en fin d'année 2024 (93,7%).

4 Conclusions

Ce rapport analyse la deuxième année de suivi de mortalité au sein du parc éolien de Marcillé. Ce suivi a été réalisé sur les 6 éoliennes du parc, entre le 31 mars 2025 et le 22 octobre 2025, soit 30 passages en 205 jours. Au total, 6 cadavres ont été trouvés sous les éoliennes dont 3 oiseaux (2 espèces et un groupe d'espèces) et 3 chauves-souris (1 espèce).

Concernant les oiseaux, 3 cadavres appartenant à 2 espèces et un groupe d'espèces ont été retrouvés sous les éoliennes du parc. Ce résultat est égal à celui de l'année précédente où 3 oiseaux avaient été retrouvés en 2024.

Pour les chauves-souris, 3 cadavres appartenant à 1 espèce de chauves-souris ont été retrouvés sous les éoliennes du parc. Ce résultat est bien inférieur à celui de l'année précédente où 10 cadavres de chauves-souris avaient été découverts au cours du suivi de 2024. A noter que durant le suivi de mortalité de 2024, la période de prospection était inférieure passant de 166 jours en 2024 à 205 jours en 2025, avec un nombre de passages passant de 25 en 2024 à 30 en 2025. Le renforcement du bridage a donc vraisemblablement eu un effet positif.

Les estimations de la mortalité ont été réalisées pour l'ensemble des éoliennes du parc, sur la durée du suivi, soit 205 jours. L'utilisation de l'estimateur Huso (2010) amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 31 cas de mortalité d'oiseaux avec la méthode « partial-pooling ». Concernant les chiroptères, l'utilisation de cette même formule amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 30 cas de mortalité de chauves-souris avec la méthode « partial pooling ».

Les résultats du suivi de la mortalité, réalisé en 2025, montrent une mortalité non-significative du parc éolien de Marcillé. Le renforcement du bridage en 2024 a donc vraisemblablement eu un effet positif, qui a permis d'atteindre l'objectif visé de 94% de taux de couverture de l'activité des chiroptères.

Aucune mesure corrective n'est nécessaire pour le parc éolien de Marcillé, ainsi la reconduction d'un suivi n'est pas envisagée.

5 Bibliographie

- ARTHUR, L. & LEMAIRE, M. (2015). Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Editions Biotope, Coll. Parthénope, Muséum National d'Histoire Naturelle, 544 p.
- AKAIKE, Hirotugu. A new look at the statistical model identification. IEEE transactions on automatic control, 1974, vol. 19, no 6, p. 716-723. ANDRE, Y. 2004. - Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. LPO, Rochefort. 20 p.
- ARNETT E. B., ERICKSON W., KERNES J. & HORN J., 2005. – Relationship between bats and wind turbine in Pennsylvania and West Virginia: An assessment of fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. – Bats and Wind Energy Cooperative, 168 p.
- ARNETT E. B., SCHIRMACHER M., HUSO M. & HAYES J., 2009. – Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. – Bats and Wind Energy Cooperative, 44 p.
- ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2021 - Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (Collection Parthénope) ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 544 p.
- BAERWALD E. & BARCLAY R., 2009. – Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities. – Journal of Mammalogy 90(6), p. 1341-1349.
- BARATAUD, M. 2020. Écologie acoustique des Chiroptères d'Europe. Identification des espèces, Etudes de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope, Mèze ; Museum National D'histoire Naturelle, Paris (Collection Inventaires et biodiversité), 344 P.
- BARRIENTOS, Rafael, MARTINS, Ricardo C., ASCENSÃO, Fernando, et al. A review of searcher efficiency and carcass persistence in infrastructure-driven mortality assessment studies. Biological conservation, 2018, vol. 222, p. 146-153.
- BENSETTITI F. & GAUDILLAT V. (coord.), 2002 - « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 7 - Espèces animales. MEDD/MAAPAR/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 353 p.
- BORNER, L., DURIEZ, Olivier, BESNARD, A., et al. Bird collision with power lines: estimating carcass persistence and detection associated with ground search surveys. Ecosphere, 2017, vol. 8, no 11, p. e01966.
- BROWN R. ET AL. (2014). Traces et indices d'oiseaux ; pistes, nids, plumes, crânes... Delachaux et Niestlé. 333 p.
- 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>.
- DALTHORP, Daniel, HUSO, Manuela, DALTHORP, Mark, et al. Accounting for the Fraction of Carcasses outside the Searched Area and the Estimation of Bird and Bat Fatalities at Wind Energy Facilities. arXiv preprint arXiv:2201.10064, 2022.
- DIETZ, C. ET VON HELVERSEN, O. (2004). Illustrated identification key to the bats of Europe. Electronique publication, version 1.0 released 15.12.2004, Tuebingen & Erlangen (Germany). 72 p.
- DOMÍNGUEZ DEL VALLE, Jon, CERVANTES PERALTA, Francisco, et JAQUERO ARJONA, María I. Factors affecting carcass detection at wind farms using dogs and human searchers. Journal of Applied Ecology, 2020, vol. 57, no 10, p. 1926-1935.
- DÜRR, T. (2023). Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe.
- ERICKSON, W.P.; JOHSON, G.D.; STRICKLAND, M.; KRONNER, K. (2000). Final Report: avian and bat mortality associated with the Vansycle wind project. pp 1-26.
- FRAIGNEAU C. (2007). Reconnaître facilement les plumes – collecter, identifier, interpréter, conserver. Delachaux et Niestlé. 192 p.
- FRAIGNEAU C. (2017). Identifier les plumes des oiseaux d'Europe occidentale. Delachaux et Niestlé. 400 p.
- GAULTIER, S.P., MARX, G., & ROUX, D., 2019. Éoliennes et biodiversité : synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer. Office national de la chasse et de la faune sauvage/LPO. 120 p. https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/lpo_oncfs_2019.pdf
- GAULTIER, Simon P., BLOMBERG, Anna S., IJÄS, Asko, et al. Bats and wind farms: The role and importance of the Baltic Sea countries in the European context of power transition and biodiversity conservation. Environmental Science & Technology, 2020, vol. 54, no 17, p. 10385-10398.
- GROUPE CHIROPTÈRES DE LA SFEPM, 2016. Diagnostic chiroptérologique des projets éoliens terrestres Actualisation 2016des recommandations SFEPM, Version 2.1(février2016). Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Paris, 33 pages+ annexes

- HAQUART A., 2013 - Référentiel d'activité des chiroptères, éléments pour l'interprétation des dénombrements de chiroptères avec les méthodes acoustiques en zone méditerranéenne française : Biotope, École Pratique des Hautes Études, 99 p.
- HAQUART A., 2015. — ACTICHIRO, un référentiel pour l'interprétation des dénombrements de Chiroptères avec les méthodes acoustique en France. Symbiose (34-35): 1-9.
- 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 lié à l'éolien. Présentation. In Rencontres nationales "chauves-souris" 2012.
- HARTER N. 2015. Eoliennes et mortalité des chiroptères : synthèse des résultats du suivi d'une quinzaine de parcs éoliens en Champagne-Ardenne. Rencontre chiroptères Grand-Est, Saint-Brisson, 16-18 octobre 2015. 15p.
- HUSO, M. M. (2010). An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. Environmetrics, 22(3), 318-329. doi: 10.1002/env.1052 19 p.
- 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 No. 28: 1-172.
- KORNER-NIEVERGELT F, BEHR O, BRINKMANN R, ETTERSON MA, HUSO MM, DALTHORP D, KORNER-NIEVERGELT P, ROTH T and NIERMANN I (2015). "Mortality estimation from carcass searches using the R-package carcass - a tutorial." Wildlife Biology, pp. 30-43.
- KORNER-NIEVERGELT, F., BRINKMANN, R., NIERMANN, I. & 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. doi:10.1371/journal.pone.0067997.
- KORNER-NIEVERGELT, F., KORNER-NIEVERGELT, P., BEHR, O., et al. 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. Wildlife Biology, vol. 17, no 4, p. 350-363.
- LABROSSE, A. (2009). Determining factors affecting carcass removal and searching efficiency during the post-construction monitoring of wind farms. University of Northern British Columbia.
- LAWSON M, JENNE D, THRSHER R, HOUCK D, WIMSATT J, STARW B, 2020 - An investigation into the potential for wind turbines to cause barotrauma in bats. LoS ONE 15(12) - <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242485>
- MARCHESI, P., BLANT, M. ET CAPT, S. (2008). Mammifères de Suisse - Clés de détermination. Neuchâtel, Fauna Helvetica, CSCF & SSBF. 289 p.
- MATUTINI, F. 2014. Détermination de l'effort d'échantillonnage pour la réalisation d'inventaires chiroptérologiques a différentes échelles spatiales et en fonction de l'hétérogénéité des habitats : rapport de stage. centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (cefe), Montpellier ; biotope, Mèze, 13 p.
- MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE (MEDDE), 2015, Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestre, Novembre 2015, 40p.
- MITCHELL-JONES A.J., AMORI G., BOGDANOWICZ W., KRYŠTUFK B., REIJNDERS P.J.H., SPITZENBERGER F., STUBBE M., THISSEN J.B.M., VOHRALÍK V. & ZIMA J., 1999 - The atlas of European mammals, Societas Europaea Mammalogica, Poyser National History, 484 p.
- PONCE, Carlos, ALONSO, Juan Carlos, ARGANDOÑA, Gonzalo, et al. Carcass removal by scavengers and search accuracy affect bird mortality estimates at power lines. Animal Conservation, 2010, vol. 13, no 6, p. 603-612.
- REYES, Gabriel A., RODRIGUEZ, Meredith J., LINDKE, Kenneth T., et al. Searcher efficiency and survey coverage affect precision of fatality estimates. The Journal of Wildlife Management, 2016, vol. 80, no 8, p. 1488-1496.
- RODRIGUES, L., BACH, L., DUBORG-SAVAGE, M. J., KARAPANDZA, B., KOVAC, D., KERVYIN, T., DEKKER, J, KEPEL, A., BACH, P., COLLINS, J., HARBUSCH, C., PARK, K., MICEVSKI, B. & MINDERMAN, J., 2015. Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Actualisation 2015. EUROBATS Publication Series N° 6 (version française). UNEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 133 p.
- RUSS J., 2023. — Les chauves-souris par le son. Delachaux et Niestlé, 480 p.
- RYDELL, J, OTTVALL, R, PETTERSSON, S, & GREEN M. (2017) The effects of wind power on birds and bats, an updated synthesis report 2017, Swedish Environmental Protection Agency. ISBN 978-91-620-6791-5, ISSN 0282-7298, 129p.
- SAND, Camille-Amélie; NORMAND, Brice; KERBIRIOU, Christian; BARRÉ, Kévin; RAVACHE, Andreas. Suivis réglementaires de la mortalité dans les parcs éoliens : de l'analyse locale à l'approche intégrée. Sciences Eaux & Territoires, [S. l.], n. 46, p. article 8312, 2024. DOI: 10.20870/Revue-SET.2024.46.8312. Disponible en: <https://revue-set.fr/article/view/8312>. Accès en: 6 janv. 2025.
- SMALLWOOD, K. Shawn. Estimating wind turbine-caused bird mortality. The Journal of Wildlife Management, 2007, vol. 71, no 8, p. 2781-2791.
- SVENSSON L. (2014). Le guide ornitho, le guide le plus complet des oiseaux d'Europe, d'Afrique du nord et du Moyen-Orient. Delachaux et Niestlé. 448 p.
- TAPIERO A., 2017 – Plan national d'actions en faveur des chiroptères 2016-2025. FCEN. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. 83 p.
- TEMPLE H.J. & TERRY, A. (coord.), 2007 - The Status and Distribution of European Mammals. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities. viii + 48 p.

- ④ UNION INTERNATIONALE POUR LA CONSERVATION DE LA NATURE FRANCE, MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, SOCIÉTÉ FRANÇAISE POUR L'ETUDE ET LA PROTECTION DES MAMMIFÈRES & OFFICE NATIONAL DE LA CHASSE ET DE LA FAUNE SAUVAGE, 2017 - La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France, 15 p.

Sites Internet

- ④ DURR, 2022: <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwarte/arbeitsschwerpunkt-entwicklung-und-umsetzung-von-schutzstrategien/auswirkungen-von-windenergieanlagen-auf-voegel-und-fledermaeuse/#>
- ④ SOCIÉTÉ FRANÇAISE POUR L'ETUDE ET LA PROTECTION DES MAMMIFÈRES - <http://www.sfepm.org>.
- ④ ECOLOGIE ACOUSTIQUE DES CHIROPTÈRES - <http://ecologieacoustique.fr/>

6 Annexes

Annexe I : Tableau récapitulatif des observations de cadavres.

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne
20/05/2025	MAR01	<i>Lullula arborea</i>	Alouette lulu	En décomposition	Adulte	Indéterminé	Prédation cadavre post-collision	31 m
06/08/2025	MAR03	<i>Buteo buteo</i>	Buse variable	Sec	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	49 m
18/08/2025	MAR05	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	En décomposition	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	31 m
09/09/2025	MAR04	-	Roitelet sp.	Sec	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	27 m
22/09/2025	MAR02	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	21 m
06/10/2025	MAR01	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Adulte	Femelle	Barotraumatisme	15 m

Annexe II : Détails des arrêtés relatifs aux installations de production d'électricité

“Arrêté du 22 juin 2020 portant modification des prescriptions relatives aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement

L'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement est modifié conformément aux dispositions des articles 2 à 22 du présent arrêté. “

« Arrêté du 22 juin 2020 - art. 9 a modifié les dispositions suivantes :

Modifie Arrêté du 26 août 2011 - art. 12 (V) , L'article 12 est remplacé par : »

« Art. 12.-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. Sauf cas particulier justifié et faisant l'objet d'un accord du Préfet, ce suivi doit débuter dans les 12 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation afin d'assurer un suivi sur un cycle biologique complet et continu adapté aux enjeux avifaune et chiroptères susceptibles d'être présents. Dans le cas d'une dérogation accordée par le Préfet, le suivi doit débuter au plus tard dans les 24 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation. « Ce suivi est renouvelé dans les 12 mois si le précédent suivi a mis en évidence un impact significatif et qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives. A minima, le suivi est renouvelé tous les 10 ans d'exploitation de l'installation. « Le suivi mis en place par l'exploitant est conforme au protocole de suivi environnemental reconnu par le ministre chargé des installations classées. « Les données brutes collectées dans le cadre du suivi environnemental sont versées, par l'exploitant ou toute personne qu'il aura mandatée à cette fin, dans l'outil de télé-service de “ dépôt légal de données de biodiversité ” créé en application de l'arrêté du 17 mai 2018. Le versement de données est effectué concomitamment à la transmission de chaque rapport de suivi environnemental à l'inspection des installations classées imposée au II de l'article 2.3. Lorsque ces données sont antérieures à la date de mise en ligne de l'outil de télé-service, elles doivent être versées dans un délai de 6 mois à compter de la date de mise en ligne de cet outil. « Dans le cas d'un projet de renouvellement d'une installation existante, autre qu'un renouvellement à l'identique ou une extension au sens de l'article R. 181-46-I du code de l'environnement, l'exploitant met en place un suivi environnemental, permettant d'atteindre les objectifs visés au 1er alinéa du présent article, dans les 3 ans qui précèdent le dépôt du porter à connaissance au préfet prévu par l'article R. 181-46 du code de l'environnement.

Annexe III : Détails sur les méthodes d'inventaires attendues à l'échelle nationale

semaine n°	1 à 19	20 à 30	31 à 43	44 à 52
Le suivi de mortalité doit être réalisé ...	Si enjeux avifaunistiques spécifiques	Dans tous les cas		Si enjeux avifaunistiques en période hivernale
Suivi d'activité 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

Figure 48. Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018.

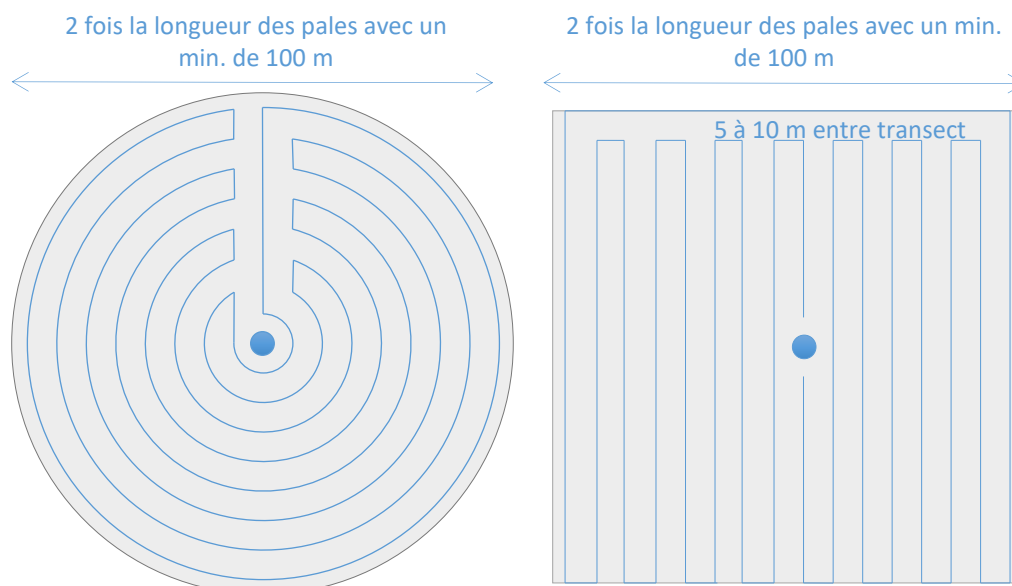


Figure 49. Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).

Annexe IV : Détails sur les coefficients correcteurs et des méthodes statistiques

L'objectif de ce suivi est de proposer une estimation de la mortalité réelle des chauves-souris et des oiseaux, au sein du parc. Le protocole national révisé en 2018 demande de préciser les incertitudes de l'estimation de la mortalité.

Tel que demandé par le protocole national, deux tests de prédation ont été réalisés dans le cadre du suivi de la mortalité. Ces tests ont été réalisés au cours du suivi pour que les résultats puissent être représentatifs des grandes périodes biologiques (saisons). Pour ce faire, les leurres ont été disposés de manière aléatoire pour chaque éolienne suivie au sein des zones de prospections.

Tel que demandé dans le protocole national, deux tests ont été réalisés dans le cadre du suivi de la mortalité. Ces deux tests sont réalisés par la méthode de l'échantillonnage stratifié en fonction des différents types d'occupation du sol que l'observateur est susceptible de prospecter tout au long du suivi. Le moment de réalisation des tests doit permettre de tester l'observateur dans un maximum de situations d'occupation du sol, à l'échelle de l'ensemble du parc éolien. De 10 à 15 leurres identiques sont disposés aléatoirement pour chaque catégorie d'occupation du sol à tester et sur l'ensemble du parc, à l'insu de l'observateur.

Le principe général des estimations par éolienne est le suivant :

$$Ne = Nd / (a \times P(s,f))$$

Ne = nombre estimé le plus probable de chauves-souris ou d'oiseaux tués par les éoliennes au sein de la zone prospectée.

Nd = nombre total de cadavres découvert de chauves-souris ou d'oiseaux dont la mort est imputable aux éoliennes.

a = Coefficient correcteur de surface moyen pondéré, calculé par simple proportion du taux moyen de surfaces prospectées et pondéré par la durée inter-passage.

P(s,f) = Probabilité de détection propre à chaque méthode d'estimation (e.g. de Erickson, de Jones, de Huso, de Korner-Nievergelt etc.). Les équations sous-jacentes à chaque méthode d'estimation font toutes appel à **deux coefficients correcteurs** que sont le coefficient de persistance (**s**) (qui peut être exprimée comme une durée de persistance ou comme une probabilité de survie suivant les formules) et le coefficient d'efficacité de recherche moyen (**f**). La valeur de **P(s,f)** obtenue correspond à une probabilité de détection moyenne tenant compte du fait que certains cadavres sont manqués faute de détection parfaite et d'autre du fait de leur disparition. Associée au nombre de cadavres trouvés durant le suivi pour chaque éolienne (**Nd**) ainsi qu'à la surface moyenne prospectée (**a**), il est possible d'estimer la mortalité réelle. Ainsi **a x P(s,f)** correspond une probabilité globale de détection des cadavres.

La détermination des coefficients correcteurs « **s** » et « **f** » est très importante du fait de leur effet sur l'estimation de **Ne**. C'est pour cela qu'il est particulièrement important d'avoir la capacité d'évaluer *a posteriori* la précision de leurs évaluations.

Limites générales à la démarche d'estimation de la mortalité :

Pour le moment, les incertitudes des différents coefficients correcteurs ne sont pas utilisées dans les calculs de l'incertitude de l'estimation de la mortalité. Toutefois, il est possible d'évaluer cela en regardant 1) les incertitudes de chaque coefficient correcteur pour vérifier leur qualité et 2) en analysant en même temps les incertitudes de l'estimation de mortalité finale elle-même. En effet, l'intervalle de confiance de l'estimation de mortalité sera d'autant plus large que la probabilité de détection globale moyenne est faible et que le nombre de cadavres découverts est grand.

L'utilisation de modèles, suivie d'une sélection par AIC pour déterminer les coefficients correcteurs (persistance et efficacité de recherche), a pour avantage 1) de générer les incertitudes aux coefficients correcteurs pour évaluer leur précision, 2) de prendre en compte le design expérimental des tests (notamment le nombre de leurres déployés qui limitent la capacité prédictive des modèles) en respectant les contraintes statistiques et aussi 3) de réaliser la meilleure stratification (intégration de tous facteurs influençant la détectabilité) pour décrire au plus juste la réalité du suivi. Toutefois, il n'est pas possible d'intégrer toutes les sources de variation, comme le travail des agriculteurs sur leurs parcelles. En effet, le travail du sol dépend de la météo et il est impossible de savoir à quel moment les agriculteurs vont passer sur leurs champs, entraînant l'enterrement involontaire/aléatoire des cadavres.

Tel que défini par le protocole national, « seules les zones à ciel ouvert et praticables sont prospectées. Le reste de la surface échantillon devra faire l'objet d'une correction proportionnelle par coefficient surfacique ». Les zones non prospectables sont définies comme 1) des secteurs de boisements ou alors 2) comme des végétations ne permettant pas de pénétrer dans la parcelle ou enfin 3) comme une parcelle où la détectabilité est proche de zéro. Par notre expérience, une végétation au-delà de 30 cm de hauteur limite très fortement la capacité de détection des cadavres. En fonction du type de couvert, le technicien a la possibilité de continuer à prospecter s'il estime que sa capacité de détection est encore significative ou de considérer la parcelle comme non prospectable. Les surfaces non prospectées sont alors prises en compte par le coefficient correcteur de surface

Le coefficient correcteur de surface par simple proportion, tel que demandé par le protocole national suppose comme hypothèse que la densité des cadavres est identique entre les zones prospectées et celles non prospectées. Par ailleurs, il est assez fréquent que le faible nombre de cadavres ne permette pas de quantifier la relation entre la densité de cadavres et la distance au sol de l'éolienne. Toutefois, ce sont majoritairement les zones éloignées des mats qui ont le plus de chance

de ne pas pouvoir être prospectées du fait de la présence récurrente d'une plateforme et chemin d'accès prospectable au pied des éoliennes. Ainsi, considérer à tort que la densité est homogène, peu importe la distance à éolienne, est donc en général conservateur (ne réduit pas l'estimation) au contraire d'une relation distance dépendance (Arnett et al. 2005). Toutefois, ces zones non prospectables participent à minimiser la mortalité observée mais aussi à surestimer la mortalité estimée par l'effet direct du coefficient correcteur de surface sur la probabilité de détection globale.

Tous les estimateurs utilisés ici se basent sur l'hypothèse que la mortalité est constante tout au long du suivi. Ce qui est vraisemblablement faux du fait des différentes phases du cycle biologique que peut couvrir un suivi. Des variables supplémentaires (comme l'activité acoustique pour les chiroptères), pourraient permettre de pondérer l'estimation de la mortalité en fonction de l'activité au cours du temps.

Le protocole national précise « Qu'il s'agisse du test d'efficacité ou du test de persistance des cadavres, il s'agira de s'assurer que les résultats permettent bien une utilisation statistique robuste dans l'estimation de la mortalité. ». Pour le test de persistance, le nombre de cadavres déployés va directement influencer la puissance statistique permettant d'estimer la vitesse de persistance moyenne, et d'autant plus si la vitesse de disparition est forte. En fonction de la pression de prédation (difficilement estimable au début du suivi), un nombre trop faible de cadavre (défini par défaut au début du suivi) peut impliquer l'incapacité d'estimer de manière robuste le coefficient de prédation pour chaque éolienne, voir même à l'échelle du parc. Ainsi, suivant les situations, cela peut remettre en cause cette demande spécifique du protocole national. Cela peut même engendrer l'incapacité de répondre au protocole national dans son ensemble si l'estimation de mortalité devient impossible. D'autre part, le nombre important de rats déposés (concentration), ainsi que leur taille et leur couleur peuvent générer des phénomènes d'attraction/saturation sur les prédateurs. Dans la mesure du possible, il convient d'éviter les souris/rats blancs mais cela est rarement possible en raison du manque de production de rongeurs gris. Ainsi, les rongeurs doivent correspondre le plus possible en taille à des chiroptères, en l'absence d'alternative satisfaisante (répétabilité des tests notamment).

Le protocole national prévoit également une « Analyse croisée avec les données et résultats de suivis d'activité en continu des chauves-souris (corrélations entre pics d'activité et mortalités, entre l'évolution du cortège d'espèces inventorié par suivi en continu en nacelle et la chronologie de la mortalité par espèce...) ». Comme les protocoles acoustique et mortalité sont réalisés de manière indépendante, notamment pour les éoliennes suivies, la cohérence des résultats reste très aléatoire. A minima, la comparaison sera descriptive et tentera de mettre en lumière les possibles liens entre ces deux sources de données.

Annexe V : Définition de l'AIC et des intervalles de confiances à 95%

- L'AIC est l'anagramme du critère d'information d'Akaike, (en anglais Akaike information criterion ou AIC). Il s'agit d'un indice calculé pour évaluer la qualité d'un modèle statistique proposée par Hirotugu Akaike en 1973. Cet indice permet de comparer plusieurs modèles sur une base objective et notamment en pénalisant les modèles en fonction du nombre de paramètres (complexification) afin de satisfaire le critère de parcimonie. Les modèles avec une valeur d'AIC la plus faible sont les plus pertinents à sélectionner. L'AIC weight permet de classer les modèles par leur pourcentage d'intérêt relativement aux autres par pondération des valeurs d'AIC.
- L'intervalle de confiance à 95% se caractérise par une borne basse et haute entre lesquelles la valeur réelle (et estimée statistiquement) a 95% de chance de se situer.

Annexe VI : Détails sur la méthodologie, les résultats et les biais concernant les référentiels mortalité Biotope

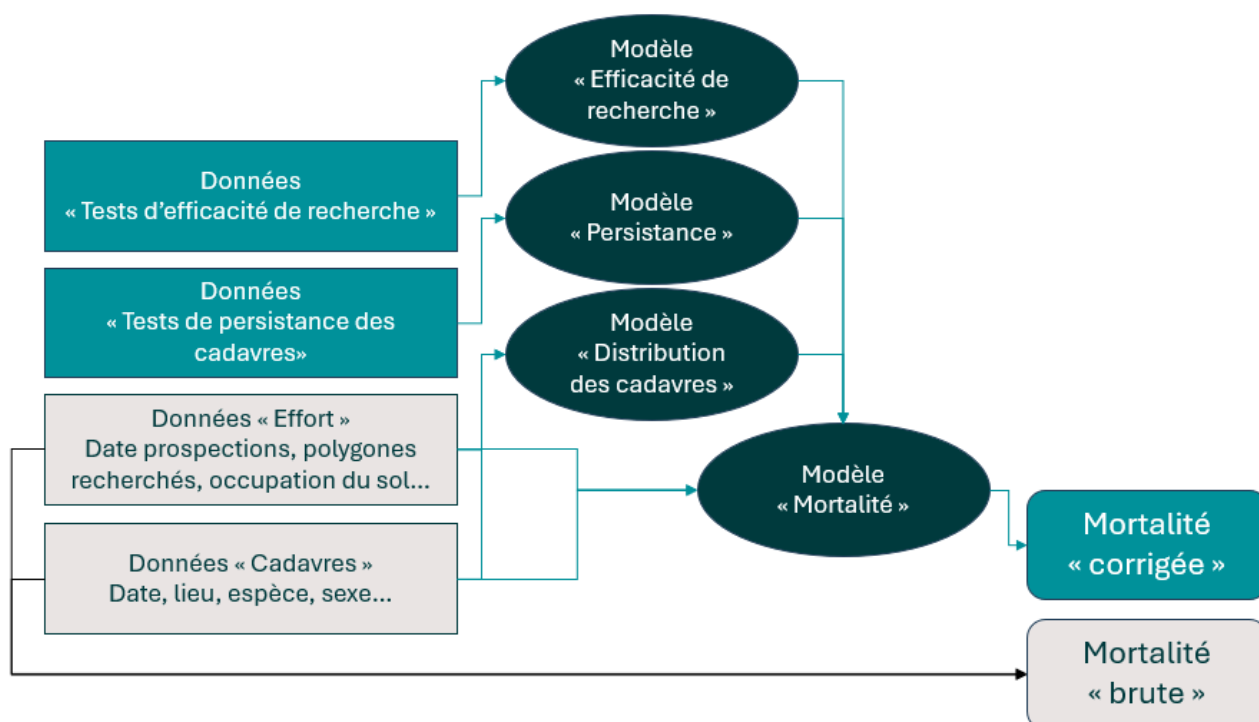


Figure 50. Méthodologie simplifiée pour l'obtention des référentiels mortalité brute et corrigée.

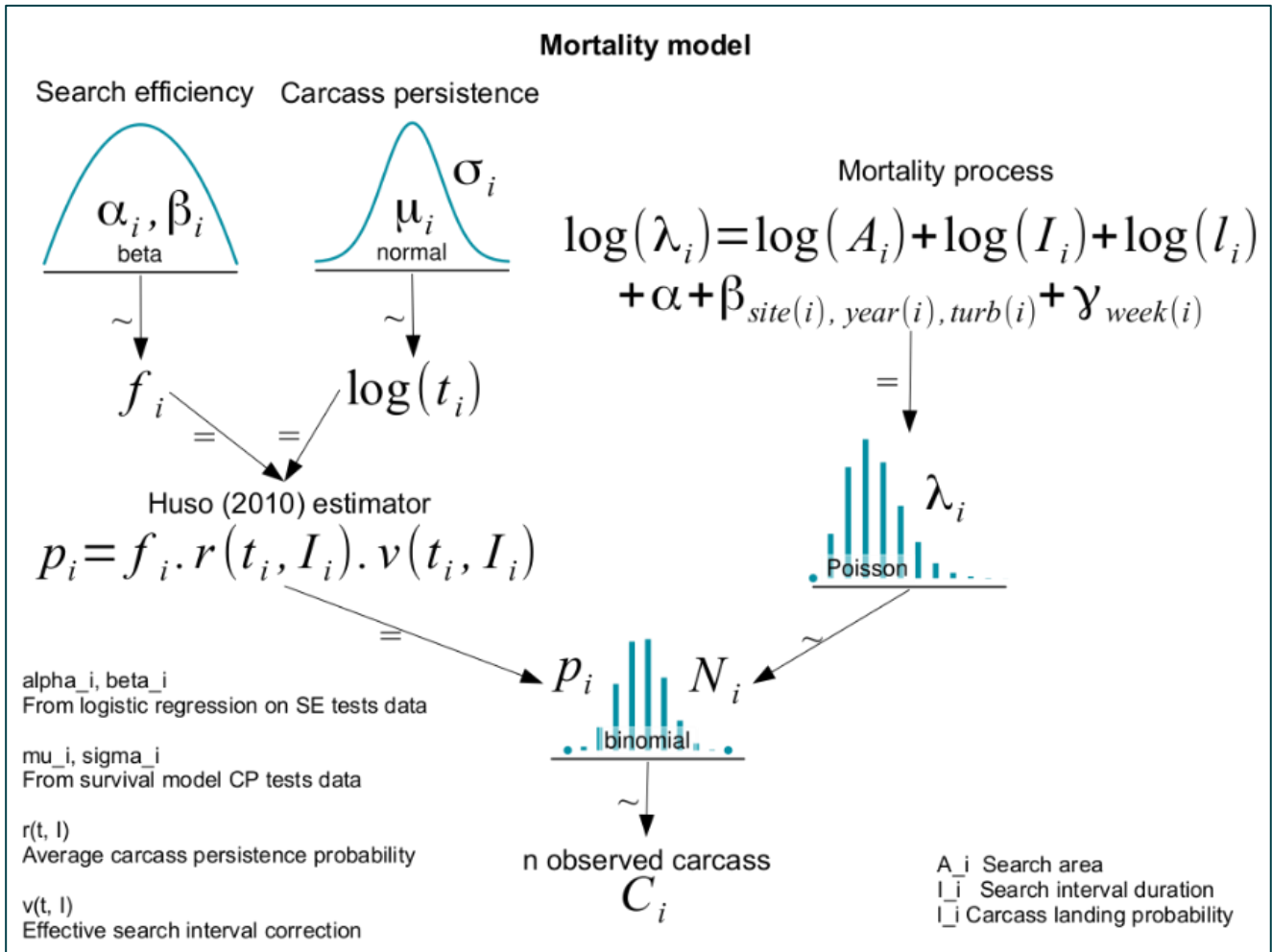


Figure 51. Méthodologie détaillée de la modélisation du référentiel mortalité corrigée.

Principales limites de comparaison et d'interprétation concernant l'utilisation du référentiel mortalité corrigée

1. Modélisation différente des coefficients correcteurs par rapport à celles faites classiquement

- *Persistence* : ajout d'effets aléatoires sites, turbines, années, loi de distribution uniquement exponentielle ;
- *Efficacité de recherche* : ajout d'effets aléatoires diverses, d'effets nichés ;
- *Coefficient correcteur de surface* : approche « DWP » avec une prise en compte de la densité de cadavre par anneaux concentriques ;
- *Probabilité globale de détection ($\hat{g}$)* : modélisation dans un cadre bayésien ;
- *Estimation de la mortalité (M)* : priors de modélisation bayésienne plus informatifs ; approche de modalisation « partial-pooling ».

2. Nombre de données utilisées pour réaliser les modélisations et la construction des modèles

- *Concernant le référentiel Biotope* : 23000 leures pour les tests d'efficacité de recherche et de persistance, plus de 80 OCS différentes, large éventail de conditions environnementales, temporalité longue (plusieurs mois et années)
- *Concernant les données pour un suivi* : au maximum 300 leures, une dizaine d'OCS différentes, conditions environnementales propre au site d'étude, temporalité courte (1 année entre S20 et S43).

7 Index des tableaux, cartes et figures

Index des tableaux

Tableau 1. Paramétrage de l'enregistreur en hauteur.	13
Tableau 2. Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois sur l'ensemble de la période.	14
Tableau 3. Identification des espèces de chiroptères.	16
Tableau 4. Référentiel ActiChiro-Altitude utilisé pour cette étude.	18
Tableau 5. Prospections de terrain et informations météorologiques.	23
Tableau 6. Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 2 tests).	25
Tableau 7. Équipe de travail.	26
Tableau 8. Statuts de protection et de conservation des espèces de chiroptères recensées en hauteur sur le parc de Marcillé en 2025.	27
Tableau 9. Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 100m.	28
Tableau 10. Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur.	29
Tableau 11. Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur en période printanière.	30
Tableau 12. Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur en période estivale.	31
Tableau 13. Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur en période automnale.	32
Tableau 14. Proportions des contacts obtenus en altitude en fonction de la durée après le coucher du soleil.	38
Tableau 15. Croisement des informations sur l'évaluation de l'activité en altitude issues des deux années de suivi.	39
Tableau 16. Proportions des contacts obtenus en hauteur (100 m) en fonction de la vitesse du vent.	42
Tableau 17. Proportions des contacts obtenus au-dessus de la médiane en fonction de la température.	44
Tableau 18. Tableau de synthèse associant les données « empiriques » de Dürr et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope.	53
Tableau 19. Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Marcillé.	53
Tableau 20. Tableau de synthèse associant les données « empiriques » de Dürr et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope pour les chiroptères.	55
Tableau 21. Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauves-souris touchées par le parc de Marcillé.	55
Tableau 22. Bilan de l'occupation du sol pour les 6 éoliennes sur l'ensemble de la période de suivi.	57
Tableau 23. Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 30 passages.	62
Tableau 24. Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leurs intervalles de confiance à 95% pour les deux tests de persistance pour chacune des quatre éoliennes.	63
Tableau 25. Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations et interpolations) par pourcentage de recouvrement pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi.	63
Tableau 26. Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation.	64
Tableau 27. Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Marcillé sur la période du suivi (205 jours).	65
Tableau 28. Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Marcillé sur la période du suivi (205 jours).	67

Tableau 29. Evolution du coefficient correcteur surfacique entre 2024 et 2025 pour le parc de Marcillé.	69
Tableau 30. Comparaison des estimations de la persistance moyenne par année sur le parc de Marcillé.	69
Tableau 31. Résultats des estimations de la détections des cadavres pour chaque éolienne pour l'année 2024.	70
Tableau 32. Résultats des estimations de la détection des cadavres pour chaque recouvrement en pourcentage pour l'année 2025.	70
Tableau 33. Bilan des probabilités globales de détection par année et par éolienne en utilisant l'estimateur de Huso (2010).	71
Tableau 34. Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des oiseaux au sein du parc de Marcillé entre 2024 et 2025.	72
Tableau 35. Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des chiroptères au sein du parc de Marcillé entre 2024 et 2025.	72
Tableau 36. Synthèse des cas de mortalité observées sur le parc de Marcillé en 2025.	73
Tableau 37. Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité.	75
Tableau 38. Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 100 m au niveau de l'éolienne MAR03 en 2025.	79
Tableau 39. Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces.	80
Tableau 40. Paramètre de bridage conventionnel pour le parc éolien de Marcillé.	82
Tableau 41. Taux de couverture par espèce et groupes d'espèces pour le bridage actuel sur les données collectées en 2025.	82
Tableau 42. Paramètres de bridage préconisés dans l'arrêté préfectoral.	84
Tableau 43. Paramètres de bridage à la mise en service du parc.	85
Tableau 44. Paramètre de bridage conventionnel pour le parc éolien de Marcillé pour l'année 2025.	85

Index des figures

Figure 1. Illustrations de 2 éoliennes du parc éolien de Marcillé.	5
Figure 2. Disposition des éoliennes du parc éolien de Marcillé.	6
Figure 3. Eolienne équipée d'un enregistreur automatique.	12
Figure 4. Localisation de l'implantation du microphone en nacelle © Biotope.	13
Figure 5. Microphone et enregistreur SM4Bat installé en nacelle MAR03 du parc de Marcillé.	14
Figure 6. Cumul des nouvelles espèces en fonction de l'effort d'échantillonnage du suivi en hauteur sur l'éolienne MAR03 du parc de Marcillé.	15
Figure 7. Illustration du processus de validation des enregistrements ultrasonores ©Biotope.	15
Figure 8. Répartition spatiale des points-nuits pour le référentiel altitude.	17
Figure 9. Exemple de distribution des niveaux d'activité issue du référentiel dédié pour l'étude.	21
Figure 10. Schéma temporel de la vitesse du vent à 100 m sur l'ensemble du suivi mené depuis le l'éolienne MAR03 du parc de Marcillé, entre mars 2025 et octobre 2025.	22
Figure 11. Schéma temporel de la température à 100 m sur l'ensemble du suivi mené depuis le l'éolienne MAR03 du parc de Marcillé, entre mars 2025 et octobre 2025.	22
Figure 12. Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche ©Biotope.	25
Figure 13. Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (100 m) au niveau de l'éolienne MAR03 de mars 2025 à octobre 2025.	33
Figure 14. Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (100 m) au niveau de l'éolienne MAR03 d'avril 2025 à octobre 2025.	33
Figure 15. Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour la Pipistrelle commune, en altitude sur l'éolienne MAR03 de Marcillé en 2025.	34
Figure 16. Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit pour le groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius, en altitude sur l'éolienne MAR03 de Marcillé en 2025.	34
Figure 17. Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour le groupe des Sérotules, en altitude sur l'éolienne MAR03 de Marcillé en 2025.	35
Figure 18. Nombre de contacts par tranche horaire, après le coucher du soleil, en altitude (100 m), toutes espèces confondues, de mars à octobre 2025.	36
Figure 19. Nombre de contacts par tranche horaire en fonction de la période de l'année, après le coucher du soleil, en altitude (100 m) et toutes espèces confondues.	37
Figure 20. Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, en altitude (100 m).	37
Figure 21. Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne MAR03 du parc de Marcillé 2024.	40
Figure 22. Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne MAR03 du parc de Marcillé en 2025.	40
Figure 23. Densité des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (100 m) au niveau de l'éolienne MAR03 du parc de Marcillé.	41
Figure 24. Répartition des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (100 m) au niveau de l'éolienne MAR03 de Marcillé.	42
Figure 25. Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (100 m) au niveau de l'éolienne MAR03 du parc de Marcillé.	43
Figure 26. Densité des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (80 m) au niveau de l'éolienne MAR03 de Marcillé.	43
Figure 27. Répartition des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (80 m) au niveau de l'éolienne MAR03 de Marcillé.	44
Figure 28. Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (100 m).	45

Figure 29. Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 100 m. Les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris.	45
Figure 30. Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions.	46
Figure 31. Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Marcillé.	48
Figure 32. Présentation de quelques photographies des cadavres découverts ©Biotope.	48
Figure 33. Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Marcillé.	49
Figure 34. Nombre de cadavres découverts par éolienne.	50
Figure 35. Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Marcillé. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.	51
Figure 36. Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes (en grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation).	52
Figure 37. Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi.	58
Figure 38. Occupation du sol pour les éoliennes MAR01, MAR02, MAR03, MAR04, MAR05 et MAR06 (de gauche à droite), sur le premier passage (en haut), le 15 ^{ème} passage (au milieu) et le dernier passage (en bas).	59
Figure 39. Evolution du pourcentage de surface prospectée par passage.	60
Figure 40. Synthèse (boîte à moustache) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum).	61
Figure 41. Durées de persistances moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédation.	62
Figure 42. Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Marcillé au cours du suivi de 2025 sur 205 jours.	66
Figure 43. Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Marcillé au cours du suivi de 2025 sur 205 jours.	68
Figure 44. Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Marcillé.	76
Figure 45. Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau de l'éolienne MAR03 du parc de Marcillé sur la période de réalisation du suivi mortalité (les étoiles représentent les cadavres de chiroptères retrouvés).	77
Figure 46. Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne MAR03 du parc de Marcillé sur la période de réalisation du suivi mortalité en 2025.	78
Figure 47. Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour la Pipistrelle commune, en altitude sur l'éolienne MAR03 de Marcillé en 2025 (cadavres de chiroptères retrouvés).	80
Figure 48. Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018.	92
Figure 49. Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).	92
Figure 50. Méthodologie simplifiée pour l'obtention des référentiels mortalité brute et corrigée.	95
Figure 51. Méthodologie détaillée de la modélisation du référentiel mortalité corrigée.	96



Biotope Siège Social
22, boulevard Maréchal Foch
B.P. 58
34140 MÈZE
Tél. : +33 (0)4 67 18 46 20
www.biotope.fr

