



RWE Renouvelables
France

RWE

Parc éolien d'Allerey

Commune d'Allerey (21)

1er avril 2025

**Suivi de mortalité de
l'avifaune et des
chiroptères**



biotopie

Information sur le document

Citation recommandée	Biotope, 2025 – Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères - Parc éolien d'Allerey - Commune d'Allerey (21) - RWE Renouvelables France - 158 p.		
Nom de fichier	RWE_Allerey_Mortalité+Alti_Biotope_2024_reprises.docx		
N° de contrat	2024025		
Date de démarrage de la mission	Mai 2025		
Maître d'ouvrage	RWE, société de projet : RWE Operations France SAS		
Interlocuteur	Julien MADON	julien.madon@rwe.com 06 81 63 52 47	
Biotope, Responsable du projet	Nicolas MEYER (NME)	nmeyer@biotope.fr 07 62 01 07 20	
Rédacteur principal – mortalité	Clément CORDIER (CCO)	ccordier@biotope.fr	
Rédactrice principale – chiroptères	Agathe DUMONT (ADU)	adumont@biotope.fr	
Biotope, Contrôleur qualité	Julien TRANCHARD (JTR)	jtranchard@biotope.fr	
Version 1	Rédacteur : CCO - 06/01/2025 NME - 28/01/2025	Contrôle qualité : JTR – 28/01/2025	Description des modifications apportées au document : <ul style="list-style-type: none"> ● Création du document. ● Partie « Suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères »
Version 2	Rédacteur : ADU – 22/01/2025	Contrôle qualité : JTR – 28/01/2025	Description des modifications apportées au document : <ul style="list-style-type: none"> ● Partie « Suivi de l'activité des chiroptères en altitude »
Version 3	Rédacteur : ADU – 31/03/2025 NME – 01/05/2025	-	Reprises après relecture et concertation sur les mesures correctives <ul style="list-style-type: none"> ● Parties synthèses des suivis et mesures correctives

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 d'Allerey a été mis en service en février 2023.

Au regard des engagements pris par le porteur de projet au stade développement (étude d'impact), notamment les mesures de suivi faisant suite à l'avis de la DREAL Bourgogne Franche-Comté et, en second lieu, au regard des préconisations issues du protocole national de suivi des parcs éoliens (révision de 2018), la société RWE Renouvelables France a missionné Biotope pour reconduire la réalisation du suivi de mortalité du parc éolien en 2024. Le parc éolien est composé de 5 éoliennes E1, E2, E3, E5 et E6 (l'éolienne E4 n'a pas été autorisée).

Le document présente les résultats du suivi réalisé durant la période de mai à octobre 2024 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 d'Allerey et vis-à-vis des mesures de réduction appliquées :

- 1) Un système d'asservissement lors de travaux agricoles afin de limiter l'impact sur le Milan royal
- 2) Ce système d'asservissement est mis en œuvre afin d'interrompre le fonctionnement des éoliennes durant les 5 jours qui suivent la fauche et le labour des parcelles situées dans un rayon de 200m autour des éoliennes.
- 3) **Un système d'asservissement des éoliennes lors des conditions météorologiques favorables aux chauves-souris** mis en place entre le 15 avril et le 20 octobre sur l'ensemble des éoliennes sur les huit premières heures de la nuit (à compter du coucher de soleil) ou du coucher du soleil jusqu'au lever du jour, lorsque la vitesse du vent à hauteur de moyeu est inférieure ou égale à 6 m.s⁻¹, la température extérieure est supérieure ou égale à 10°C et en absence de précipitations.

Le système d'asservissement lié aux chauves-souris a été appliqué de la manière suivante sur l'année 2024 :

- Entre le 15 avril et le 31 juillet : au coucher du soleil et jusqu'à 8h après le coucher du soleil, lorsque la vitesse du vent à hauteur de moyeu est **inférieure ou égale à 6 m.s⁻¹, la température extérieure est supérieure ou égale à 10°C** et en absence de précipitations.

- Entre le 1^{er} août et le 20 octobre : du coucher du soleil jusqu'au lever du soleil, lorsque la vitesse du vent à hauteur de moyeu est **inférieure ou égale à 6 m.s⁻¹, la température extérieure est supérieure ou égale à 10°C** et en absence de précipitations.

Au regard des éléments fournis par RWE Renouvelables France (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 » et respectant les attendus de l'AP du 6 juillet 2018, a été mené tel que souhaité par RWE Renouvelables France. 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 mortalité. Ainsi, le protocole et ce rapport tiennent compte des évolutions du protocole national.

Sommaire

1	Contexte de l'étude et aspects méthodologiques	6
1.1	Contexte – présentation du parc et données historiques	6
1.1.1	Présentation du parc	6
1.1.2	Rappel des enjeux de l'étude d'impact	9
1.1.3	Rappel du suivi post-implantation de 2023 (Biotope)	24
1.2	Méthodologie appliquée	25
1.2.1	Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national	25
1.2.2	Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées	26
1.2.3	Conditions de réalisation du suivi de mortalité et des suivis de l'activité des chiroptères en nacelle	41
1.2.1	Équipe de travail	45
2	Synthèse et analyse des résultats	47
2.1	Résultat du suivi de l'activité des chiroptères en hauteur	47
2.1.1	Espèces contactées	47
2.1.2	Abondance relative	48
2.1.3	Évaluation de l'activité en hauteur	51
2.1.4	Analyse détaillée de l'activité des chiroptères en hauteur	53
2.1.5	Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction des paramètres météorologiques	64
2.1.6	Synthèse de l'activité des chiroptères en hauteur	78
2.2	Résultats du suivi de mortalité	80
2.2.1	Résultats bruts	80
2.2.2	Analyse des résultats	88
2.2.3	Comparaison avec les suivis de mortalité antérieurs	114
2.2.4	Synthèse du suivi de mortalité	120
2.3	Facteurs d'impact et mesures mises en place	122
2.3.1	Analyse croisée avec l'étude d'impact	122
2.3.2	Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères	127
2.3.3	Évaluation de l'efficacité du bridage chiroptères en fonctionnement	131
3	Mesures correctives et conclusion	133
3.1	Mesures correctives	133
3.1.1	Pour les chiroptères	133
3.1.2	Pour les oiseaux	134
3.1.3	Concernant la précision des estimations de la mortalité	134
3.2	Conclusions	136
4	Bibliographie	138
5	Annexes	141
	Annexe I : Tableau récapitulatif des observations de cadavres	141
1.1	Tableau récapitulatif des observations de cadavres découverts en 2023	141
1.1	Tableau récapitulatif des observations de cadavres découverts en 2024	142
	Annexe II : Détails des arrêtés relatifs aux installations de production d'électricité	143
	Annexe III : Détails sur les méthodes d'inventaires attendues à l'échelle nationale	144
	Annexe IV : Détails sur les coefficients correcteurs et des méthodes statistiques	145
	Annexe V : Estimation de la mortalité par GenEst	147

V.1	Utilisation du DWP : « Density Weighted Proportion »	147
V.2	Efficacité de recherche (f)	147
V.3	Persistance des cadavres (s)	147
V.4	Estimation de la mortalité	148
V.5	Paramètres utilisés lors des analyses de données dans le logiciel GenEst	148
	Annexe VI : Définition de l'AIC et des intervalles de confiance à 95%	149
	Annexe VII : Détails sur la méthodologie, les résultats et les biais concernant les référentiels mortalité Biotope	150
6	Index des tableaux, cartes et figures	153

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 d'Allerey se situe sur la commune d'Allerey dans le département de Côte-d'Or (21), en région Bourgogne-Franche-Comté. Il est situé à environ 1,8 km au nord-ouest du centre-bourg d'Allerey et à environ 1km à l'ouest du centre-bourg de Juilly.

Le parc, mis en service en février 2023, comprend 5 éoliennes portant les dénominations E1, E2, E3, E5 et E6 :

Eoliennes	Modèle	Hauteur de moyeu	Puissance unitaire
E1, E2, E3, E5	NORDEX N131TS99	99m	3,0 MW
E6	NORDEX N131TS84	84m	3,0 MW

Ces éoliennes disposent d'un rotor de 131 m de diamètre. Le bas de pale est à une hauteur de 18,5 m dans le cas de l'éolienne E6 et à une hauteur de 33,5 m dans le cas des autres éoliennes.

Le parc est implanté dans un contexte agricole bocager.



Eolienne E1 le 07/08/2023



Eolienne E2 le 08/08/2023



Eolienne E3 le 07/08/2023

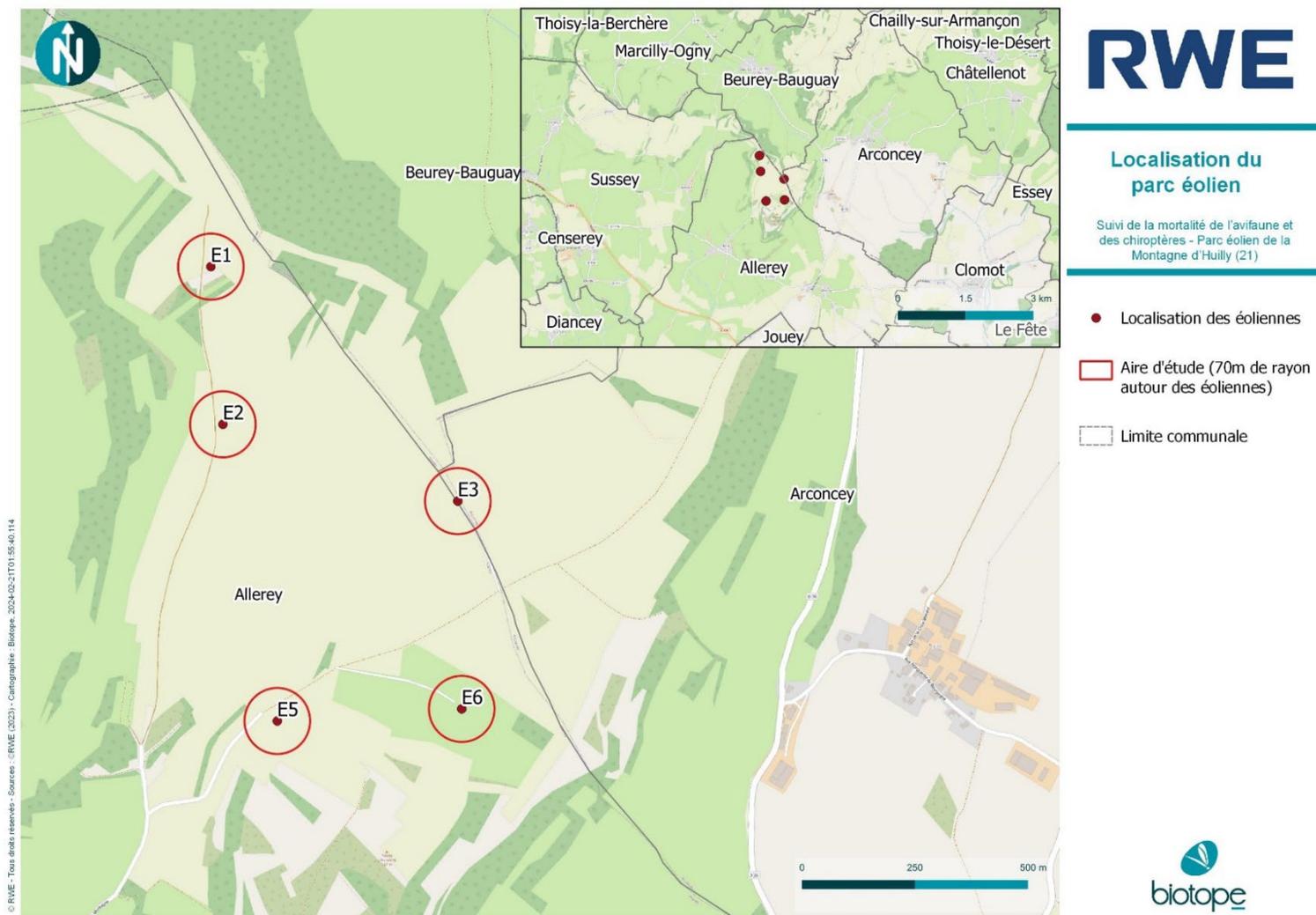


Eolienne E5 le 08/08/2023



Eolienne E6 le 24/10/2023

Photographie des éoliennes du parc



Carte 1 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien d'Allerey

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 du parc éolien d'Allerey, réalisée en 2016 et rédigée en 2017 afin de les comparer avec les résultats des suivis réalisés en 2023 et 2024 sur le parc éolien.

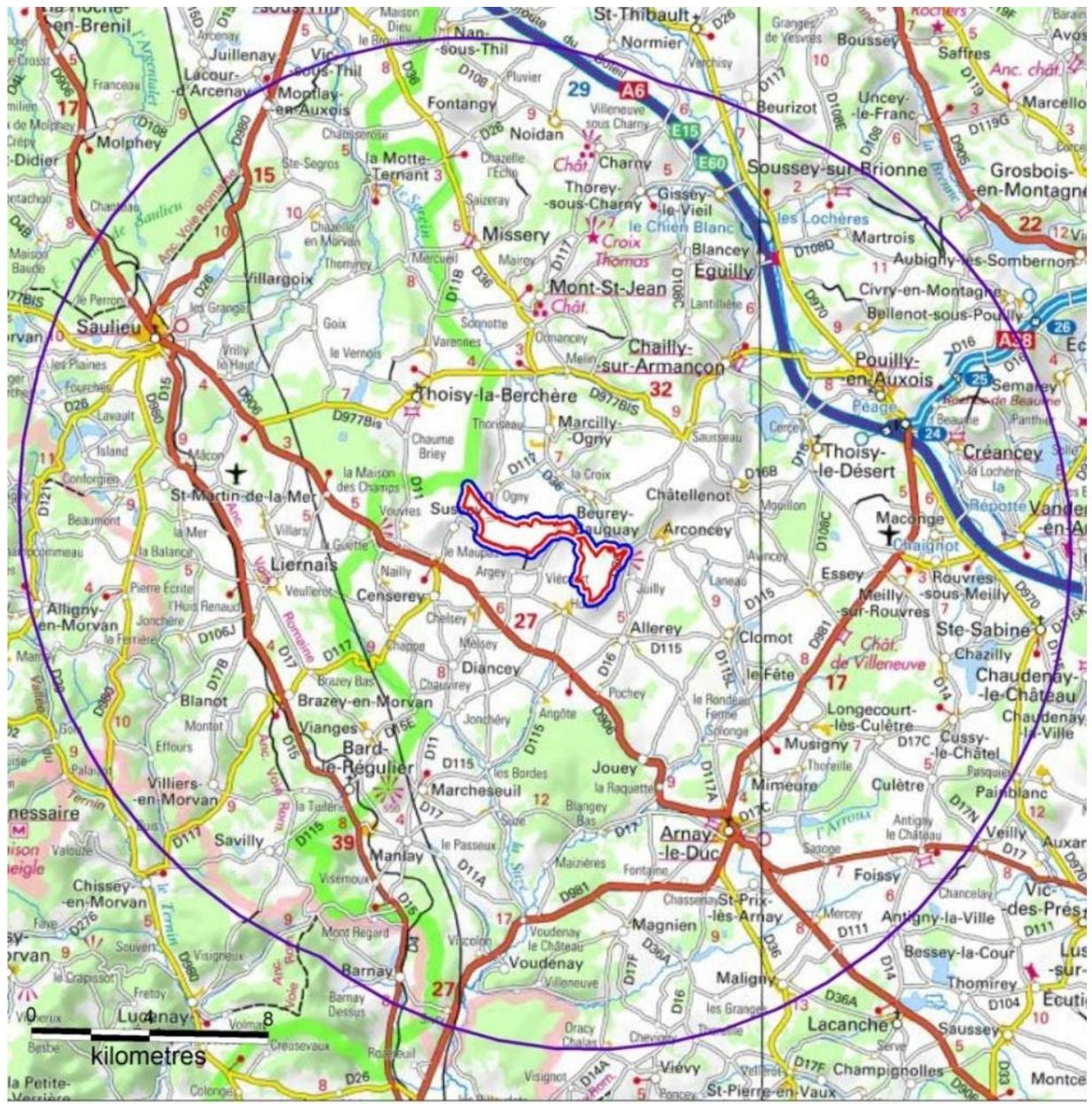
1.1.2.1 Présentation de l'aire d'étude initiale et des techniques employées

1.1.2.1.1 Aires d'étude

Les aires d'étude immédiate et rapprochée sont localisées en France, dans la région Bourgogne-Franche-Comté, dans le département de Côte-d'Or, et s'étendent principalement sur les territoires des communes de Sussey et d'Allerey, et légèrement sur les communes de Beurey-Bauguay et d'Arconcey (cf. Carte ci-après « *Localisation des aires d'étude* »). Les communes de Sussey et d'Allerey appartiennent à la Communauté de Communes du Pays Arnay-Liernais. Les communes de Beurey-Bauguay et d'Arconcey appartiennent à la Communauté de communes de Pouilly-en-Auxois / Bligny-sur-Ouche.

L'aire d'étude rapprochée est située à 45 km au sud-ouest de Dijon et à 41 km au nord-est de Château-Chinon. La Communauté de Communes du Pays Arnay-Liernais est composée de 34 communes et compte 7 089 habitants (INSEE, 2009) répartis sur 473,20 km². La commune de Arnay-le-Duc est le siège de cette intercommunalité. La Communauté de communes de Pouilly-en-Auxois / Bligny-sur-Ouche est composée de 47 communes et compte 8 585 habitants (INSEE, 2009) répartis sur 496,80 km².

A noter que le parc actuel est situé uniquement sur les territoires communaux d'Allerey et d'Arconcey.



N
Fond de carte: Géoportail
Réalisation: Envol environnement

Carte 2 : Localisation des aires d'étude (Envol, 2017)

Légende :

- Aire d'étude immédiate
- Aire d'étude rapprochée
- Aire d'étude éloignée



Les trois aires d'étude fixées dans le cadre de l'étude d'impact ont été définies ainsi :

- **L'aire d'étude immédiate** : ce périmètre correspond au périmètre élargi des secteurs d'implantation des aérogénérateurs. Cette aire inclut la Zone d'Implantation Potentielle du projet (ZIP) qui est définie par l'éloignement de 500 mètres des habitations riveraines ;
- **L'aire d'étude rapprochée** : ce périmètre correspond à un tampon de 200 mètres autour de l'aire d'étude immédiate. C'est dans ce périmètre qu'Envol a mené les prospections naturalistes ;
- **L'aire d'étude éloignée** : ce périmètre est support à une analyse de la fonctionnalité écologique de la zone d'implantation au sein de la dynamique d'un territoire, principalement basée sur des recherches bibliographiques des informations disponibles à partir des zones naturelles d'intérêt reconnu dans un rayon de 15 km autour du projet.

1.1.2.1.2. Etude de l'avifaune

L'expertise avifaune de l'étude d'impact a été réalisée en 2016 et 2017 par Envol Environnement.

Elle a été réalisée sur l'aire d'étude rapprochée.

Toutes les expertises oiseaux ont été réalisées sur cette aire d'étude : la nidification, les migrations et l'hivernage. L'analyse a également pris en compte le contexte paysager dans l'aire d'étude éloignée et les données bibliographiques disponibles concernant l'avifaune sur cette aire d'étude.

En période de migration, **les postes d'observation ont été placés sur les parties les plus élevées du site et en milieu ouvert** pour permettre à l'enquêteur d'avoir une vue d'ensemble de la zone du projet et des oiseaux migrateurs la survolant.. **En période de nidification et hivernale**, la répartition des points d'observation a visé l'étude de l'occupation de chaque type d'habitat par le peuplement avifaunistique, en couvrant le plus largement possible la zone du projet.

- 5 passages ont été affectés au suivi de la **migration prénuptiale** entre début mars et mi-avril 2016 (09/03/2016, 16/03/2016, 23/03/2016, 31/03/2016, 14/04/2016) avec six points d'observation orientés vers le Sud-ouest (1 heure par point) ;
 - Le suivi des **nicheurs** a été réalisé via la mise en place de 4 suivis IPA entre mai et juin (19/05/2016, 8/06/2016, 16/06/2016, 23/06/2016) avec 15 points d'observation (20 minutes par point) ;
 - 7 journées différentes entre août et novembre 2016 ont été au moins partiellement suivies pour la **migration postnuptiale** (23/08/2016, 14/09/2016, 29/09/2016, 11/10/2016, 27/10/2016, 8/11/2016, 15/11/2016) ;
 - 2 passages furent dédiés à l'observation de **l'avifaune hivernante** (27/01/2016 et 16/02/2016) avec seize points d'observation (20 minutes par point) ;
 - 2 passages en mai ont été consacrés à l'observation des **oiseaux nocturnes** (15/05/2017, 22/05/2017) ;
 - 3 passages furent dédiés à l'observation des **rapaces en phase nuptiale** (16/05/2017, 17/05/2017, 23/05/2017).
- L'avifaune en période de reproduction a été recensée en utilisant deux méthodes :
- Les Indices Ponctuels d'Abondance I.P.A. (FROCHOT, 2001). A chaque passage sur site (espacé entre trois et quatre semaines), les relevés IPA ont débuté dès le lever du jour pendant environ 6 heures ;
 - Une recherche qualitative de toutes les espèces présentes sur le site en prenant en compte tous les contacts enregistrés lors du parcours pédestre entre les points d'observation.

Au terme de chaque session d'observation, une attention toute particulière a été portée à l'observation des rapaces. L'étude des busards a donc été réalisée simultanément au protocole IPA et lors des transects de recherche entre les points d'écoute. Pour les autres rapaces (Buse variable, Epervier d'Europe, Milan noir, Milan royal...), un parcours réalisé en fin des sessions IPA, en voiture et à allure réduite sur l'ensemble du site, a permis de compléter notre inventaire des rapaces diurnes présents.

Un protocole spécifique à l'observation des rapaces diurnes a également été mis en place au cours de la période de nidification. Ces inventaires spécifiques ont été réalisés les 16, 18 et 23 mai 2017. A chaque visite sur site, le protocole d'observation s'est traduit par le suivi de 6 points d'observation de 30 minutes ainsi que de 5 transects réalisés en voiture à faible allure.

→ En période de migration pré et postnuptiale

En période migratoire, six points d'observation orientés vers le sud-ouest ont été fixés. Aussi, des transects réalisés à travers l'aire d'étude (en fin de session) et entre les points d'observation ont permis de compléter l'inventaire avifaunistique et d'identifier les éventuels regroupements prénuptiaux en stationnement sur le site.

→ En période d'hivernage

En phase hivernale, seize points d'observation (vingt minutes par point) ont été fixés dans l'aire d'étude de façon à effectuer des inventaires dans chaque habitat naturel identifié dans l'aire d'étude.

La bibliographie révèle que le projet n'est pas concerné par l'axe de migration de la Grue cendrée qui passe à l'Ouest du site. Par contre, l'aire d'étude est localisée dans une entité paysagère définie par un enjeu ornithologique moyen, en limite d'une zone à enjeux forts. En effet, celle-ci est située dans l'Auxois en Côte-d'Or, région très attractive pour des espèces patrimoniales comme le Milan royal ou encore la Pie-grièche à tête rousse. Ces deux espèces font l'objet d'un Plan National d'Action, décliné en Plan Régional d'Action.

1.1.2.1.3. Etude des chiroptères

L'évaluation globale de l'importance chiroptérologique du territoire étudié est le résultat de l'association de méthodes de suivi complémentaires prenant en compte la présence de gîtes d'importance, l'activité de transit et de chasse sur chaque milieu représenté, l'activité migratoire en altitude et la diversité spécifique sur la zone du projet.

→ Recherche des gîtes favorables aux chiroptères (estivage et hibernation)

Sur fond cartographique, le bureau d'étude a déterminé les sites pouvant être utilisés comme gîte d'estivage dans un rayon de deux kilomètres par rapport à l'aire d'étude immédiate. Un travail d'investigation a été mené auprès des habitants et directement dans les structures susceptibles d'accueillir des colonies de chauves-souris.

Pour les gîtes d'hibernation, une journée a été consacrée à la recherche de gîtes d'hibernation dans un rayon de 2 kilomètres autour de l'aire d'étude immédiate du projet.

La journée de recherche des gîtes d'hibernation s'est déroulée le 25 février 2016. Les missions réalisées durant cette investigation ont été les suivantes :

- La visite minutieuse de l'ensemble des infrastructures potentielles à l'hibernation des chiroptères (caves, grottes, anciennes carrières, blockhaus, bâtiments abandonnés, églises...) dans un rayon de 2 kilomètres autour de l'aire d'étude immédiate du projet ;
- La visite des cavités recensées par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières ;
- La détermination spécifique, le comptage et la localisation précise (cartographies) des colonies et des individus inventoriés ainsi que des sites visités ;
- La recherche d'indices d'une présence estivale (guano, restes d'insectes...).

Un travail d'investigation a été mené auprès des habitants et directement dans les structures susceptibles d'accueillir des colonies.

→ Estimation de la richesse spécifique et de l'activité.

Les prospections ont couvert la phase des transits printaniers, la période de mise-bas et la phase des transits automnaux :

Recherche au sol

- **Objectif** : Effectuer des écoutes ultrasoniques dans chaque habitat naturel identifié dans l'aire d'étude rapprochée pour déterminer l'utilisation du territoire par les chauves-souris et qualifier avec précision (logiciel Batsound) la diversité du peuplement chiroptérologique. L'évaluation quantitative de l'activité chiroptérologique est également visée par un comptage du nombre de contacts entendus à chaque point d'écoute.
- **Protocole** : Treize points d'écoute de 10 minutes ont été fixés dans l'aire d'étude. Les points ont été positionnés de façon à effectuer des relevés ultrasoniques dans chaque milieu naturel. Les résultats obtenus conduiront à une analyse exhaustive de l'utilisation du territoire par les chauves-souris. Le comptage du nombre de contacts par point d'écoute et l'emploi du détecteur ultrasonique Pettersson D240X à expansion de temps (couplé à une analyse des émissions par l'utilisation du logiciel Batsound) ont permis de conclure sur la répartition quantitative et qualitative de la population de chauves-souris dans l'aire d'étude.

Protocole d'écoute en continu sur le mât de mesure de vent

- **Objectif** : Effectuer des écoutes en continu entre mars 2016 et novembre 2016. Ce protocole poursuit un double objectif : 1- Approfondir l'exhaustivité des relevés quantitatifs et qualitatifs par détection manuelle et appuyer nos conclusions sur les enjeux chiroptérologiques associés à l'un des habitats les mieux représentés dans l'aire d'étude immédiate, à savoir les milieux ouverts agricoles. 2- Comparer les indices d'activités des chiroptères au sol et en hauteur au niveau du mât de mesure de vent.
- **Protocole d'expertise** : En mars 2016, un détecteur SM2Bat+ programmé en mode stéréo (deux microphones) a été positionné sur le mât de mesure de vent, situé en plein champ. Un premier microphone a été placé à 5 mètres de hauteur afin d'enregistrer l'activité des chiroptères au niveau du sol et un second a été positionné à 50 mètres de hauteur, au bout d'un bras déporté afin d'enregistrer l'activité des chiroptères à hauteur de pale.

- **Analyse des enregistrements** : Le logiciel Sonochiro, créé par le bureau d'études Biotope permet l'identification automatique des détections acoustiques enregistrées par le SM2Bat+. Utilisant la méthode des algorithmes, le logiciel est capable d'analyser les paramètres des signaux émis par les chauves-souris. Différents paramètres sont analysés (durée du signal, puissance maximale du signal, fréquence terminale du signal, amplitude du signal, durée entre deux signaux successifs...) puis comparés à la base de données. Cette base de données permet ainsi la discrimination de la plupart des espèces ou groupes d'espèces.

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

1.1.2.2.1. Migration prénuptiale

Comme en période hivernale, il est constaté que l'espèce observée marquée par le niveau de patrimonialité le plus élevé est le Milan royal. Onze individus du rapace ont été observés au cours d'un seul passage d'investigation (le 09 mars 2016). La grande majorité des observations a correspondu à des individus en migration. Seuls trois individus ont été observés en chasse à l'extrémité est de la zone ouest. Trois autres individus ont également été observés à proximité immédiate du site, mais en dehors de la zone d'étude rapprochée.

Seule une zone restreinte de l'aire d'étude semble correspondre à un territoire de chasse très occasionnel du Milan royal en période des migrations prénuptiales tandis que la moitié est de la zone d'implantation ouest est survolée par le rapace en migration.

L'Alouette lulu, est bien représentée en période prénuptiale. Au total, 46 individus ont été observés en halte sur l'ensemble du site au niveau des haies ou des boisements ou en vol local, le plus souvent réalisé à faible hauteur. Un seul spécimen de l'Alouette lulu a été directement observé en migration active. En période des migrations prénuptiales, les haies et boisements du site font **fonction de zones de stationnement** pour ces passereaux.

Concernant le **Busard Saint-Martin**, celui-ci a été vu à cinq reprises dans l'aire d'étude rapprochée. Quatre contacts du rapace ont correspondu à des oiseaux en chasse à faible hauteur au-dessus des champs, bien répartis sur la totalité de la zone d'étude, ce qui traduit les **fonctions de nourrissage des zones ouvertes de l'aire d'étude** pour le Busard Saint-Martin. Seul un spécimen a été observé en survol migratoire de la zone du projet à hauteur inférieure à 30 mètres. Un **niveau de patrimonialité fort** est défini pour l'espèce.

La **Grue cendrée** est aussi marquée par un **niveau de patrimonialité fort**. Un total de seize individus a été observé au cours d'un seul passage, **en migration** entre 30 et 150 mètres d'altitude. Le groupe a été observé dans la zone est du site. Cette espèce est inscrite à l'annexe I de la Directive Oiseaux et est en danger critique en tant que nicheuse en France. Pour autant, la probabilité qu'il s'agisse d'individus nicheurs en France est très faible.

Le **niveau de patrimonialité fort** défini pour le **Milan noir** s'appuie sur son inscription à l'annexe I de la Directive Oiseaux. Onze individus ont été contactés, en vol à plus ou moins haute altitude sur l'ensemble de la zone. La grande majorité des individus a été observée en **migration active**. Seul un individu a été contacté en chasse au sein de l'aire d'étude. Deux autres spécimens ont également été observés en vol en dehors de l'aire d'étude rapprochée. Il est constaté que l'aire d'étude ne constitue pas un territoire de chasse privilégié pour le Milan noir mais se trouve sur un **couloir de migration secondaire**.

27 individus du **Pipit farlouse** ont été observés en vol dans l'aire d'étude, pour la grande majorité en migration. Un **niveau de patrimonialité modéré** est défini pour le Pipit farlouse dont les populations nicheuses sont vulnérables en France.

Le **Gobemouche gris** (deux individus) et la **Linotte mélodieuse** (79 contacts) sont marqués par un **niveau de patrimonialité modéré** en raison de leur statut de nicheur vulnérable en France. Le Gobemouche gris n'a été rencontré que dans la partie Nord-ouest du site au niveau d'un boisement alors que la Linotte utilise la totalité de l'aire rapprochée, que ce soit pour stationner ou pour se déplacer localement, la plupart du temps à faible hauteur.

Un **niveau de patrimonialité faible à modéré** est défini pour le **Bruant proyer** (37 individus), le **Bruant jaune** (66 individus) et la **Fauvette grisette** (cinq contacts) dont les populations nicheuses sont quasi-menacées en France. Les bruants sont fréquemment rencontrés sur l'ensemble du site, majoritairement au niveau des haies et bosquets qui ponctuent le territoire. La Fauvette grisette est répartie sur l'ensemble du site au niveau des haies.

1.1.2.2.2. Migration postnuptiale

On compte **treize espèces patrimoniales** sur le site en période des migrations postnuptiales. L'une d'elle présente un **niveau de patrimonialité très fort**, à savoir le **Milan royal** qui est inscrit à l'annexe I de la Directive Oiseaux et demeure vulnérable en France. Le rapace a été vu à 21 reprises dans l'aire d'étude rapprochée à cette période, ce qui témoigne de la bonne fréquentation du secteur par le rapace. A cette période, on note que la très forte majorité des contacts du rapace s'est rapportée à des vols de chasse le long des pentes et dans les vallées adjacentes à la zone d'implantation du projet. En définitive, les fonctionnalités de l'aire d'implantation du projet demeurent relativement faibles pour le Milan royal en automne.

Cinq espèces observées en phase des migrations postnuptiales présentent un niveau de patrimonialité fort. Il s'agit de l'Alouette lulu, du Busard des roseaux, du Busard Saint-Martin, du Faucon émerillon et de la Pie-grièche écorcheur. Ces espèces sont inscrites à l'annexe I de la Directive Oiseaux. La quasi-totalité des contacts de l'Alouette lulu s'est référée à des survols migratoires de la zone d'étude (six individus sur les sept recensés). Seul un individu du Busard des roseaux a été observé, en vol de chasse à faible altitude au-dessus des champs ouverts de la partie ouest de l'aire d'étude rapprochée. Concernant le Busard Saint-Martin, tous les contacts (cinq) ont correspondu à des vols de nourrissage à faible hauteur au-dessus des espaces cultivés. En outre, il a été observé la présence observée d'un Faucon émerillon, en halte dans une haie de l'aire d'étude rapprochée. Par rapport à la Pie-grièche écorcheur, un seul spécimen du passereau a été observé, le 23 août 2016 dans une haie de la partie Est de l'aire d'étude rapprochée.

On retrouve ensuite **deux espèces spécifiées par un niveau de patrimonialité modéré** car vulnérables en France : la Linotte mélodieuse et le Pipit farlouse.

Cinq espèces sont marquées par un niveau de patrimonialité faible à modéré : le Bruant jaune, le Bruant proyer, la Fauvette grisette, le Pouillot fitis et le Traquet motteux. Les populations nicheuses de ces oiseaux sont quasi-menacées en France.

1.1.2.2.3. Avifaune hivernante

Les deux passages réalisés en période hivernale ont permis d'inventorier 31 espèces d'oiseaux parmi lesquelles six sont jugées d'intérêt patrimonial.

L'espèce pour laquelle est défini le niveau de patrimonialité le plus fort est le Milan royal. Le rapace est inscrit à l'annexe I de la Directive Oiseaux et demeure un nicheur et hivernant vulnérable en France. Six individus ont été observés dans l'aire d'étude rapprochée en chasse, correspondant probablement à des populations hivernantes dans la région. La majeure partie des individus a été observée dans la partie est de l'aire d'étude rapprochée qui correspond à une aire de chasse du Milan royal. La partie ouest de l'aire d'étude a été peu utilisée par le rapace.

Un niveau de patrimonialité fort est attribué au Busard Saint-Martin, espèce qui est inscrite à l'annexe I de la Directive Oiseaux mais dont les populations nicheuses ne sont pas menacées en France. Deux individus du rapace ont été inventoriés en hiver. La totalité des observations a été réalisée dans la partie Est du site et a correspondu à des vols de chasse à faible hauteur, au-dessus des espaces ouverts. La zone du projet fait donc fonction de territoire de chasse en hiver.

Un niveau de patrimonialité modéré est attribué à la Linotte mélodieuse (124 contacts) **et au Pipit farlouse** (seize contacts). Bien que ces espèces ne soient nullement soumises à un statut hivernant défavorable, les populations nicheuses de ces oiseaux sont vulnérables en France et qu'une partie de ces populations demeure sédentaire. Autrement dit, il est possible que les individus de la Linotte mélodieuse ou du Pipit farlouse vus dans l'aire d'étude en période hivernale appartiennent à des populations nicheuses vulnérables. L'observation de la Linotte mélodieuse correspond principalement à un groupe de 120 individus vu en stationnement dans la partie Sud-ouest du site. Le Pipit farlouse a principalement été observé au Sud de la partie Ouest de la zone d'étude, en vol local à des altitudes inférieures à 30 mètres.

Un niveau de patrimonialité faible à modéré est défini pour le Bruant proyer et le Bruant jaune qui sont nicheurs quasi-menacés en France sachant qu'il s'agit d'oiseaux migrants partiels au niveau national. Seuls deux individus de Bruant proyer ont été observés au niveau d'une haie à l'Ouest de la zone Ouest d'implantation tandis que le Bruant jaune (33 contacts) a principalement été observé en stationnement dans les haies de l'aire d'étude rapprochée.

1.1.2.2.4. Avifaune nicheuse

Les espèces observées marquées par un niveau d'**enjeu fort** sont l'Alouette lulu, le Bruant jaune, la Linotte mélodieuse et le Milan royal.

Les espèces observées dans l'aire d'étude rapprochée pour lesquelles un niveau d'**enjeu modéré** a été attribué sont l'Alouette des champs, le Bruant proyer, le Busard des roseaux, la Fauvette à tête noire, la Fauvette grisette, la Pie-grièche écorcheur, le Pinson des arbres, le Pipit farlouse, la Rousserolle verderolle et la Tourterelle des bois.

Pour la très grande majorité des espèces recensées, il a été jugé que l'enjeu était faible à très faible, même pour les quelques espèces d'intérêt patrimonial observées comme le Bouvreuil pivoine ou le Busard Saint-Martin. Le niveau d'enjeu non significatif attribué à ces espèces s'appuie surtout sur les effectifs enregistrés très réduits de ces populations dans l'aire d'étude et/ou sur les statuts de conservation non défavorables en France et/ou en région.

Nom vernaculaire	Statuts de protection et de conservation				Scores d'effectifs				Potentialité de repro.	Enjeux			
	Directive "Oiseaux"	Liste Rouge France	Bourgogne	Statut juridique français	Hiver	Prénup.	Nup.	Postnup.		Hiver	Prénup.	Nup.	Postnup.
Accenteur mouchet	0	0	0	2	0	2	2	1	2	0	4	6	3
Alouette des champs	0	0	2	0	4	7	6	8	2	4	7	10	8
Alouette lulu	4	0	4	2	0	5	4	2	3	0	11	17	8
Bergeronnette grise	0	0	0	2	0	4	1	2	3	0	6	6	4
Bergeronnette printanière	0	0	0	2	0	1	2	4	2	0	3	6	6
Bouvreuil pivoine	0	4	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	7
Bruant des roseaux	0	0	4	2	0	1	0	0	0	0	3	0	0
Bruant jaune	0	2	4	2	4	6	6	4	3	8	10	17	8
Bruant proyer	0	2	0	2	1	4	6	6	2	5	8	12	10
Bruant zizi	0	0	0	2	0	1	1	0	3	0	3	6	0
Busard des roseaux	4	4	8	2	0	0	0	1	0	0	0	0	11
Busard Saint-Martin	4	0	4	2	1	2	0	2	0	7	8	0	8
Buse variable	0	0	0	2	5	5	3	6	2	7	7	7	8
Chardonneret élégant	0	0	4	2	0	2	1	2	0	0	4	7	4
Chevêche d'Athéna	0	0	0	2	0	0	1	0	1			4	
Choucas des tours	0	0	0	2	6	1	2	5	1	8	3	5	7
Chouette hulotte	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	3	0
Corbeau freux	0	0	0	0	4	4	4	7	0	4	4	4	7
Corneille noire	0	0	0	0	6	7	6	7	2	6	7	8	7

Nom vernaculaire	Statuts de protection et de conservation				Scores d'effectifs				Potentialité de repro.	Enjeux			
	Directive "Oiseaux"	Liste Rouge France	Bourgogne	Statut juridique français	Hiver	Prénup.	Nup.	Postnup.		Hiver	Prénup.	Nup.	Postnup.
Coucou gris	0	0	0	2	0	1	2	0	2	0	3	6	0
Epervier d'Europe	0	0	0	2	0	1	1	1	0	0	3	3	3
Etourneau sansonnet	0	0	0	0	7	8	6	8	3	7	8	9	8
Faisan de Colchide	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0
Faucon crécerelle	0	0	0	2	2	2	2	4	0	4	4	4	6
Faucon émerillon	4	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	7
Fauvette à tête noire	0	0	0	2	0	4	6	2	2	0	6	10	4
Fauvette babillarde	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	4	0
Fauvette des jardins	0	0	2	2	0	0	1	0	2	0	0	7	0
Fauvette grisette	0	2	0	2	0	2	4	1	2	0	6	10	5
Geai des chênes	0	0	0	0	1	2	2	4	2	1	2	4	4
Gobemouche gris	0	4	0	2	0	1	0	0	0	0	7	0	0
Grand Corbeau	0	0	0	2	2	0	0	0	0	4	0	0	0
Grand Cormoran	0	0	4	2	0	4	0	1	0	0	6	0	3
Grande aigrette	4	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	9
Grimpereau des jardins	0	0	0	2	1	1	1	1	1	3	3	4	3
Grive draine	0	0	0	0	2	1	2	1	3	2	1	5	1
Grive litorne	0	0	6	0	5	6	0	7	0	5	6	0	7
Grive mauvis	0	0	0	0	0	4	0	5	0	0	4	0	5
Grive musicienne	0	0	0	0	0	7	4	4	2	0	7	6	4
Grive sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0

Nom vernaculaire	Statuts de protection et de conservation				Scores d'effectifs				Potentialité de repro.	Enjeux			
	Directive "Oiseaux"	Liste Rouge France	Bourgogne	Statut juridique français	Hiver	Prénup.	Nup.	Postnup.		Hiver	Prénup.	Nup.	Postnup.
Grosbec casse-noyaux	0	0	0	2	2	2	4	0	3	4	4	9	0
Grue cendrée	4	8	0	2	0	3	0	0	0	0	17	0	0
Héron cendré	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	3	0	0
Hibou moyen-duc	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	3	0
Hirondelle de fenêtre	0	0	2	2	0	0	0	6	0	0	0	0	8
Hirondelle rustique	0	0	4	2	0	2	2	7	0	0	4	8	9
Huppe fasciée	0	0	0	2	0	1	2	1	2	0	3	6	3
Hypolaïs polyglotte	0	0	0	2	0	1	2	0	2	0	3	6	0
Linotte mélodieuse	0	4	0	2	7	6	6	9	2	13	12	14	15
Loriot d'Europe	0	0	0	2	0	0	1	0	2	0	0	5	0
Martinet noir	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	4	0
Merle noir	0	0	0	0	3	5	6	5	3	3	5	9	5
Mésange à longue queue	0	0	2	2	0	1	0	4	0	0	3	0	6
Mésange bleue	0	0	0	2	1	4	2	4	2	3	6	6	6
Mésange charbonnière	0	0	0	2	2	4	1	3	2	4	6	5	5
Mésange nonnette	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	4	0
Milan noir	4	0	0	2	0	2	2	0	1	0	8	9	0
Milan royal	4	4	6	2	2	2	1	4	0	12	12	17	14
Moineau domestique	0	0	0	2	0	1	2	0	1	0	3	5	0
Mouette rieuse	0	0	6	2	0	1	0	0	0	0	3	0	0
Perdrix rouge	0	0	0	0	0	0	2	1	2	0	0	4	1

Nom vernaculaire	Statuts de protection et de conservation				Scores d'effectifs				Potentialité de repro.	Enjeux			
	Directive "Oiseaux"	Liste Rouge France	Bourgogne	Statut juridique français	Hiver	Prénup.	Nup.	Postnup.		Hiver	Prénup.	Nup.	Postnup.
Pic épeiche	0	0	0	2	1	1	1	1	2	3	3	5	3
Pic vert	0	0	0	2	1	2	1	1	2	3	4	5	3
Pic sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0
Pie bavarde	0	0	0	0	1	2	1	1	2	1	2	3	1
Pie-grièche à tête rousse	0	2	2	2	0	0	1	0	1	0	0	8	0
Pie-grièche écorcheur	4	0	0	2	0	0	5	1	3	0	0	14	7
Pigeon biset domestique	0	0	0	0	0	1	0	5	0	0	1	0	5
Pigeon colombin	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Pigeon ramier	0	0	0	0	4	8	4	8	2	4	8	6	8
Pinson des arbres	0	0	0	2	6	9	5	9	2	8	11	9	11
Pinson du Nord	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0	3	0	3
Pipit des arbres	0	0	0	2	0	0	1	5	1	0	0	4	7
Pipit farlouse	0	4	4	2	3	4	1	6	0	9	10	11	12
Pouillot fitis	0	2	2	2	0	0	1	1	1	0	0	8	5
Pouillot véloce	0	0	0	2	0	2	4	4	2	0	4	8	6
Roitelet huppé	0	0	0	2	1	1	0	0	0	3	3	0	0
Rossignol philomèle	0	0	0	2	0	2	2	0	2	0	4	6	0
Rougegorge familier	0	0	0	2	2	2	2	4	2	4	4	6	6
Rougequeue noir	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0	3	0	3
Rousserolle verderolle	0	0	8	2	0	0	1	0	1	0	0	12	0
Sittelle torchepot	0	0	0	2	1	1	0	0	0	3	3	0	0

Nom vernaculaire	Statuts de protection et de conservation				Scores d'effectifs				Potentialité de repro.	Enjeux			
	Directive "Oiseaux"	Liste Rouge France	Bourgogne	Statut juridique français	Hiver	Prénup.	Nup.	Postnup.		Hiver	Prénup.	Nup.	Postnup.
Tarier des prés	0	4	4	2	0	0	0	1	0	0	0	0	7
Tarier pâtre	0	0	0	2	0	2	3	2	3	0	4	8	4
Torcol fourmilier	0	2	0	2	0	0	2	0	2	0	0	8	0
Tourterelle des bois	0	0	4	0	0	0	4	1	2	0	0	10	1
Traquet motteux	0	2	0	0	0	0	1	2	1	0	0	4	4
Troglodyte mignon	0	0	0	2	1	3	4	2	2	3	5	8	4
Vanneau huppé	0	0	6	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6
Verdier d'Europe	0	0	0	2	0	1	1	2	3	0	3	6	4

En gras, les espèces patrimoniales

Figure 1 : Tableau d'évaluation des enjeux ornithologiques (Envol, 2016, 2017)

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

L'étude d'impact a été réalisée par le bureau d'étude Envol en 2016. Les inventaires chiroptérologiques ont été effectués au sol et en altitude, permettant d'identifier les espèces présentes ainsi que leur niveau d'activité.

1.1.2.3.1. Etude au sol

Treize points d'écoute de dix minutes ont été fixés dans l'aire d'étude. Ils ont été parcourus en début de nuit à raison de deux passages au printemps, quatre en été et trois en automne. Les points ont été positionnés de façon à effectuer des relevés ultrasoniques dans chaque milieu naturel : champs, cours d'eau, lisières et allées boisées. Le comptage du nombre de contacts par point d'écoute et l'emploi du détecteur ultrasonique Pettersson D240X à expansion de temps (couplé à une analyse des émissions par l'utilisation du logiciel Batsound) permettront de conclure sur la répartition quantitative et qualitative de la population de chauves-souris dans l'aire d'étude.

→ Transit printanier :

En période des transits printaniers, il est constaté que l'espèce numériquement la mieux représentée sur le site est la Pipistrelle commune. Plus des trois quarts des contacts enregistrés se sont rapportés à cette espèce, très commune et très répandue en France et dans la région Bourgogne. Son activité est très forte sur le site du projet durant la période de transit printanier. La seconde espèce la plus contactée est la Pipistrelle de Kuhl. A l'inverse, le Grand Murin et l'Oreillard roux ont été peu détectés dans l'aire d'étude.

→ Mise-bas :

En période de mise-bas, il est constaté que l'espèce numériquement la mieux représentée sur le site est la Sérotine commune. Près des deux tiers des contacts enregistrés se sont rapportés à cette espèce, assez commune et répandue en France et dans la région Bourgogne. Son activité est très forte sur le site du projet durant la période de mise-bas. Le second type d'espèce le plus couramment contacté est la Pipistrelle commune avec un peu plus de 17% de l'activité totale enregistrée. On retrouve ensuite la Pipistrelle de Nathusius avec un peu moins de 13% de l'activité totale. Les autres espèces de chiroptères contactées dans l'aire d'étude rapprochée présentent quant à elles une activité bien plus modeste.

→ Transits automnaux :

En période des transits automnaux, il est constaté que l'espèce numériquement la mieux représentée sur le site est la Pipistrelle commune. En effet, plus de 78% des contacts enregistrés se sont rapportés à cette espèce, commune et répandue en France et dans la région Bourgogne. On retrouve ensuite la Sérotine commune avec 12,50% des contacts enregistrés au cours de la phase des transits automnaux. Les autres espèces détectées ont présenté des proportions nettement plus modestes, de 0,96 à 1,92% des contacts.

Espèces	Saisons						Statuts de protection et de conservation 1				Directive Habitats
	Transits printemps		Mise-bas		Transits automnaux		Liste Rouge France	Liste Rouge Europe	Liste Rouge Monde	Liste Rouge région	
	Contacts	Contacts/h	Contacts	Contacts/h	Contacts	Contacts/h					
Barbastelle d'Europe					2	0,308	LC	VU	NT	R	II
Grand Murin	2	0,462			2	0,308	LC	LC	LC	D	II
Murin de Natterer			1	0,115	1	0,154	LC	LC	LC	R	IV
Murin sp.	5	1,155	3	0,346	2	0,308					
Noctule sp.			1	0,115							
Oreillard gris			6	0,693	1	0,154	LC	LC	LC	I	IV
Oreillard roux	2	0,462					LC	LC	LC	I	IV
Oreillard sp.			6	0,693			LC	LC	LC	I	IV
Pipistrelle commune	157	36,259	83	9,584	82	12,615	LC	LC	LC	S	IV
Pipistrelle commune/Nathusius			7	0,808			LC	LC	LC	S/R	IV
Pipistrelle de Kuhl	23	5,312	2	0,231	1	0,154	LC	LC	LC	S	IV

Espèces	Saisons						Statuts de protection et de conservation 1				Directive Habitats
	Transits printemps		Mise-bas		Transits automnaux		Liste Rouge France	Liste Rouge Europe	Liste Rouge Monde	Liste Rouge région	
	Contacts	Contacts/h	Contacts	Contacts/h	Contacts	Contacts/h					
Pipistrelle de Nathusius			60	6,928			NT	LC	LC	R	IV
Pipistrelle pygmée			1	0,115			LC	LC	LC	I	IV
Sérotine commune			299	34,527	13	2,000	LC	LC	LC	I	IV
Total Général	189	43,65	469	54,16	104	16,00					
Nombre d'espèces	4		7		7						

Figure 2 : Inventaire des espèces contactées (nombre de contacts, tous points d'écoute confondus dans l'aire d'étude) (Envol, 2016)

1.1.2.3.2. Ecoute en altitude

L'objectif est d'effectuer des écoutes en continu entre mars 2016 et novembre 2016.

Cette partie présente les résultats des écoutes ultrasonores en continu réalisées par le détecteur SM2Bat+ sur le mât de mesures entre 16 mars et le 8 novembre 2016. La durée d'écoute totale a été de 235 nuits, équivalent à 2 180 heures d'enregistrement. En mars 2016, un détecteur SM2Bat+ programmé en mode stéréo (deux microphones) a été positionné sur le mât de mesure de vent, situé en plein champ. Un premier microphone a été placé à 5 mètres de hauteur afin d'enregistrer l'activité des chiroptères au niveau du sol et un second a été positionné à 50 mètres de hauteur, au bout d'un bras déporté afin d'enregistrer l'activité des chiroptères à hauteur de pale. Les contacts sont identifiés sur la base de l'indice de confiance indiqué par le logiciel de prétraitement.

L'analyse chiroptérologique sur mât de mesure avec un micro bas (à 5 mètres) et un micro haut (à 50 mètres) a permis d'inventorier 18 espèces de chiroptères sur les 23 présentes en région Bourgogne. Neuf de ces espèces présentent un statut de conservation défavorable, dont le Grand Murin et la Noctule de Leisler qui sont les plus couramment détectés. Sur l'ensemble des espèces contactées, la plus abondante est la Pipistrelle commune avec un total de 886 contacts, ce qui représente toutefois un niveau d'activité faible au regard de la durée d'échantillonnage. La majorité des espèces inventoriées par ce protocole présente un niveau d'activité jugé anecdotique. Globalement, le micro bas a enregistré un nombre beaucoup plus important de contacts et d'espèces. Seuls 116 contacts, attribués à cinq espèces, ont été enregistrés en altitude. La période spécifiée par la plus forte activité est la mise-bas avec 1,06 contact/heure corrigé en bas et 0,12 contact/heure corrigé en altitude. En termes de répartition de l'activité, on constate une activité supérieure en début de nuit qui décroît progressivement jusqu'au lever du jour.

Espèces	Saisons											
	Transits printaniers				Mise-bas				Transits automnaux			
	Micro bas		Micro haut		Micro bas		Micro haut		Micro bas		Micro haut	
	Contact	Contact/h corrigés	Contact	Contact/h corrigés	Contact	Contact/h corrigés	Contact	Contact/h corrigés	Contact	Contact/h corrigés	Contact	Contact/h corrigés
Barbastelle d'Europe	3	0,006			1	0,004			7	0,013		
Grand murin	9	0,014			37	0,108			70	0,095		
Murin à moustaches									1	0,003		
Grand Murin/Murin à moustaches									1	0,002		
Murin à oreilles échancrées					2	0,012			1	0,003		
Murin d'Alcathoé					12	0,070	1	0,006	9	0,024		
Murin de Bechstein					3	0,012			2	0,004		
Murin de Brandt	1	0,003										
Murin de Daubenton	3	0,006			3	0,012			4	0,007		
Murin de Natterer	1	0,002							7	0,013		
Murin sp.	42	0,081	16	0,031	37	0,137	8	0,030	192	0,330	3	0,005
Noctule commune	2	0,001			2	0,001						
Noctule de Leisler	73	0,027			26	0,019			33	0,011		
Noctule sp.	1	0,000										
Oreillard gris					7	0,010			22	0,015		
Oreillard roux									2	0,001		
Oreillard sp.					2	0,003			4	0,003		
Pipistrelle commune	391	0,393	19	0,019	241	0,466	33	0,064	184	0,165	18	0,016
Pipistrelle de Kuhl	27	0,027	4	0,004	39	0,075	8	0,015	51	0,046	3	0,003
Pipistrelle de Nathusius	10	0,010			3	0,006	1	0,002	38	0,034		
Pipistrelle pygmée									1	0,001		
Sérotine commune	11	0,008			89	0,131	1	0,001	45	0,031	1	0,001
Total général	574	0,58	39	0,05	504	1,06	52	0,12	674	0,80	25	0,02
Nombre d'espèces	11		3		13		5		16		3	

Figure 3 : Inventaire complet des espèces contactées par le SM2Bat+ par saison d'échantillonnage. (Envol 2016)

1.1.3 Rappel du suivi post-implantation de 2023 (Biotope)

Avant l'année 2024, un suivi de la mortalité et un suivi de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères ont été réalisés au niveau du parc d'Allerey en 2023.

Le suivi mortalité avait été conduit sous les 5 éoliennes qui composent le parc, entre le 16 mai et le 24 octobre 2023 à raison d'un passage par semaine (soit un total de 24 passages). Pour prendre en compte les biais influençant l'estimation de la mortalité réelle sur le parc pour cette période, deux tests d'efficacité et deux tests de persistance ont été réalisés au cours du suivi. Ces derniers ont été conduits en accord avec le protocole national. Ce suivi a permis de recenser 19 cadavres dont 11 d'oiseaux. Parmi les espèces les plus remarquables, il est possible de citer une Alouette lulu, une Pie-grièche écorcheur et un Milan royal (découverte d'une plumée). Pour les chiroptères, la présence d'une Noctule commune est également importante pour les conclusions du suivi. En utilisant les formules imposées par le protocole national, la mortalité la plus probable a été estimée pour l'ensemble du parc et sur la période de suivi. Elle s'élevait à environ 270 cadavres de chiroptères et 304 cadavres d'oiseaux (formule de Huso).

En parallèle du suivi de la mortalité, un suivi de l'activité des chiroptères a été conduit du 9 mars au 1er novembre 2023 (soit 237 nuits exploitables) à 100 m d'altitude, en nacelle de l'éolienne E3. Les enregistrements ont permis l'identification de 7 espèces. Cette étude a permis de montrer que sur la période d'enregistrement, l'activité en altitude observée pouvait être considérée comme **très forte** quelle que soit la saison au regard du référentiel Actichiro Altitude. D'après ces enregistrements, la Noctule de Leisler dominait le peuplement chiroptérologique (62 % des minutes positives enregistrées) suivie de la Pipistrelle commune et de la Noctule commune. C'est bien la Noctule de Leisler, active toute l'année, qui dominait également les données du suivi mortalité.

C'est sur la base du croisement des données d'activité des chiroptères et des données météorologiques enregistrées en nacelle de l'éolienne E3 que les paramètres de bridage ont été révisés, afin de couvrir davantage les risques de mortalité des chiroptères.

Associées aux statuts de conservations défavorables de certaines des espèces impactées, les estimés de mortalité permettent de conclure à un impact significatif du parc sur l'avifaune et les chiroptères en 2023. Des mesures correctives ont alors été amorcées :

- Concernant le Milan royal, un système d'asservissement du 1er septembre au 30 novembre (postnuptial) – à compléter, si nécessaire, du 1er février au 31 mai (prénuptial) – aurait permis de réduire le risque de collision sur cette espèce. Le renforcement du bridage agricole (déjà en place au démarrage de l'exploitation) et du contrôle de ce dernier paraissait aussi permettre d'abaisser les risques de mortalité sur cette espèce ;
- Concernant les chiroptères, le bridage alors en place a été ré-évalué afin de renforcer les taux de couverture des espèces :

Période	Du 15 avril au 31 juillet	Du 1 ^{er} août au 20 octobre
Eoliennes concernées	Toutes les turbines	Toutes les turbines
Vitesse de vent nacelle (m/s)	≤ 6 m/s	≤ 6 m/s
Température ambiante nacelle (°C)	≥ 10°C	≥ 10°C
Période de la nuit pour les éoliennes concernées	Au coucher du soleil et pendant les 8 premières heures de la nuit	Du coucher au lever du soleil
Conditions de précipitations préconisées	≤ 0,2 mm/h	≤ 0,2 mm/h

C'est bien ce bridage qui a été mis en place au cours du suivi réalisé sur l'année 2024. Son efficacité a donc été testée et les conclusions sont données en fin du présent rapport.

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 II.

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 III, Figure 76). Pour le nombre d'éoliennes à surveiller, il 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 : $8 + (\text{nombre d'éoliennes} - 8) / 2$.

Dans le cadre du suivi de mortalité réalisé sur le parc d'Allerey en 2024, 48 passages ont été réalisés du 13 mai au 24 octobre 2023 (S20 à S43) et les cinq éoliennes du parc ont été suivies. En effet, le premier test de persistance (Cf. ci-dessous) réalisé en amont des expertises de terrain ayant montré une prédation importante, il a été convenu, après échange avec RWE Renouvelables France, d'augmenter la fréquence des passages à raison de deux par semaine durant les 24 semaines de suivi.

La collecte de données implique de prospecter une surface-échantillon définie, généralement un carré de 99 m de côté ou un cercle couvrant au moins un rayon égal à la longueur des pales avec un minimum de 50 m (Annexe III, Figure 77).

Dans le cadre de ce suivi, des transects circulaires ont été réalisés couvrant un rayon égal à 70 m depuis l'extérieur du mât des machines.

La méthode de recherche consiste en des transects à pied avec des espacements (de 5 à 10 m) dépendants du terrain et du couvert végétal. Les résultats sont soumis à des tests de correction, y compris un test d'efficacité de recherche et un test de persistance des cadavres.

Le protocole national prévoit la réalisation de deux tests de correction des résultats :

- Test d'efficacité de recherche (du chercheur) ;
- Test de persistance des cadavres.

Les modalités de réalisation de ces tests sont décrites en détail dans les chapitres suivants.

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. Utiliser au moins trois formules de calcul des estimateurs standardisés 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

L'arrêté préfectoral du 06 juillet 2018 portant autorisation unique d'exploiter le Parc éolien d'Allerey (La Montagne d'Huilley) ne mentionne ni période, ni fréquence de passage au cours du suivi de la mortalité.

La seule mention de ce suivi est faite dans l'Article 2,3,1 du titre II relatif à la « *protection des chiroptères / avifaune* » :

« Compte tenu des enjeux de l'installation vis-à-vis des chiroptères et de l'avifaune, le suivi environnemental mentionné à l'article 12 de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 susvisé est réalisé annuellement au cours des trois premières années de fonctionnement du parc éolien puis suivant la périodicité fixée par cet arrêté ministériel. Sur la base des résultats de ces suivis, le plan de bridage peut faire l'objet d'adaptation sur proposition justifiée du pétitionnaire et après accord de l'Inspection des installations classées. »

Ainsi, le protocole en vigueur est utilisé pour chacun de ces suivis.

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 d'Allerey. 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 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.

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.**

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.

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 (carabes, mouches, etc.).

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, à chaque test quinze leurres (rats fraîchement décongelés, catégories « Petit rats 25 – 50g ») ont été disposés de manière aléatoire sous chaque éolienne suivie au sein des zones de prospections

- **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 (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.

Tel que demandé dans le protocole national, deux tests ont été réalisés dans le cadre du suivi de la mortalité. Deux tests supplémentaires ont également été effectués entre les semaines 20 et 43, en lien avec la fréquence des passages revue à la hausse avec RWE Renouvelables France en amont du suivi. Ces 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 dix à quinze leurres identiques (morceaux de chambre à air) sont disposés aléatoirement pour chaque catégorie d'occupation du sol à tester et sur l'ensemble du parc, à l'insu de l'observateur.

La détermination de coefficients correcteurs répétée selon les périodes de l'année 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 disponible en **annexe IV**.

1.2.2.1.3. Méthodes statistiques et incertitudes

- Évaluation du coefficient moyen de 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 du type de leurre déployé (mammifères et/ou oiseaux), de la période du test et de l'éolienne. Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un processus classique de sélection de modèles par AIC (détails en annexe VI). Le modèle sélectionné permet d'estimer les paramètres recherchés avec leurs incertitudes (intervalles de confiance à 95%) et prédites en fonction des facteurs retenus. Ces facteurs, comme la période du test ou l'éolienne, sont retenus dès lors que ce facteur permet de mieux correspondre à la réalité observée des tests, comme une différence significative entre les tests et/ou entre éoliennes.

Pour déterminer la persistance, le modèle prédit une durée moyenne de persistance (et les probabilités de persistance moyennes) en tenant compte des facteurs retenus. Les estimations sont également associées à des incertitudes afin d'évaluer la précision *a posteriori* de ces estimations.

- Évaluation du coefficient moyen d'efficacité de recherche

Comme pour le coefficient de prédation, l'efficacité de recherche est calculée en se basant sur une approche de modélisation de l'efficacité 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 que sont : le type de leurre (taille, couleur par exemple), la période du test, le type d'occupation du sol et la hauteur de végétation. Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un processus classique de sélection de modèles par AIC. 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 figures 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).

Cette approche statistique permet, à partir des tests réalisés, d'estimer l'efficacité de recherche pour l'ensemble des occupations du sol que l'opérateur a rencontré sur l'ensemble de la période de suivi. Les estimations sont également associées à des incertitudes afin d'évaluer la précision *a posteriori* de ces estimations.

- Évaluation des incertitudes

Une fois que les coefficients correcteurs moyens (s , f et a) sont calculés, une **probabilité globale de détection** c'est-à-dire $\mathbf{a \times P(s,f)}$ 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 mortalité par éolienne, nous avons utilisé le théorème de Bayes tel qu'il est également utilisé dans le package R « carcass » (Korner-Nievergelt et al. 2015) et par Korner-Nievergelt (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 maximum 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 IV**.

1.2.2.1.4. Cas particulier de l'utilisation de GenEst

GenEst, abréviation de "*Generalized Estimator*", est un outil d'estimation qui, bien que non mentionné dans le protocole national, possède une reconnaissance internationale en tant qu'estimateur (Dalthorp et al. 2018) et en tant que logiciel libre permettant d'effectuer des estimations de mortalité (Simonis et al. 2018). Une version est accessible en ligne grâce à une application Rshiny (version 1,4,9, <https://west-inc.shinyapps.io/GenEst/>).

L'utilisation de ce logiciel se base sur l'analyse des données collectées conformément aux procédures des estimations classiques requises par le protocole national, tout en y intégrant des processus de correction de certains biais observés (irrégularité de passage, détection parfaite, *cripping loss*...).

L'estimateur de mortalité GenEst est un outil flexible, rigoureux et reconnu par la communauté scientifique, néanmoins il possède certains inconvénients, notamment dans la difficulté à appréhender et à estimer les *cripping loss* dans le calcul des DWP.

Pour rappel, GenEst n'est pas capable de faire des estimations de mortalité dans le cas où aucun cadavre n'ait observé. Aussi, que ce soit à l'échelle de l'éolienne ou du parc, il ne sera pas possible d'avoir de résultats dans ces situations.

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.

Le protocole national prévoit une prospection sur une surface-échantillon correspondant à un « cercle de rayon égal à la longueur des pales avec un minimum de 50 m ». Dans le cadre du suivi mortalité du parc d'Allerey, les prospections s'effectuent à pied sous les éoliennes et dans un rayon de **70 m autour de chaque éolienne (le modèle d'éolienne du parc est NORDEX N131 avec des longueurs de pale de 65,5m)** : 14 cercles éloignés de 5 m les uns des autres, en partant du plus éloigné du mât de l'éolienne (70 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 mat de l'éolienne, sert de fixation mobile à une seconde corde longue de **70 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, **14 cercles de diamètre variable** ont été parcourus ainsi qu'un tour au pied de l'éolienne.

Pour chaque éolienne, nous prévoyons alors de parcourir 3 065 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 (Cf. p.138).

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 22 815 recherches.éoliennes, le référentiel mortalité Biotope constitue probablement la plus grande base de données compilée sur les suivis mortalité en France.

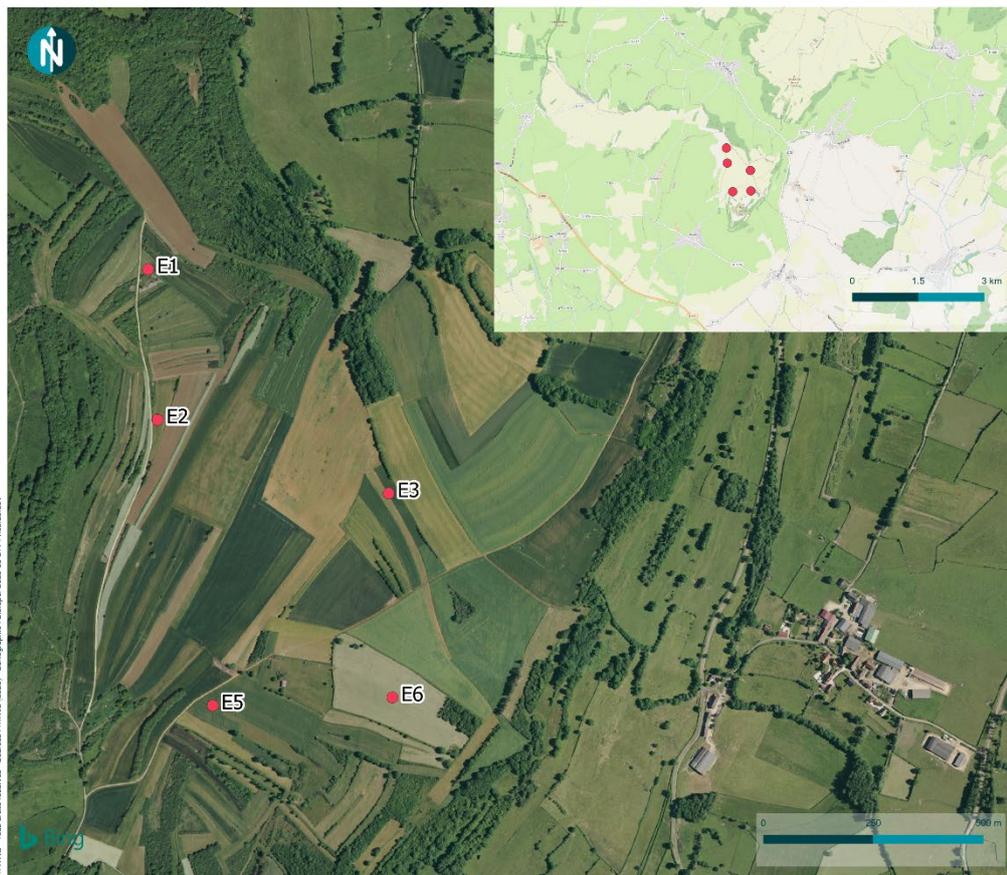
La compilation de ces nombreuses études, permet une modélisation à plus large échelle (temporelle et spatiale) des différents processus liés à la probabilité globale de détection, telle que la persistance des cadavres ou la capacité de détection de l'observateur. Il permet ainsi une prise en compte fine de la variabilité inter-sites et interannuelle. A travers la modélisation de la distribution des cadavres (densité 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 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 VII.

1.2.2.1 Étude de l'activité des chiroptères

1.2.2.1.1. Localisation des dispositifs d'écoute

En 2023, comme en 2024, le dispositif d'acquisition des données chiroptérologiques a été installé sur l'éoliennes E3 du parc éolien d'Allerey.



RWE

Localisation du parc éolien

Suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères - Parc éolien de Allerey (21)

● Localisation des éoliennes

biotope

Carte 3 : Localisation des éoliennes du parc éolien d'Allerey

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 SMART (Wildlife Acoustics) capable d'enregistrer les sons de chauves-souris suivant différents paramètres de déclenchement (Tableau 1).

En 2023 et 2024, le microphone a été installé en nacelle de l'éolienne E3, à 99 m de hauteur.

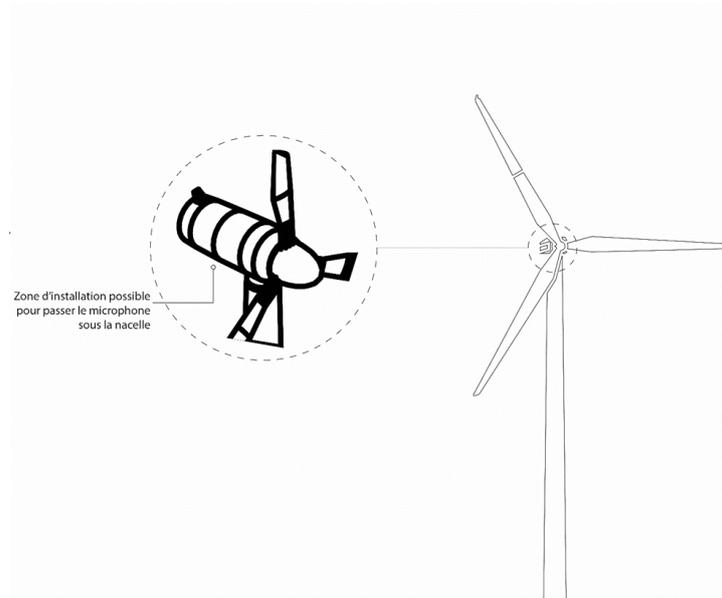


Figure 4 : Localisation de l'implantation du microphone en nacelle. © Biotope.

Tableau 1 : Paramétrage de l'enregistreur(s) en hauteur

Paramètres d'enregistrement	SMART	Paramètres d'enregistrement	SMART
Type de microphone utilisé	SMART MIC-1	Durée minimale de cris	0,002 sec
Fréquence d'échantillonnage	256 kHz	Durée maximale de cris	0,025 sec
<i>High-Pass Filter</i>	8 KHz	Ecart maximum entre les cris	1 sec
Gain	0 dB	Durée maximale de la séquence	5 sec
Pré déclenchement	0,5 sec	Nombre minimal de cris	5
Post déclenchement	0 sec	Déclenchement avant le coucher du soleil	1 h
Fréquence minimale	12 KHz	Arrêt après le lever du soleil	1 h
Fréquence maximale	120 KHz	Fuseau horaire	UTC



Enregistreur dans l'éolienne E3



Microphone smart installé en nacelle

Microphone et enregistreur SMART installé en nacelle E3 du parc d'Allerey

1.2.2.1.2.1. Calendrier des enregistrements

L'activité des chauves-souris en altitude a été analysée du 9 mars au 1^{er} novembre 2023 soit 237 nuits, puis, du 1^{er} mars 2024 au 30 novembre 2024 soit 275 nuits. Au total, 512 nuits ont été analysées en 2023 et 2024.

Tableau 2 : Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois sur l'ensemble de la période de suivi 2023 et 2024

Nombre de nuits exploitables* sur le microphone			
Mars 2023	23	Mars 2024	31
Avril 2023	30	Avril 2024	30
Mai 2023	31	Mai 2024	31
Juin 2023	30	Juin 2024	30
Juillet 2023	31	Juillet 2024	31
Aout 2023	31	Aout 2024	31
Septembre 2023	30	Septembre 2024	30
Octobre 2023	31	Octobre 2024	31
Total 2023	237	Novembre 2024	30
		Total 2024	275
TOTAL			512

* 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, 512 nuits entre mars 2023 et novembre 2024, **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 2023 et 2024 atteint ce seuil et peut donc être considérée comme représentative.

Le graphique suivant présente la courbe d'accumulation calculée sur l'éolienne E3 en 2024. 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.

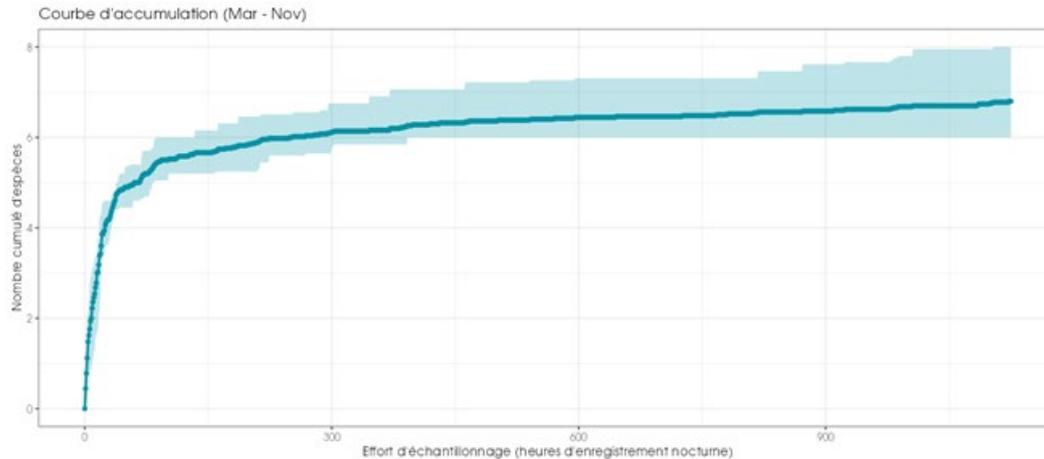


Figure 5 : Cumul des nouvelles espèces en fonction de l'effort d'échantillonnage du suivi en hauteur sur l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2024

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.

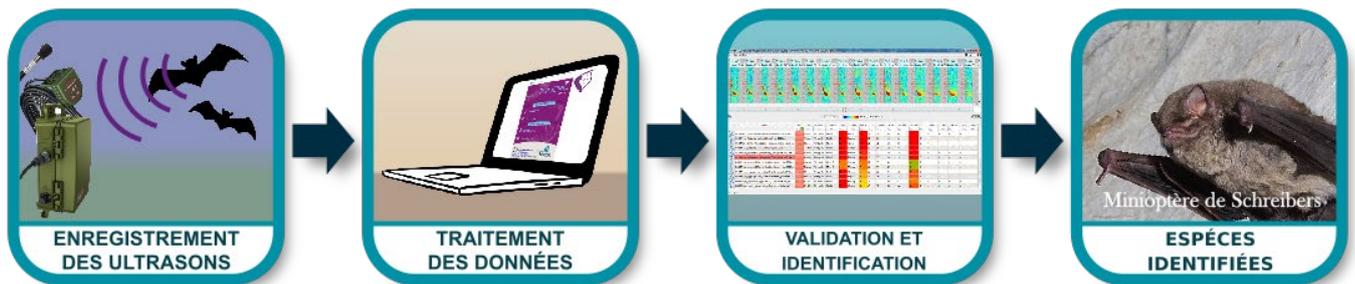


Figure 6 : Illustration du processus de validation des enregistrements ultrasonores © Biotope

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 moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	Murin à moustaches		
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 / Miniopère	
Miniopère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i>	Miniopère de Schreibers		
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune		
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl		

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Groupes identifiés dans des conditions d'enregistrements très favorables	Groupes identifiés dans des conditions d'enregistrements défavorables
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Pipistrelle de Nathusius	Pipistrelle de Kuhl / 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 cinq 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'incrémentaire 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 un référentiel appelé ActiChiro® en 2013. Il propose des chiffres objectifs qui permettent 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.

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 310 sites et plus de 80 000 points-nuits, répartis sur l'ensemble de la France de 2014 à 2023.

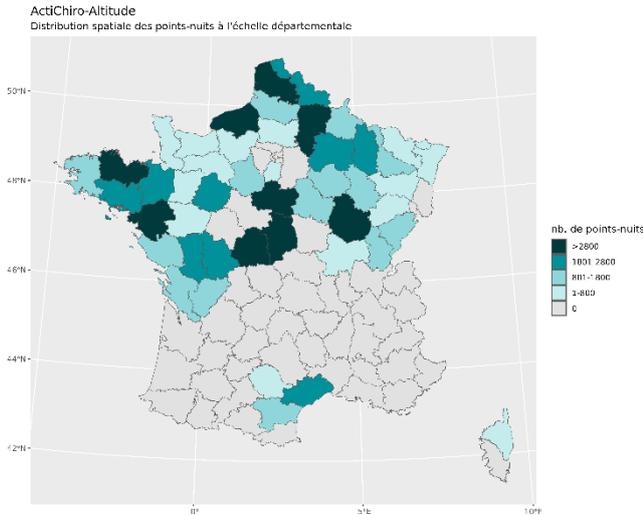


Figure 7 : Répartition spatiale des points-nuits pour le référentiel altitude 2024

1.2.2.1.6.3. Référentiel ActiChiro® dédié à cette étude

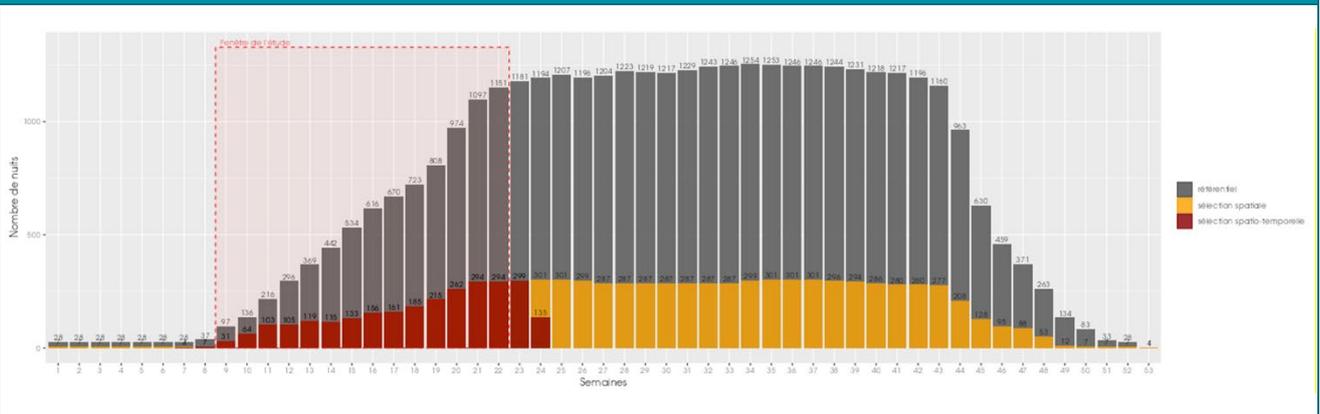
Le nouvel ActiChiro® a été conçu pour être un référentiel dynamique. C'est-à-dire que pour chaque étude, l'emprise spatio-temporelle est adaptée au site d'étude et au type d'analyses réalisées, ce qui permet de comparer les résultats des inventaires au jeu de données le plus pertinent. **Le nouvel ActiChiro® 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 sur en période de migration printanière (mars-mai)	
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 50 à 120 m en nacelle
Sélection temporelle du référentiel	+/- 15 j autour de la période d'écoute
<p>Carte du référentiel</p>	<p>Zoom sur la zone d'étude</p>
Sélection temporelle du référentiel	

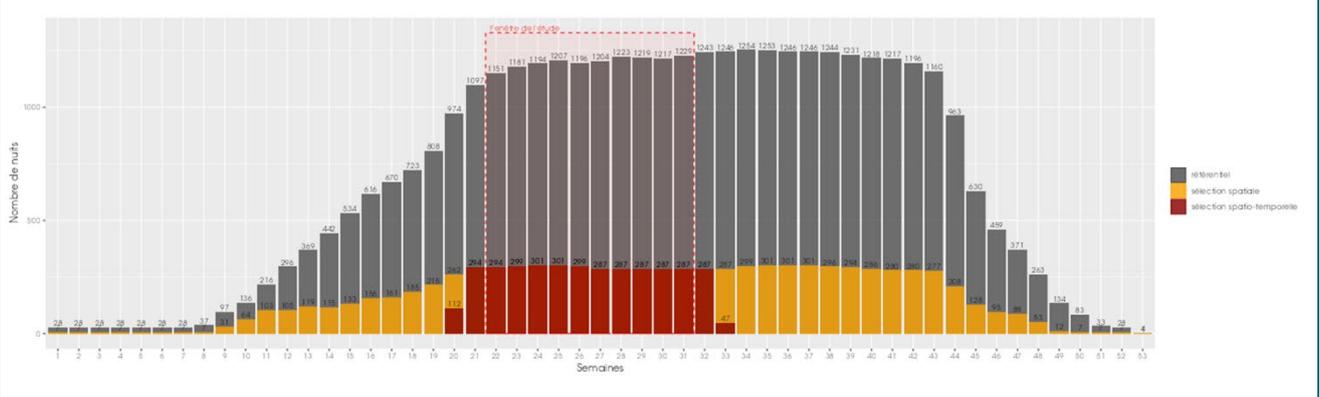
Pour le suivi sur en période de migration printanière (mars-mai)



Pour le suivi sur en période de mise-bas (juin-juillet)

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 50 à 120 m en nacelle
Sélection temporelle du référentiel	+/- 15 j autour de la période d'écoute
Carte du référentiel	Zoom sur la zone d'étude

Sélection temporelle du référentiel



Pour le suivi sur en période de migration automnale (août-novembre)	
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 50 à 120 m en nacelle
Sélection temporelle du référentiel	+/- 15 j autour de la période d'écoute
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® construit les données de comparaison du référentiel. Elle construit deux distributions de moyenne. Dans un premier temps, pour chaque espèce, ActiChiro® pioche 1000 fois N points-nuits (au hasard et avec remise) et calcule 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® pioche, pour chaque espèce, 1000 fois n points-nuits (au hasard et avec remise) parmi les points-nuits où l'espèce est détectée uniquement. ActiChiro® pourra 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® compare 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.

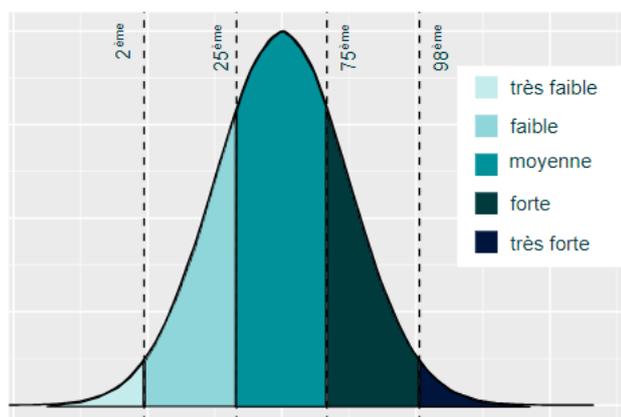


Figure 8 : Exemple de distribution des niveaux d'activité issue du référentiel dédié pour l'étude

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 de/du :

- Nombre de point-nuits : le nombre total de nuits analysé quel que soit le point ;
- L'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 ;
- L'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 RWE Renouvelables France. Elles ont été acquises par les capteurs disposés sur l'éolienne E3 du parc éolien d'Allerey. La vitesse de vent et la température sont mesurées à 99 m de haut en 2023 et 2024, comme la pluviométrie en 2024. Les données sont enregistrées toutes les 10 minutes.

Des données météorologiques sont absentes sur une plage du 14 avril au 18 avril 2023. L'absence de données sur ces périodes ne remet pas en cause l'analyse des données.

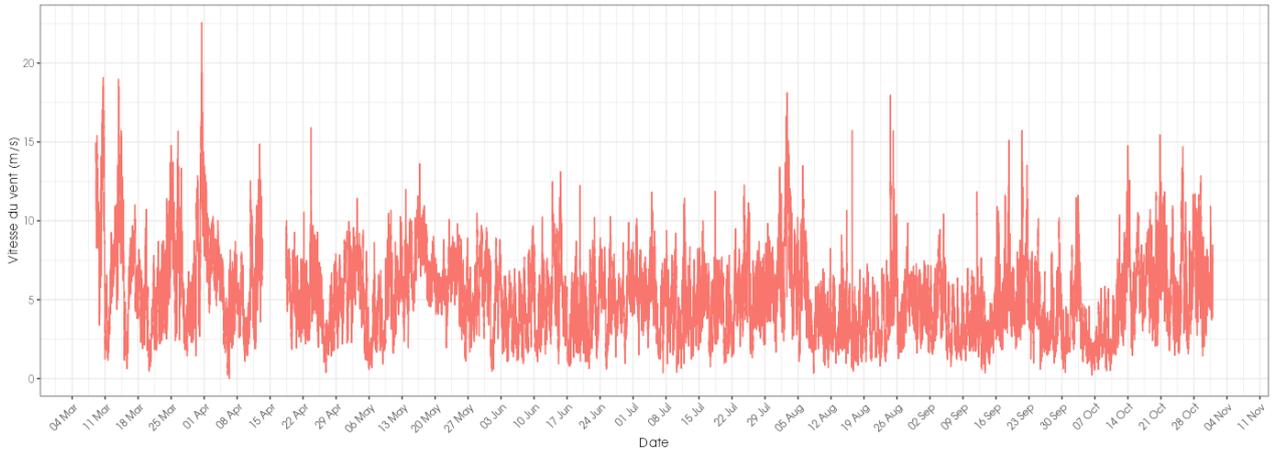


Figure 9. Schéma temporel de la vitesse du vent à 99 m sur l'éolienne E3 du parc d'Allerey, en 2023

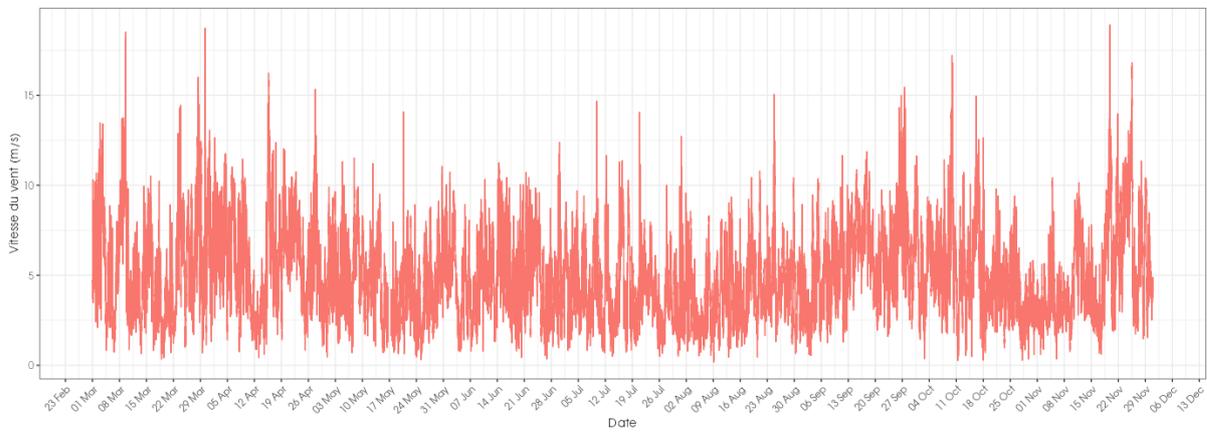


Figure 10. Schéma temporel de la vitesse du vent à 99 m sur l'éolienne E3 du parc d'Allerey, en 2024

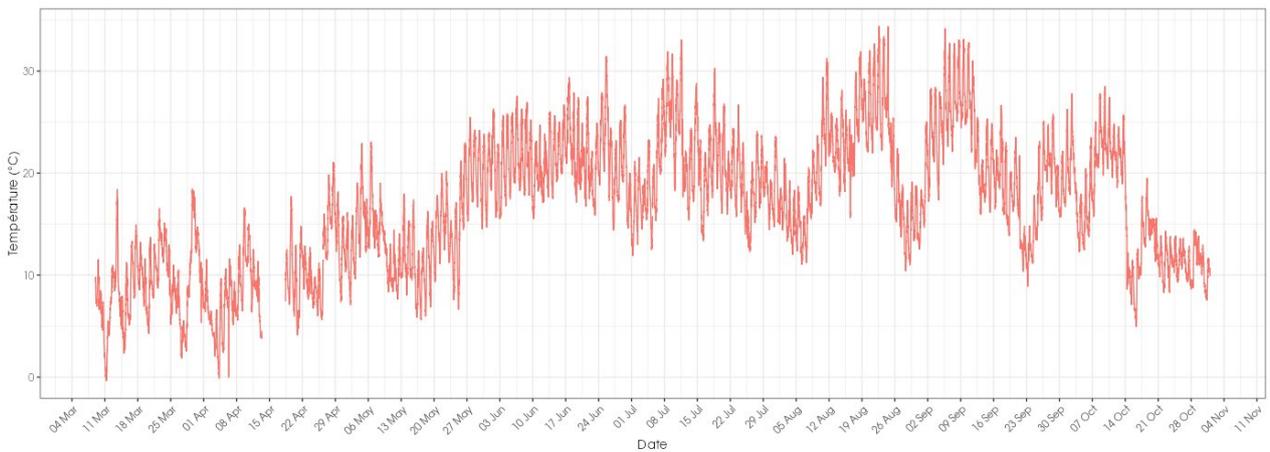


Figure 11. Schéma temporel de la température à 99 m sur l'ensemble du suivi mené sur l'éolienne E3 du parc d'Allerey, en 2023

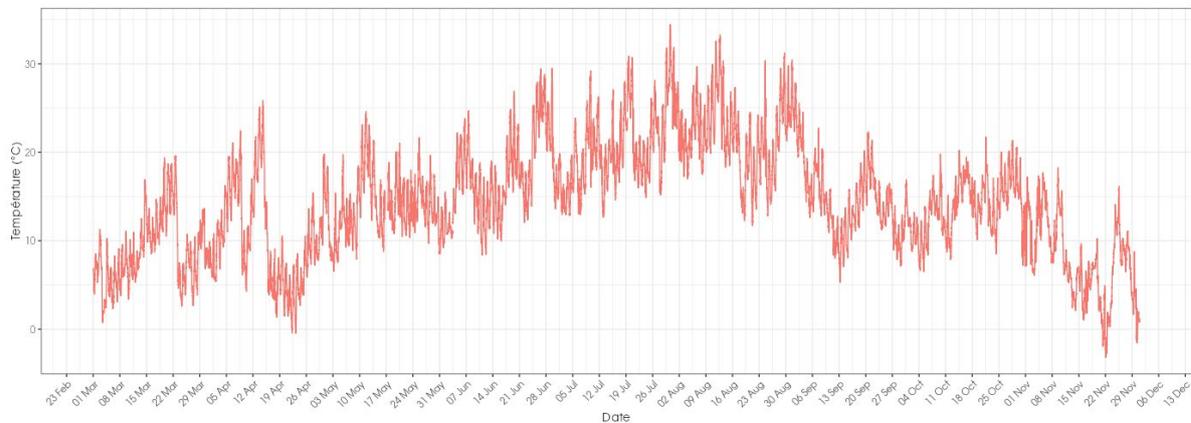


Figure 12. Schéma temporel de la température à 99 m sur l'ensemble du suivi mené sur l'éolienne E3 du parc d'Allerey, en 2024

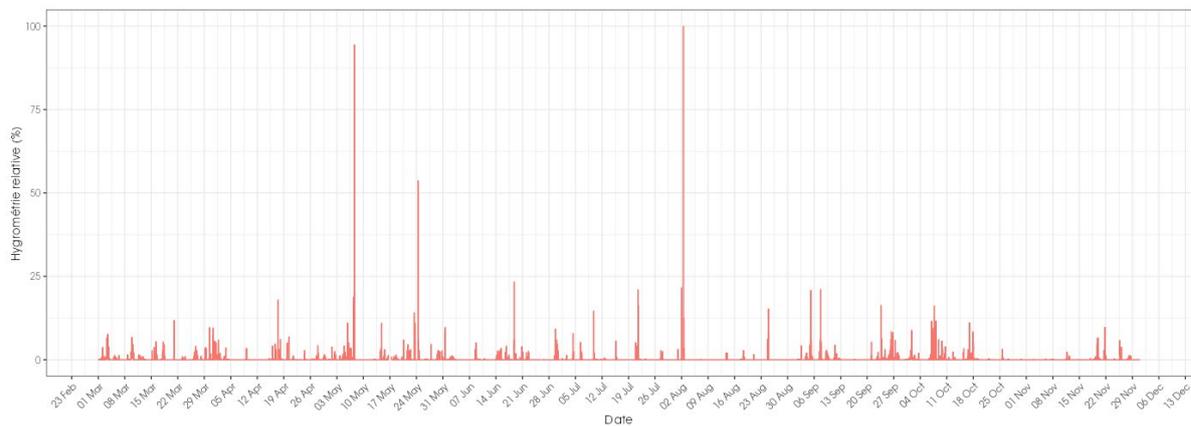


Figure 13. Schéma temporel de la pluviosité à 99 m sur l'ensemble du suivi mené sur l'éolienne E3 du parc d'Allerey, en 2024

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 de la température à 99 m ainsi que de 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 de déterminer 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 des chiroptères en nacelle

1.2.3.1 Prospections de terrain

Les dates de passages et les conditions météorologiques sont détaillées dans le Tableau 5.

Ainsi 48 passages ont été réalisés, à raison de deux par semaine, du 13 mai 2024 au 24 octobre 2024.

Tableau 5 : Prospections de terrain et informations météorologiques lors des passages de suivi de la mortalité en 2024

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
Suivi de mortalité (48 passages)		
1	13/05/2024	Vent moyen :8,4 km/h; Température moyenne: 18,4°C; Nébulosité:91%
2	16/05/2024	Vent moyen :7 km/h; Température moyenne: 12,9°C; Nébulosité:97%
3	20/05/2024	Vent moyen :6 km/h; Température moyenne: 16,3°C; Nébulosité:97%
4	22/05/2024	Vent moyen :14 km/h; Température moyenne: 14,7°C; Nébulosité:95%
5	27/05/2024	Vent moyen :8 km/h; Température moyenne: 14,8°C; Nébulosité:96%
6	30/05/2024	Vent moyen :12,2 km/h; Température moyenne: 13,1°C; Nébulosité:98%
7	03/06/2024	Vent moyen :7 km/h; Température moyenne: 14°C; Nébulosité:99%
8	06/06/2024	Vent moyen :6,9 km/h; Température moyenne: 20,2°C; Nébulosité:83%
9	10/06/2024	Vent moyen :12,9 km/h; Température moyenne: 14,7°C; Nébulosité:96%
10	13/06/2024	Vent moyen :1,1 km/h; Température moyenne: 15,8°C; Nébulosité:88%
11	17/06/2024	Vent moyen :9,3 km/h; Température moyenne: 17,3°C; Nébulosité:95%
12	20/06/2024	Vent moyen :8 km/h; Température moyenne: 19,8°C; Nébulosité:88%
13	24/06/2024	Vent moyen :11,1 km/h; Température moyenne: 21,9°C; Nébulosité:75%
14	27/06/2024	Vent moyen :0 km/h; Température moyenne: 24,9°C; Nébulosité:83%
15	01/07/2024	Vent moyen :8,7 km/h; Température moyenne: 17,5°C; Nébulosité:97%
16	04/07/2024	Vent moyen :16,3 km/h; Température moyenne: 17,7°C; Nébulosité:93%
17	08/07/2024	Vent moyen :2,5 km/h; Température moyenne: 21°C; Nébulosité:100%
18	11/07/2024	Vent moyen :1,6 km/h; Température moyenne: 21,6°C; Nébulosité:94%
19	15/07/2024	Vent moyen :9,7 km/h; Température moyenne: 22,9°C; Nébulosité:98%
20	18/07/2024	Vent moyen :6,1 km/h; Température moyenne: 24,2°C; Nébulosité:0%
21	22/07/2024	Vent moyen :10,9 km/h; Température moyenne: 19,9°C; Nébulosité:97%
22	25/07/2024	Vent moyen :4,9 km/h; Température moyenne: 21,8°C; Nébulosité:100%
23	29/07/2024	Vent moyen :8,9 km/h; Température moyenne: 24°C; Nébulosité:0%
24	01/08/2024	Vent moyen :5,7 km/h; Température moyenne: 23,3°C; Nébulosité:94%
25	05/08/2024	Vent moyen :2,8 km/h; Température moyenne: 23,5°C; Nébulosité:0%
26	08/08/2024	Vent moyen :3,8 km/h; Température moyenne: 21,6°C; Nébulosité:91%
27	12/08/2024	Vent moyen :6,9 km/h; Température moyenne: 30°C; Nébulosité:0%
28	14/08/2024	Vent moyen :4,7 km/h; Température moyenne: 20,3°C; Nébulosité:96%
29	19/08/2024	Vent moyen :3,5 km/h; Température moyenne: 18,9°C; Nébulosité:88%
30	22/08/2024	Vent moyen :3,4 km/h; Température moyenne: 20,4°C; Nébulosité:0%

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
31	26/08/2024	Vent moyen :5,9 km/h; Température moyenne: 18,2°C; Nébulosité:0%
32	29/08/2024	Vent moyen :5,5 km/h; Température moyenne: 26,8°C; Nébulosité:88%
33	02/09/2024	Vent moyen :1,3 km/h; Température moyenne: 21,1°C; Nébulosité:100%
34	05/09/2024	Vent moyen :1,1 km/h; Température moyenne: 15,5°C; Nébulosité:100%
35	09/09/2024	Vent moyen :16,8 km/h; Température moyenne: 15,3°C; Nébulosité:99%
36	12/09/2024	Vent moyen :9,3 km/h; Température moyenne: 10,8°C; Nébulosité:84%
37	16/09/2024	Vent moyen :7,9 km/h; Température moyenne: 12,8°C; Nébulosité:100%
38	19/09/2024	Vent moyen :8,2 km/h; Température moyenne: 18,1°C; Nébulosité:0%
39	23/09/2024	Vent moyen :8,9 km/h; Température moyenne: 16,1°C; Nébulosité:97%
40	26/09/2024	Vent moyen :18,1 km/h; Température moyenne: 15,2°C; Nébulosité:92%
41	30/09/2024	Vent moyen :16 km/h; Température moyenne: 14,1°C; Nébulosité:97%
42	03/10/2024	Vent moyen :11,1 km/h; Température moyenne: 9,7°C; Nébulosité:99%
43	07/10/2024	Vent moyen :7,4 km/h; Température moyenne: 15°C; Nébulosité:100%
44	10/10/2024	Vent moyen :15,4 km/h; Température moyenne: 12,3°C; Nébulosité:99%
45	14/10/2024	Vent moyen :7,7 km/h; Température moyenne: 15,6°C; Nébulosité:92%
46	17/10/2024	Vent moyen :10 km/h; Température moyenne: 16,7°C; Nébulosité:95%
47	21/10/2024	Vent moyen :11,8 km/h; Température moyenne: 17,1°C; Nébulosité:100%
48	24/10/2024	Vent moyen :8,7 km/h; Température moyenne: 11,9°C; Nébulosité:101%
Tests de prédation (2 tests)		
Test 1	15/04/2024 (en amont du suivi)	Dépôt de 75 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Test 2	02/09/2024	Dépôt de 75 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Tests d'efficacité de recherche (2 tests)		
Test 1	20/06/2024	Dépôt de 128 leurres
Test 2	11/07/2024	Dépôt de 113 leurres
Test 3	23/09/2024	Dépôt de 105 leurres
Test 4	24/10/2024	Dépôt de 90 leurres
Suivi de l'activité des chiroptères		
Ecoutes en altitude 2023	Du 09/03/2023 au 31/10/2023	Enregistrements en continu depuis l'éolienne E3, avec un microphone placé au niveau de la nacelle à 99 m de hauteur, du 9 mars au 31 octobre 2023, soit pendant 8 mois.
Ecoutes en altitude 2024	Du 01/03/2024 au 30/11/2024	Enregistrements en continu depuis l'éolienne E3, avec un microphone placé au niveau de la nacelle à 99 m de hauteur, du 1 ^{er} mars au 30 novembre 2024, soit pendant 9 mois.

1.2.3.1 Réalisation des tests de prédation

Les deux tests de prédation ont été réalisés sur 14 jours sous l'ensemble des éoliennes du parc. Les tests de prédation ont été réalisés par l'opérateur en charge du suivi de mortalité. La pose (J0), a été réalisée en début de semaine en dehors du cadre habituel d'un passage hebdomadaire « suivi de mortalité ». 75 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 70 m autour des éoliennes). Les visites de contrôle ont été menées lors de différents jours (J+1, J+2, J+4, J+7, J+10, J+14), 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 90 à 128 leurres disposés par test, Tableau 6). 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 14 : 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 4 tests).

	E1	E2	E3	E5	E6	Parc ensemble
Occupations du sol						
Céréales	0	4	0	0	0	4
Chaume	0	37	5	16	0	58
Friche	47	79	11	56	0	193
Luzerne	0	0	9	0	0	9
Plateforme/Voirie	9	10	10	8	17	54
Prairie	40	0	0	22	43	105
Sol nu	0	3	10	0	0	13
Hauteurs de végétation						
0	9	13	20	8	17	67
5	15	12	2	21	0	50
7	8	0	7	0	0	15
10	0	32	12	23	0	67
12	0	0	0	0	13	13
13	0	0	4	0	0	4
15	28	33	0	16	0	77

	E1	E2	E3	E5	E6	Parc ensemble
16	0	0	0	5	0	5
17	1	0	0	4	0	5
20	2	33	0	7	20	62
23	0	0	0	15	0	15
25	15	0	0	0	2	17
30	0	10	0	0	8	18
45	14	0	0	0	0	14
50	1	0	0	0	0	1
70	0	0	0	3	0	3
80	3	0	0	0	0	3
Dates de tests						
20/06/2024	44	25	8	33	18	128
11/07/2024	18	35	10	15	35	113
23/09/2024	18	47	12	25	3	105
24/10/2024	16	26	15	29	4	90
Total	96	113	45	102	60	436

1.2.3.1 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). Une bonne partie du suivi (22 / 48 passages) a été réalisée par la même personne (qui a été testée). De même, trois autres intervenants ont régulièrement prospecté le parc (10 / 48 passages ; 9 / 48 passages et 5 / 48 passages). Tous les trois ont été testés. Enfin, un dernier observateur est intervenu de manière très ponctuelle pendant le suivi (2 / 48 passages) et n'a pas été testé.

Il est également important de noter que cette capacité de détection 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 sept catégories d'occupation du sol qui ont été testées ainsi que dix-sept hauteurs différentes de végétation.

Durant le test de persistance, les cadavres déposés sont de petites tailles (petit rats 25 – 50g). Ce test cible donc principalement l'estimation de la disparition des cadavres d'oiseaux de petites tailles (passereaux) et des chiroptères. Il peut induire une surestimation de la vitesse de disparition des cadavres plus imposants (rapaces, goélands...).

Concernant les analyses réalisées avec l'estimateur GenEst, aucune contrainte d'analyse des passages de suivi de la mortalité n'a été rencontrée. L'ensemble des données ont été analysées simultanément.

1.2.1 Équipe de travail

Une équipe pluridisciplinaire a été constituée dans le cadre de cette étude (Tableau 7).

Tableau 7 : Équipe de travail

Domaines d'intervention	Intervenants	Qualité et qualification
Coordination et rédaction de l'étude	Nicolas MEYER	Chef de projet – Écologue pluridisciplinaire Docteur en écologie, Master 2 en Biologie de la Conservation et Ingénieur Agronome
Rédaction de l'étude	Clément CORDIER	Expert fauniste – Ornithologue Master Ecologie Comportementale et Gestion de la Faune
Expertise des chiroptères en hauteur	Agathe DUMONT	Experte fauniste – Chiroptérologue Master Gestion des Milieux Aquatiques, Restauration et Conservation, parcours Conservation et Restauration de la Biodiversité

Domaines d'intervention	Intervenants	Qualité et qualification
Suivi de mortalité Réculte des données mortalité avifaune et chiroptères (48 sessions)	Samuel DIEBOLT (22 passages)	Expert fauniste – Herpétologue BTS Gestion et Protection de la Nature
	Aurélien SCHNEIDER (10 passages)	Alternante fauniste BTS Gestion et Protection de la Nature
	Mathilde POIROT (9 passages)	Experte fauniste – Chiroptérologue Licence Géomatique de l'Environnement, du Tourisme et de l'Aménagement en Montagne
	Clément CORDIER (5 passages)	Expert fauniste – Ornithologue Master Ecologie Comportementale et Gestion de la Faune
	Gabriel JOBARD (2 passages)	Technicien
Contrôle Qualité	Julien TRANCHARD	Chef de projet, chargé d'études Maîtrise en Biologie des Populations et des Ecosystèmes – 20 ans d'expérience

2 Synthèse et analyse des résultats

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

2.1.1 Espèces contactées

En 2024, d'après les enregistrements réalisés en hauteur, sept espèces de chiroptères et deux groupes d'espèces sont présents ou considérés comme tels au niveau du parc éolien d'Allerey :

- 7 espèces contactées lors des inventaires de terrain (cf. Tableau 8) :
 - Noctule commune (*Nyctalus noctula*) ;
 - Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*) ;
 - Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) ;
 - Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) ;
 - Pipistrelle pygmée (*Pipistrellus pygmaeus*) ;
 - Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*) ;
 - Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii* ; non identifiée avec certitude mais considérée comme présente).
- 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 sérotines / noctules (*Eptesicus serotinus* / *Nyctalus sp.*) ;
 - Groupe Pipistrelle de Kuhl/Nathusius (*Pipistrellus kuhlii* / *P. nathusii*).

Au cours de l'année 2024, sept espèces de chauves-souris ont été contactées en altitude au niveau de l'éolienne E3, ce qui représente près de 25 % des 28 espèces présentes en région Bourgogne Franche-Comté.

En comparaison avec 2023, la Barbastelle d'Europe n'a pas été réobservée en 2024. Cependant, c'est une espèce peu commune en altitude. A l'inverse, la Pipistrelle pygmée qui était absente en 2023 est identifiée ponctuellement en 2024. La Sérotine commune considérée comme présente en 2023 est confirmée sur 2024.

La richesse spécifique contactée lors de l'étude en hauteur en 2023 et 2024 (huit espèces) est jugée faible. 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 d'Allerey en 2024.

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

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.
- 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 des chauves-souris de Bourgogne (SHNA, IUCN, 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.
- DZ : Déterminante ZNIEFF ; DZ ss cond. : déterminante ZNIEFF sous conditions : Liste régionale des espèces déterminantes ZNIEFF de Bourgogne-Franche-Comté (CSRPN, 2021)

2.1.2 Abondance relative

Au cours de la période d'enregistrement de **2023** (237 nuits exploitables entre le 9 mars 2023 au 31 octobre 2023), **9 728 contacts de 5 secondes ou 1 792 minutes** (soit 29h52) d'enregistrement avec présence de chauves-souris, communément appelées « minutes positives », ont été obtenus.

Au cours de la période d'enregistrement de **2024** (275 nuits exploitables entre le 1^{er} mars 2024 au 30 novembre 2024), **10 940 contacts de 5 secondes ou 3 389 minutes** (soit 56h29) 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 (99 m), pendant les deux années de suivi.

Tableau 9 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 99 m, en 2023 et en 2024

Nom vernaculaire / Nom scientifique	En contact				En minute positive			
	2023		2024		2023		2024	
	Nombre de contacts de 5 sec.	Proportion obtenue des contacts de 5 sec. (%)	Nombre de contacts de 5 sec.	Proportion obtenue des contacts de 5 sec. (%)	Nombre de minutes positives	Proportion obtenue des minutes positives (%)	Nombre de minutes positives	Proportion obtenue des minutes positives (%)
Barbastelle d'Europe <i>Barbastella barbastellus</i>	17	0,20%	0	0,00%	3	0,20%	0	0,00%
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	273	2,80%	98	0,90%	50	2,80%	39	1,15%
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	4287	44,10%	5820	53,20%	1118	62,40%	1991	58,75%
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	0	0,00%	9	0,08%	0	0	4	0,12%
Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées <i>Eptesicus serotinus</i> / <i>Nyctalus</i> sp.	109	1,10%	1095	10,01%	35	1,90%	499	14,72%
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	1273	13,10%	1562	14,28%	263	14,70%	370	10,92%
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	654	6,70%	671	6,13%	45	2,50%	143	4,22%
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	71	0,70%	0	0,00%	15	0,80%	0	0,00%
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Nathusius <i>Pipistrellus kuhlii</i> / <i>P. nathusii</i> .	3044	31,30%	1683	15,38%	263	14,70%	342	10,09%
Pipistrelle pygmée <i>Pipistrellus pygmaeus</i>	0	0,00%	2	0,02%	0	0,00%	1	0,03%

Nom vernaculaire / Nom scientifique	En contact				En minute positive			
	2023		2024		2023		2024	
	Nombre de contacts de 5 sec.	Proportion obtenue des contacts de 5 sec. (%)	Nombre de contacts de 5 sec.	Proportion obtenue des contacts de 5 sec. (%)	Nombre de minutes positives	Proportion obtenue des minutes positives (%)	Nombre de minutes positives	Proportion obtenue des minutes positives (%)
Total	9728	100%	10940	100,00%	1792	100%	3389	100,00%

Sur l'ensemble des périodes comprises entre mars à octobre 2023 et mars à novembre 2024, l'analyse montre que :

- La **Noctule de Leisler** est l'**espèce la plus représentée en altitude**, avec **62 à 59 % des « minutes positives »** de chauves-souris enregistrées en altitude selon l'année. Cette espèce est typiquement fortement représentée en altitude ;
- En 2024 le **groupe des sérotines / noctules** est bien représenté avec **15 % des « minutes positives »** de chauves-souris enregistrées en altitude ;
- La **Pipistrelle commune** fréquente également régulièrement le site avec **15 à 11 % des « minutes positives »** de chauves-souris enregistrées en altitude selon l'année ;
- La **Noctule commune** est peu fréquente sur site bien qu'elle fasse généralement partie des espèces les plus fréquentes en altitude. Cette noctule représente seulement **3 à 1% des « minutes positives »** de chauves-souris enregistrées en altitude selon l'année ;
- La paire **Pipistrelle de Kuhl / Nathusius** représente également **15 à 11 % de l'activité globale en minutes positives selon l'année**. Ces deux espèces volent régulièrement en altitude et font partie des espèces régulièrement découvertes au cours des suivis mortalités.

En 2023 le suivi a permis de comptabiliser 1 792 minutes positives au cours des 237 nuits de suivi effectives. Ainsi, **on obtient une moyenne de 7,6 minutes positives par nuit**.

En 2024 le suivi a permis de comptabiliser 3 389 minutes positives au cours des 275 nuits de suivi effectives. Ainsi, **on obtient une moyenne de 12,3 minutes positives 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 au 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. 1.2.2.1.6. Évaluation des niveaux d'activité).

2.1.3.1 Activité en période printanière (avril à mai)

Tableau 10 : Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur en période printanière

Espèces	Nombre de point-nuits	Occurrence par point-nuit	Activité moyenne quand présence ou absence (MinPos/ point-nuit)	Activité moyenne quand présence uniquement (MinPos/ point-nuit)	Niveau d'activité au printemps quand présence ou absence
En 2023					
Noctule de Leisler	84	21%	2,64	12,33	Activité très forte
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	84	5%	0,1	2	Activité moyenne
Pipistrelle commune	84	11%	0,37	3,44	Activité forte
Pipistrelle de Nathusius	84	2%	0,07	3	Activité très forte
Sérotine/Noctule	84	6%	0,08	1,4	Activité faible
Toutes espèces	84	29%	3,15	11,04	Activité très forte
En 2024					
Noctule commune	92	2%	0,02	1	Activité moyenne
Noctule de Leisler	92	43%	3,97	9,12	Activité très forte
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	92	5%	0,15	2,8	Activité forte
Pipistrelle commune	92	10%	0,55	5,67	Activité forte
Sérotine/Noctule	92	8%	0,09	1,14	Activité faible

Espèces	Nombre de point-nuits	Occurrence par point-nuit	Activité moyenne quand présence ou absence (MinPos/ point-nuit)	Activité moyenne quand présence uniquement (MinPos/ point-nuit)	Niveau d'activité au printemps quand présence ou absence
Toutes espèces	92	45%	4,68	10,51	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).

Entre mars et mai 2024, trois espèces et deux groupes d'espèces sont présents en altitude. L'activité est très forte pour la Noctule de Leisler et forte pour le groupe des Pipistrelles de Kuhl / Nathusius ainsi que pour la Pipistrelle commune. Il faut noter la présence de la Noctule commune avec une activité moyenne en 2024 alors qu'elle était absente à cette saison en 2023. **En 2024, des chiroptères sont identifiés dans 45% des nuits, toutes espèces confondues, avec une activité très forte contre 29% des nuits en 2023 avec une activité également très forte.**

Activité en période estivale (juin à juillet)

Tableau 11 : Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur en période estivale

Espèces	Nombre de point-nuits	Occurrence par point-nuit	Activité moyenne quand présence ou absence (MinPos/ point-nuit)	Activité moyenne quand présence uniquement (MinPos/ point-nuit)	Niveau d'activité en été quand présence ou absence
En 2023					
Noctule commune	61	2%	0,02	1	Activité faible
Noctule de Leisler	61	57%	3,02	5,26	Activité très forte
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	61	11%	0,16	1,43	Activité forte
Pipistrelle commune	61	30%	0,64	2,17	Activité forte
Pipistrelle de Kuhl	61	3%	0,05	1,5	Activité forte
Sérotine/Noctule	61	7%	0,08	1,25	Activité très faible
Toutes espèces	61	67%	3,87	5,76	Activité très forte
En 2024					
Noctule commune	61	3%	0,05	1,5	Activité faible
Noctule de Leisler	61	77%	9,15	11,87	Activité très forte
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	61	28%	2,69	9,65	Activité très forte
Pipistrelle commune	61	39%	1,92	4,88	Activité très forte
Pipistrelle de Kuhl	61	16%	1,26	7,7	Activité très forte
Sérotine commune	61	2%	0,07	4	Activité très forte
Sérotine/Noctule	61	48%	2,59	5,45	Activité très forte
Toutes espèces	61	79%	13,95	17,73	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).

Entre juin et juillet 2024, cinq espèces et deux groupes d'espèces sont présents en altitude. L'activité est très forte pour l'ensemble des espèces et groupes d'espèces identifiés, excepté pour la Noctule commune qui a une activité faible. **Des chiroptères sont identifiés dans 79% des nuits, en 2024, toutes espèces confondues, avec une activité très forte contre 67% des nuits en 2023 avec une activité également très forte.**

2.1.3.2 Activité en période automnale (août à octobre-novembre)

Tableau 12 : Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur en période automnale

Espèces	Nombre de point-nuits	Occurrence par point-nuit	Activité moyenne (MinPos/ point-nuit)	Activité moyenne quand présence uniquement (MinPos/ point-nuit)	Niveau d'activité en automne quand présence ou absence
En 2023					
Barbastelle d'Europe	92	2%	0,03	1,5	NC
Noctule commune	92	17%	0,53	3,06	Activité moyenne
Noctule de Leisler	92	75%	7,65	10,2	Activité très forte
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	92	21%	2,55	12,37	Activité très forte
Pipistrelle commune	92	25%	1,9	7,61	Activité forte
Pipistrelle de Kuhl	92	5%	0,36	6,6	Activité très forte
Pipistrelle de Nathusius	92	3%	0,04	1,33	Activité forte
Sérotine/Noctule	92	16%	0,23	1,4	Activité très faible
Toutes espèces	92	76%	12,4	16,3	Activité très forte
En 2024					
Noctule commune	122	9%	0,26	0,26	Activité moyenne
Noctule de Leisler	122	62%	8,58	8,58	Activité très forte
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	122	20%	1,34	1,34	Activité très forte
Pipistrelle commune	122	27%	1,66	1,66	Activité forte
Pipistrelle de Kuhl	122	7%	0,54	0,54	Activité très forte
Pipistrelle pygmée	122	1%	0,01	0,01	NC
Sérotine/Noctule	122	47%	2,72	2,72	Activité très forte
Toutes espèces	122	66%	12,07	12,07	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). NC : Niveau d'activité non calculable en raison d'un trop faible jeu de donnée dans le référentiel concernant l'espèce.

Entre août et novembre 2024, cinq espèces et deux groupes d'espèces sont présents en altitude. L'activité est très forte pour la Noctule de Leisler, la Pipistrelle de Kuhl et les groupes sérotine / noctules ainsi que des Pipistrelles de Kuhl / Nathusius. Il faut également noter une activité forte pour la Pipistrelle commune. **Des chiroptères sont identifiés dans 66% des nuits, en 2024, toutes espèces confondues, avec une activité très forte contre 76% des nuits en 2023 avec une activité également très forte.**

La comparaison de l'occurrence nuit entre 2024 et 2023 est à pondérer avec le fait qu'en 2024, l'étude s'est poursuivie sur le mois de novembre, période présentant peu d'activité chiroptérologique, ce qui entraîne une baisse de l'occurrence sur cette période à comparer avec 2023 où les écoutes se sont terminées en octobre.

2.1.4 Analyse détaillée de l'activité des chiroptères en hauteur

Les graphiques suivants présentent l'activité journalière moyenne par heure. Ils permettent de mettre en évidence des pics d'activités très ponctuels.

En 2023 :

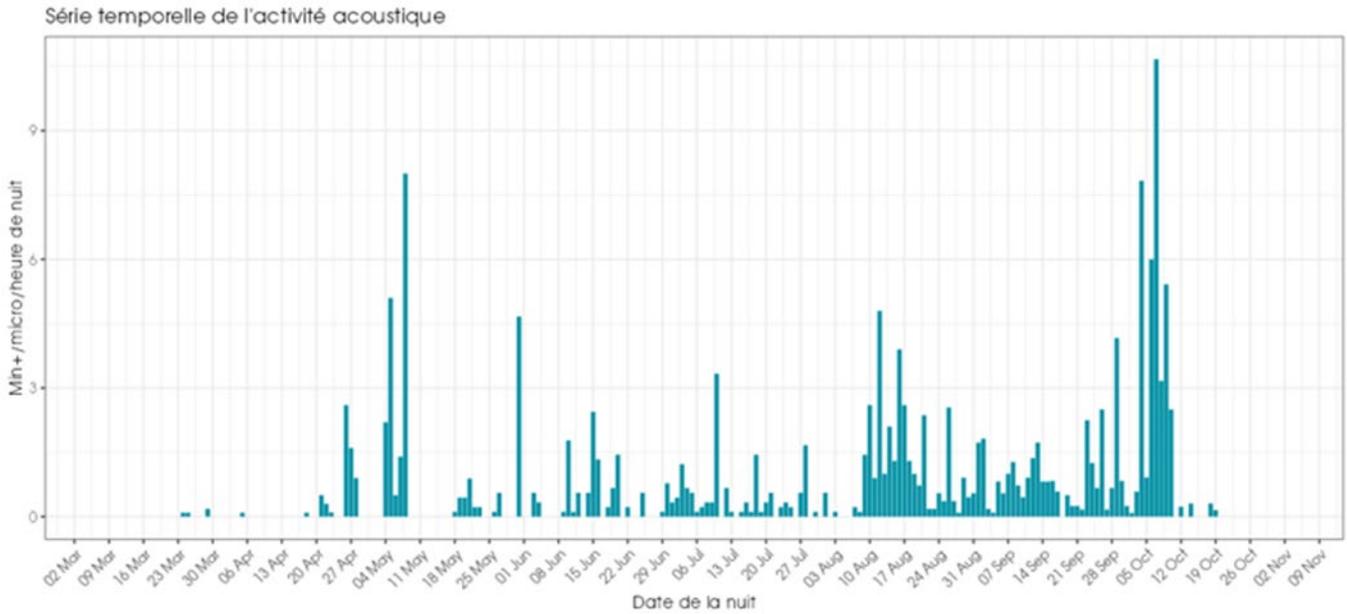


Figure 15 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (99 m) au niveau de l'éolienne E3 de mars à octobre 2023

L'activité enregistrée en nacelle de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2023 débute à partir de fin mars puis montre un premier pic début mai (migration printanière et installation des colonies). Les contacts sont répartis relativement régulièrement sur la période estivale de juin à fin juillet qui correspond à la mise-bas et l'élevage des jeunes. Sur la période automnale (migration et swarming), l'activité est plus importante et connaît des pics mi-août et surtout début octobre.

En 2024 :

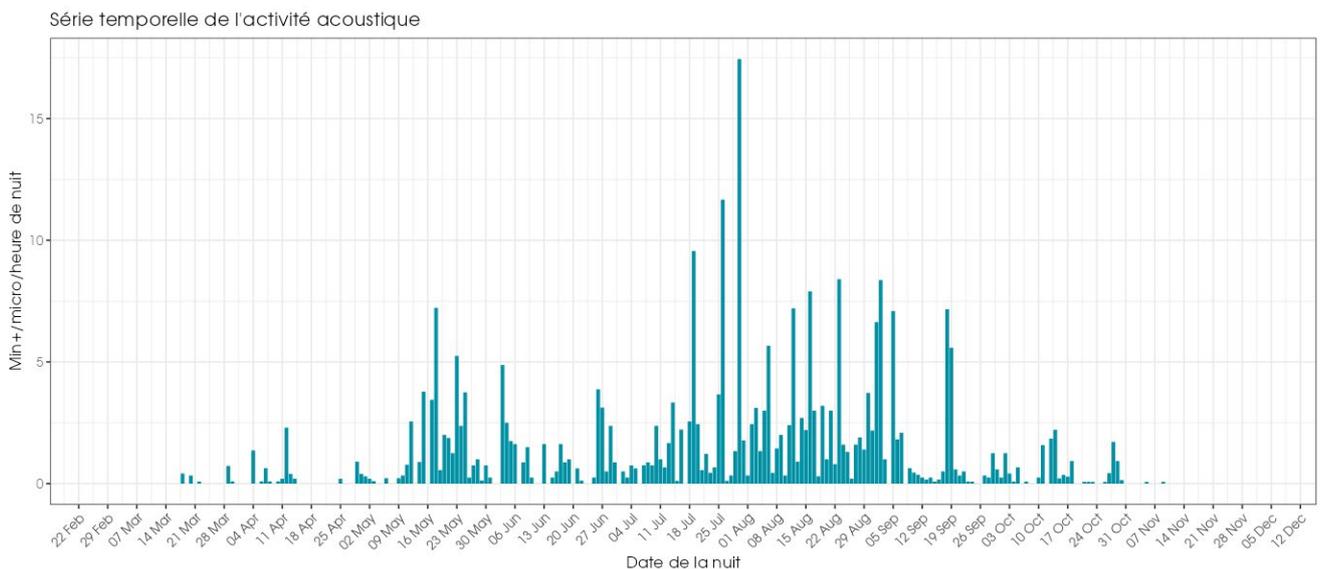


Figure 16 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (99 m) au niveau de l'éolienne E3 de mars à novembre 2024

L'activité enregistrée en nacelle de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2024 débute à partir de fin mars puis montre un premier pic mi-mai (migration printanière et installation des colonies). Les contacts sont répartis relativement régulièrement sur la période estivale (mise-bas et élevage des jeunes) de juin à fin juillet avec des premiers pics d'activité importants fin juillet. Sur la période automnale (migration et swarming), l'activité est plus importante et connaît des pics réguliers de début août à mi-septembre. L'activité reste régulière jusqu'à fin octobre, seuls quelques contacts ponctuels sont enregistrés début novembre.

2.1.4.1 Activité mensuelle

■ Toutes espèces confondues

En 2023 :

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

Au printemps, l'activité augmente progressivement pour atteindre un premier pic en mai.

En période estivale (mise-bas et estivage juin-juillet), l'activité est plus faible qu'en mai mais régulière.

En période automnale (août - octobre), l'activité est très intense sur l'ensemble de cette période. Cette période de migration et d'activité sociale intense est souvent la période la plus sensible au risque de collision.

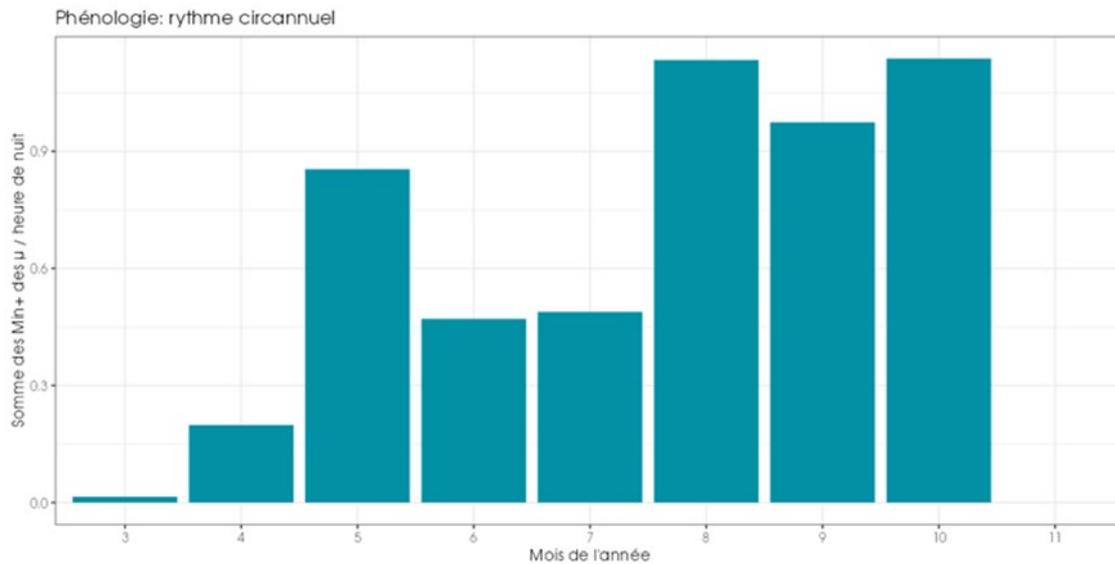


Figure 17 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (99 m) au niveau de l'éolienne E3 de mars à octobre 2023

En 2024 :

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

Au printemps, l'activité augmente progressivement pour atteindre un premier pic en mai.

En période estivale (mise-bas et estivage juin-juillet), l'activité baisse légèrement en juin mais augmente fortement au mois de juillet.

En période automnale (août - octobre), l'activité est très intense au mois d'août puis décroît progressivement jusqu'au mois de novembre.

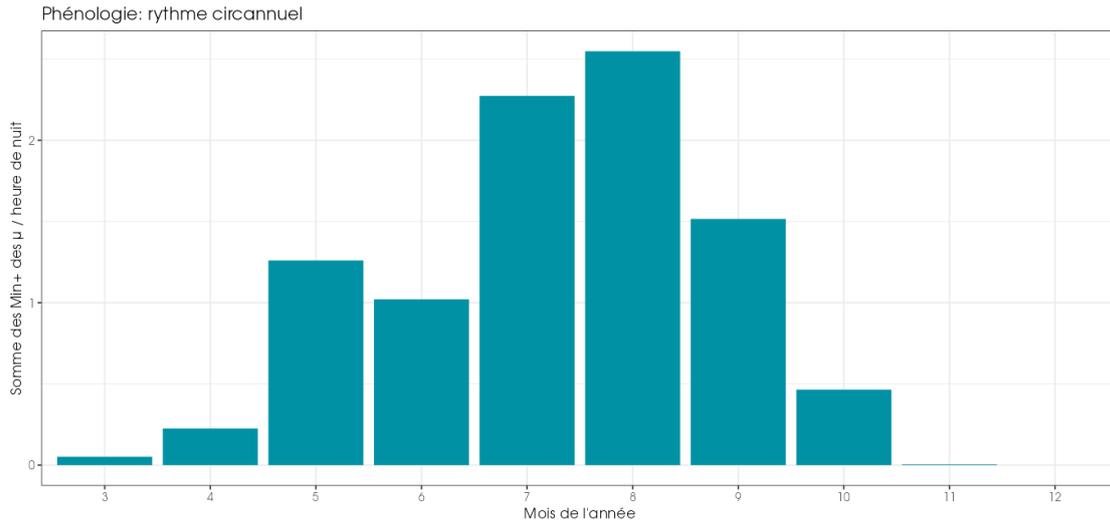


Figure 18 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (99 m) au niveau de l'éolienne E3 de mars à novembre 2024

■ **Pipistrelle commune**

En 2023 :

Pour rappel, la Pipistrelle commune représente 15 % du total des minutes positives obtenues et a une activité forte en toutes saisons.

La Pipistrelle commune a été contactée sur l'ensemble de la période d'enregistrement avec un pic d'activité durant la période de mise-bas, ainsi que pendant la période de *swarming* et de migration automnale.

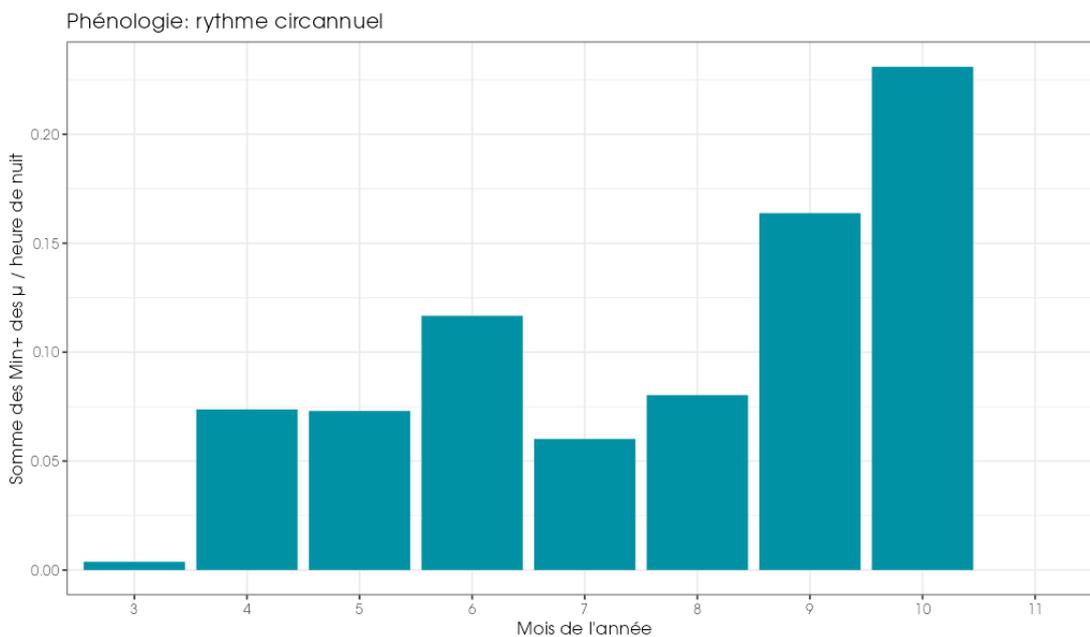


Figure 19 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la Pipistrelle commune, en altitude sur l'éolienne E3 d'Allerey en 2023.

En 2024 :

Pour rappel, la Pipistrelle commune représente 11 % du total des minutes positives obtenues et a une activité forte au printemps et à l'automne et très forte en période estivale.

L'activité de la Pipistrelle commune apparaît brusquement au mois de mai, elle reste équivalente jusqu'au mois d'octobre avec deux pics d'activité importants, le premier en juillet et le second en septembre. La Pipistrelle commune est présente que très ponctuellement en novembre.

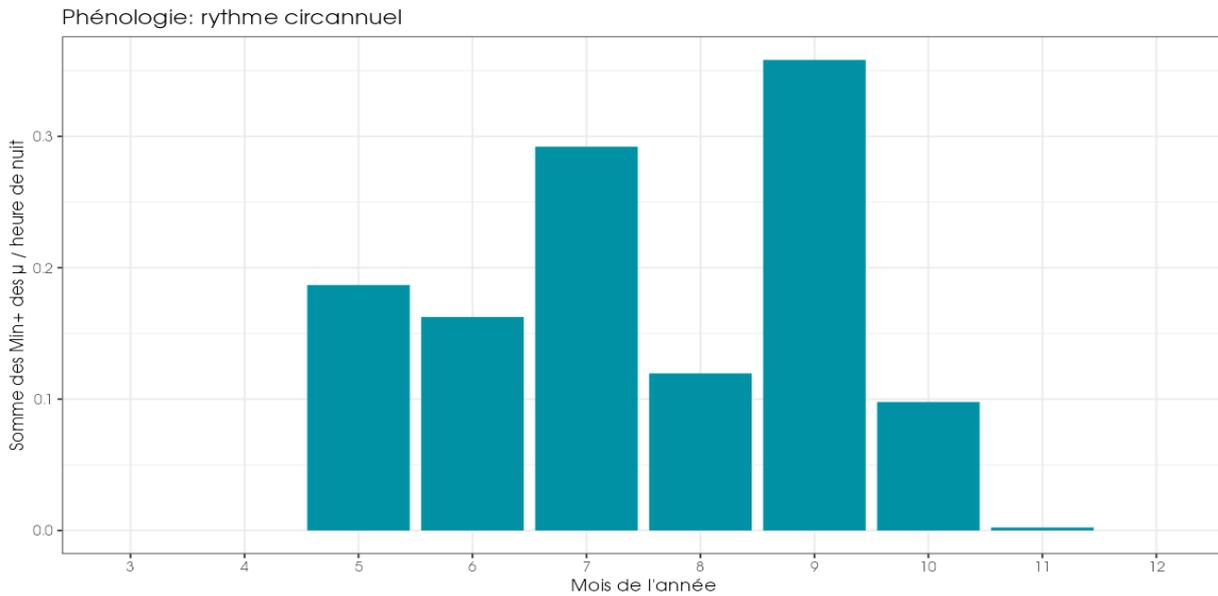


Figure 20 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la Pipistrelle commune, en altitude sur l'éolienne E3 d'Allerey en 2024.

■ **Groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius**

En 2023 :

Les Pipistrelle de Kuhl et de Nathusius ainsi que celles non identifiées à l'espèce représentent 18 % des minutes positives enregistrées en altitude.

Le groupe d'espèces est présent d'avril à octobre avec une activité plus marquée en période de migration, en mai et surtout en septembre/octobre : cela indique un passage migratoire important.

La Pipistrelle de Nathusius est présente avec certitude en période de migration. Les pics d'activité enregistrés en période de migration pour les contacts indéterminés de ce groupe sont majoritairement dus à la Pipistrelle de Nathusius. La Pipistrelle de Kuhl est présente avec certitude sur la quasi-totalité des mois d'enregistrement, donc une population locale doit exister.

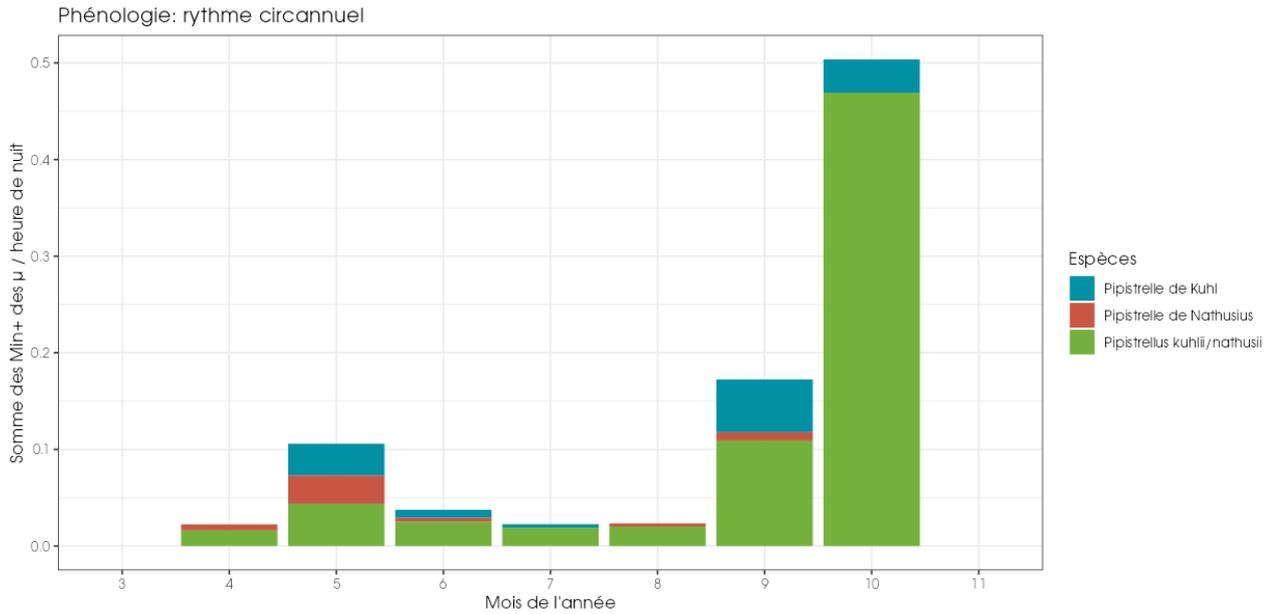


Figure 21 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la paire Pipistrelle de Kuhl / de Nathusius, en altitude sur l'éolienne E3 d'Allerey en 2023.

En 2024 :

La Pipistrelle de Kuhl ainsi que celles non identifiées à l'espèce représentent 14 % des minutes positives enregistrées en altitude en 2024. Le groupe d'espèces est présent d'avril à octobre avec une activité plus marquée en période d'élevage des jeunes en juillet puis de migration automnale en septembre : cela indique à la fois une population locale et un passage migratoire important.

La Pipistrelle de Kuhl est présente avec certitude de juin à octobre, cependant, elle peut être considérée comme présente sur toute la période d'enregistrement. La Pipistrelle de Nathusius n'a pas été identifiée avec certitude mais doit représenter une partie non négligeable de l'activité à l'automne étant donné que cette espèce est connue pour migrer.

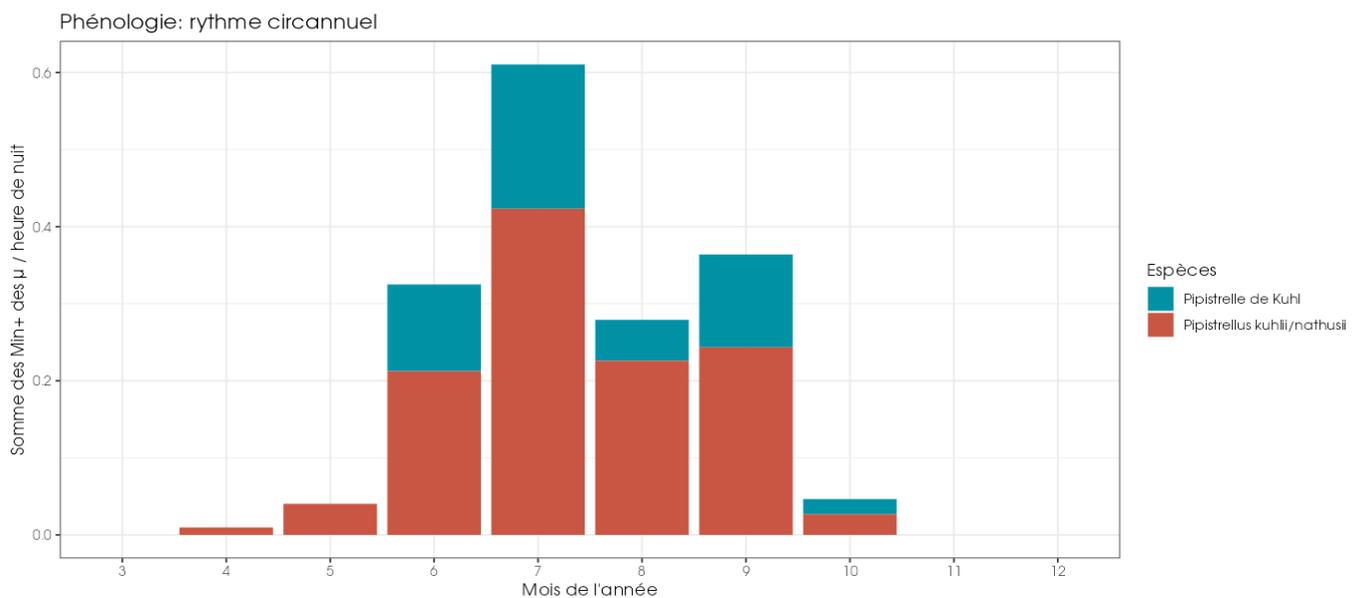


Figure 22 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la paire Pipistrelle de Kuhl / de Nathusius, en altitude sur l'éolienne E3 d'Allerey en 2024.

■ **Groupe Sérotine commune / Noctule de Leisler / Noctule commune**

En 2023 :

La **Noctule de Leisler** est la principale espèce observée en altitude sur ce site, avec **62 % des minutes positives enregistrées**. Son **activité est très forte quelle que soit la saison**. Elle est présente sur le site tout au long de la période d'enregistrement de 2023. Elle est plus abondante en altitude aux périodes de migration mais reste très présente en période estivale. Ceci atteste de la présence à la fois de populations locales et migratrices sur le site.

La **Noctule commune** représente **3 % des minutes positives en altitude**. Elle est quasiment absente au printemps et en été. L'ensemble de son activité se concentre sur les mois d'août et de septembre, ce qui atteste de l'existence d'une population migratrice.

La **Sérotine commune** n'a pas été identifiée avec certitude, cependant, au regard de son écologie, et des contacts du groupe des Sérotine / Noctule identifiées, cette espèce est considérée comme présente en altitude d'avril à octobre.

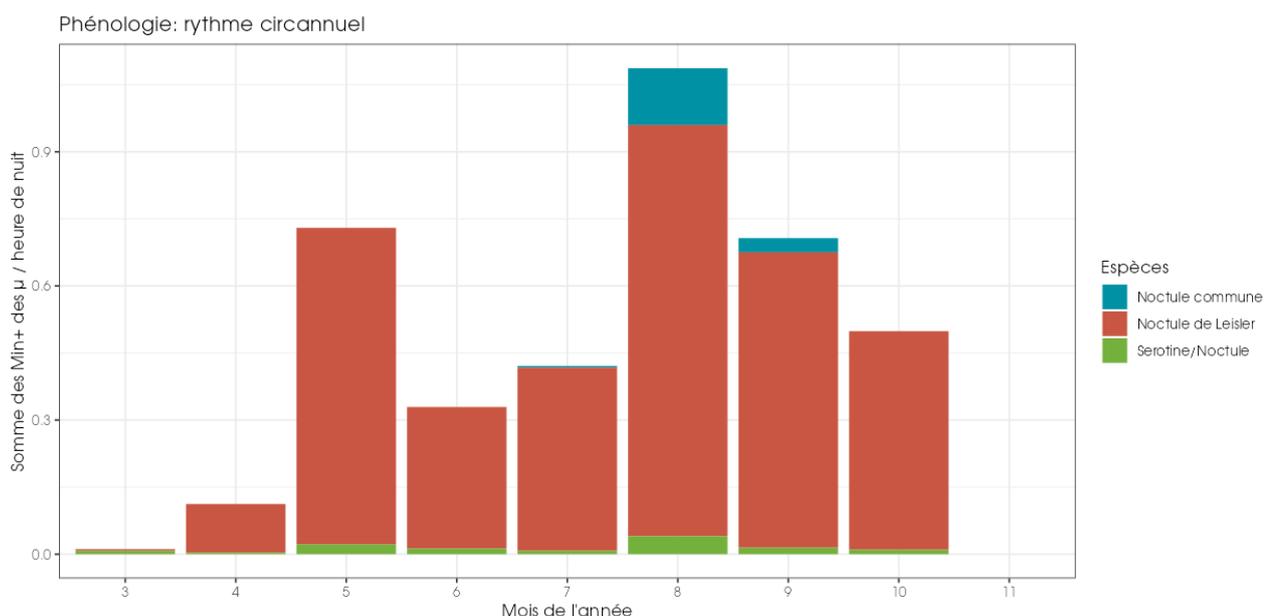


Figure 23 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la Sérotine commune et les noctules, en altitude sur l'éolienne E3 d'Allerey en 2023.

En 2024 :

La **Noctule de Leisler** est la principale espèce observée en altitude sur ce site, avec **59 % des minutes positives enregistrées**. Son **activité est très forte quelle que soit la saison**. Elle est présente sur le site tout au long de la période d'enregistrement de 2024. Elle est plus abondante en altitude aux périodes de migration printanière et automnale mais reste très présente en période estivale. Ceci atteste de la présence de populations locales et migratrices sur le site.

La **Noctule commune** représente **1 % des minutes positives en altitude**. Son **activité est moyenne au printemps et à l'automne. Elle est faible en été**. Elle est peu présente au printemps malgré des contacts ponctuels dès le mois de mars. Elle est également peu présente en période estivale. La majeure partie de son activité se concentre sur les mois d'août et de septembre, ce qui atteste de l'existence d'une population migratrice.

La **Sérotine commune** a été identifiée avec certitude fin juillet, cependant, au regard de son écologie, et des contacts du groupe des Sérotine / Noctule identifiés, cette espèce est considérée comme présente en altitude d'avril à octobre.

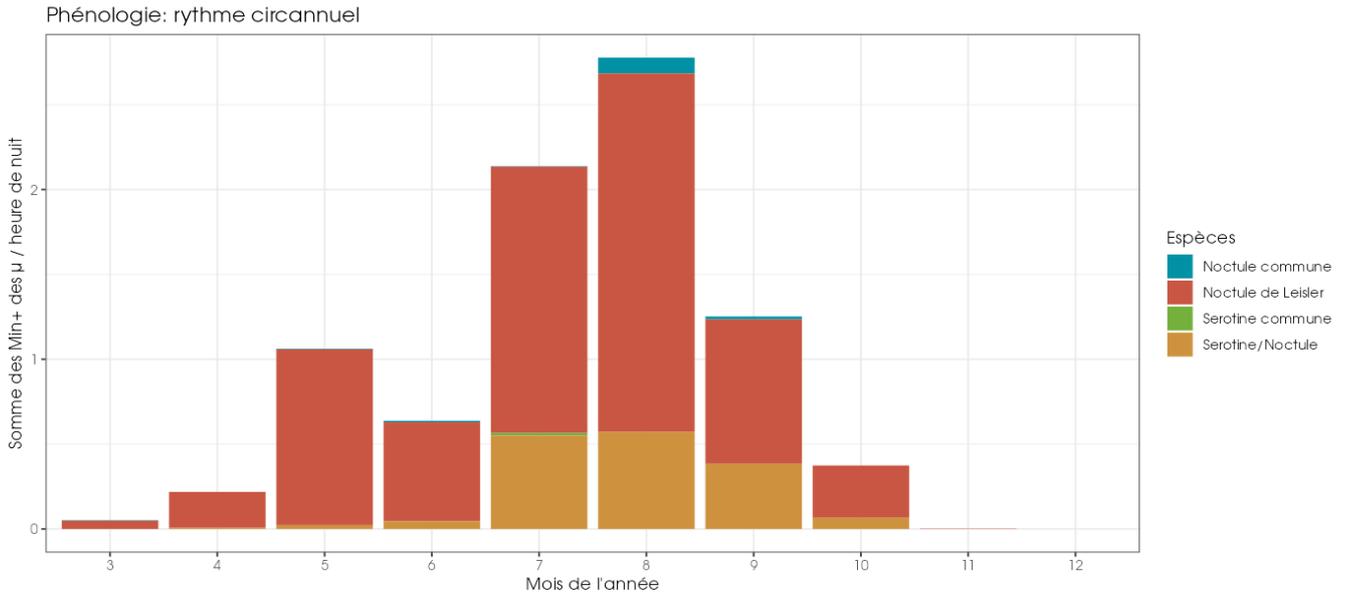


Figure 24 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, la Séroline commune et les noctules, en altitude sur l'éolienne E3 d'Allerey en 2024.

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

Pour l'ensemble des graphiques montrant l'activité en fonction de l'heure après le coucher du soleil, la répartition des contacts est exprimée en heures relatives. Elle correspond au nombre d'heures écoulées depuis le dernier coucher du soleil.

2.1.4.2.1. Phénologie d'activité printanière (mars à mai)

En 2023, l'activité est visible tout au long de la nuit, avec des pics d'activité dès la troisième heure après le coucher du soleil. L'activité reste régulière le reste de la nuit.

En 2024, l'activité est visible tout au long de la nuit, avec des pics d'activité dès la deuxième heure après le coucher du soleil. L'activité diminue ensuite fortement pour réaugmenter progressivement jusqu'à la cinquième heure de nuit.

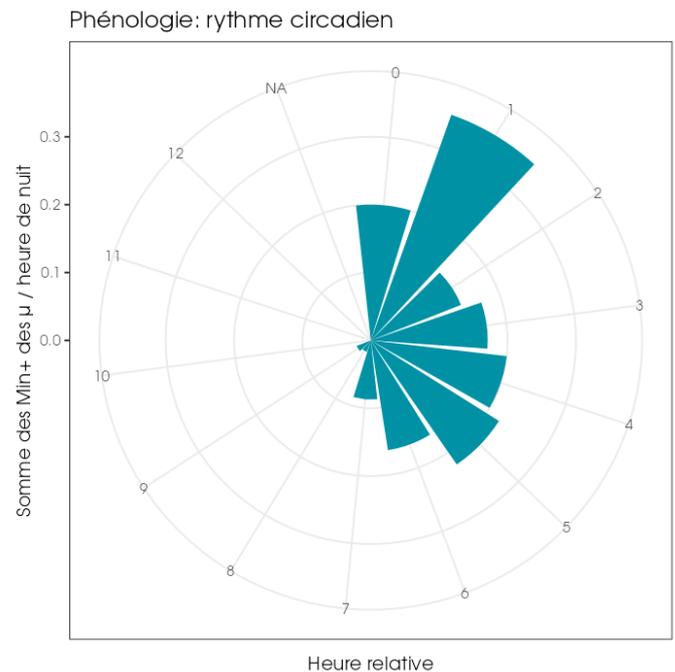
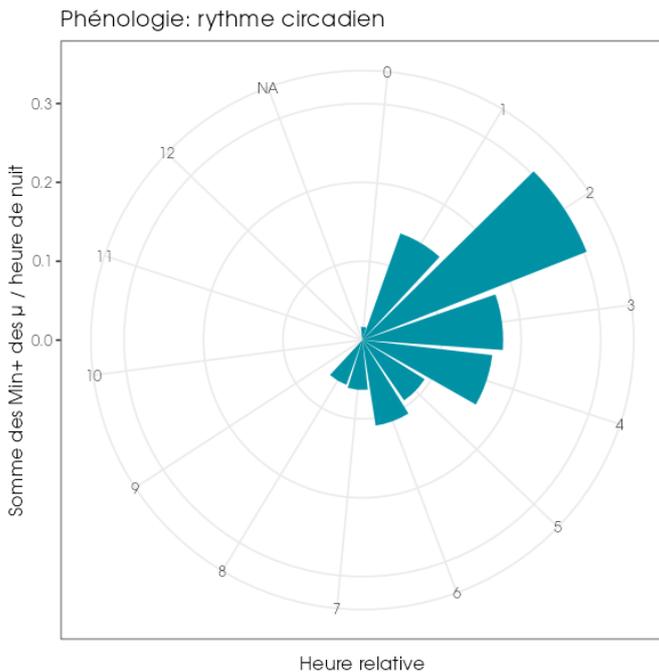


Figure 25 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, durant les mois de mars à mai en 2023 (à droite) et 2024 (à gauche)

2.1.4.2.2. Phénologie d'activité estivale (juin à juillet)

En 2023, l'activité est visible tout au long de la nuit, avec une activité plus intense les trois premières heures de la nuit puis une nouvelle hausse de l'activité la quatrième heure de nuit.

En 2024, l'activité est également visible toute la nuit mais avec une activité plus intense les deuxième et troisième heure de la nuit.

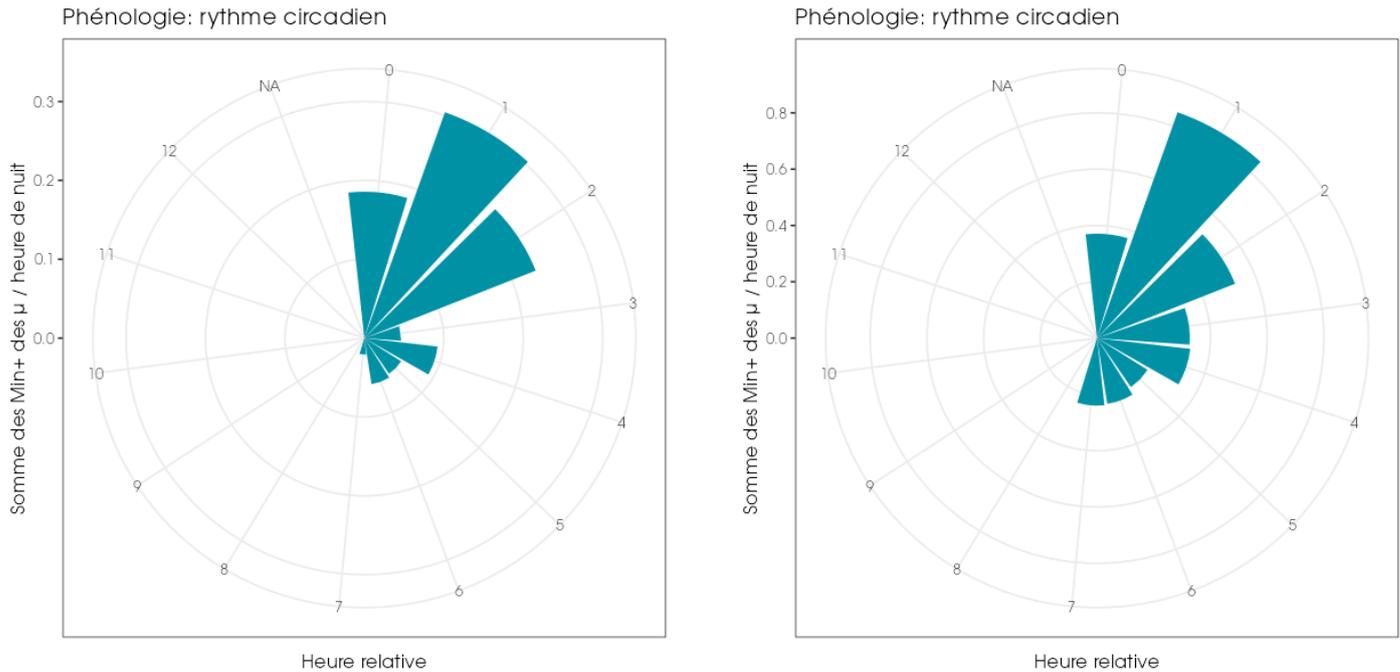


Figure 26 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, durant les mois de juin et juillet en 2023 (à droite) et 2024 (à gauche)

2.1.4.2.3. Phénologie d'activité automnale (août à octobre-novembre)

En 2023, l'activité est également visible tout au long de la nuit, avec notamment une activité intense les quatre premières heures de la nuit puis une activité plus marquée en fin de nuit. Ces activités tardives peuvent signifier que des gîtes sont situés à proximité.

En 2024, l'activité est visible tout au long de la nuit avec une activité plus intense les deux premières heures de la nuit.

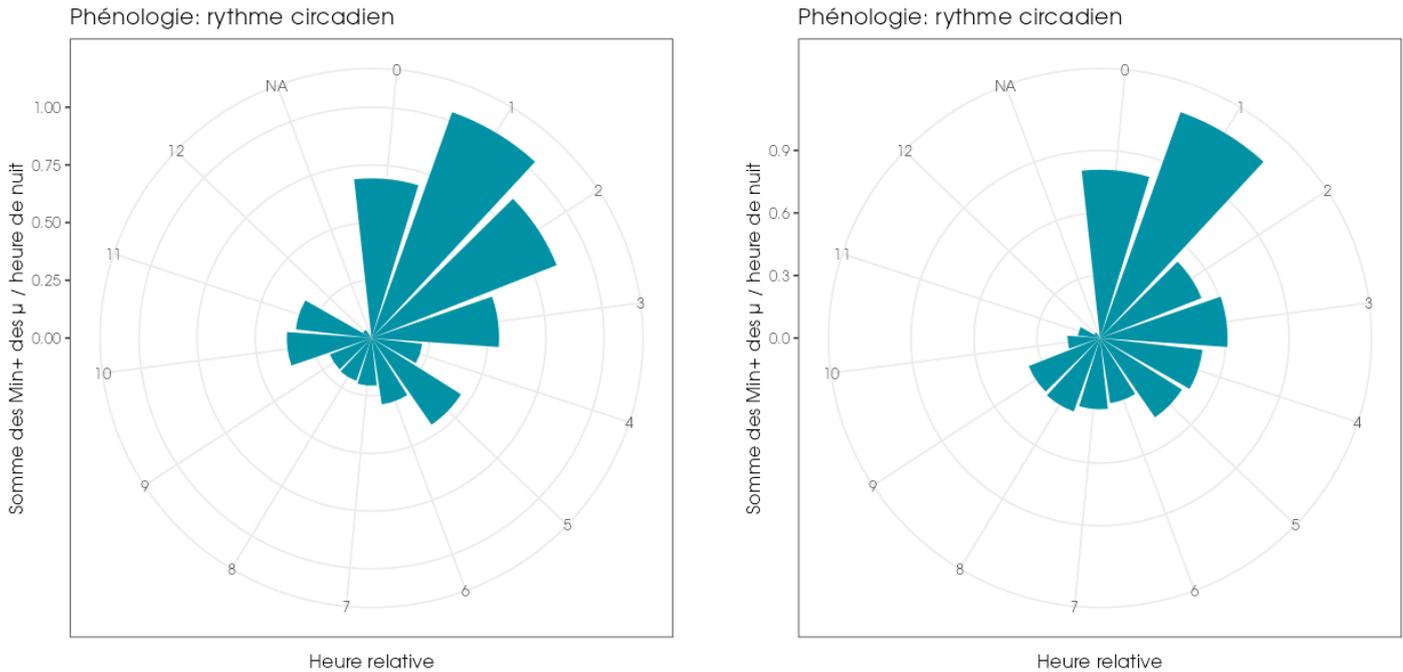


Figure 27 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, durant les mois d'août à octobre en 2023 (à droite) et novembre en 2024 (à gauche)

2.1.4.2.4. Bilan phénologique annuel

Comme indiqué ci-dessus, l'activité en altitude des chauves-souris ne disparaît pas totalement au cours de la nuit. À certaines périodes de l'année, l'activité peut même être particulièrement importante à différents moments de la nuit.

En 2023 si on examine dans le détail l'activité des chauves-souris sur l'ensemble des nuits (voir figure ci-après), les pics d'activité sont observés généralement en début et fin de nuit. En dehors des périodes de migration, l'activité est plus éparse dans le temps. Mais sur les périodes de migration printanière et automnale, l'activité est très importante sur l'ensemble de la nuit et reste forte jusqu'à mi-octobre. Cette activité intense est particulièrement associée à la Noctule de Leisler.

En 2024, l'activité est plus régulière au cours de la nuit en dehors des périodes de migration. Sur les périodes de migration printanière et automnale, l'activité est très importante sur l'ensemble de la nuit et reste forte jusqu'à mi-septembre. Cette activité intense est particulièrement associée à la Noctule de Leisler.

On observe une variation interannuelle de l'activité des chauves-souris bien que l'activité reste toujours plus importante en période de migration. D'une année à l'autre, différents facteurs peuvent influencer l'activité des chauves-souris, l'activité est donc susceptible d'encore évoluer.

Le graphique suivant présente l'activité, toutes espèces confondues. Dans les actogrammes, la zone en violet correspond à la nuit.

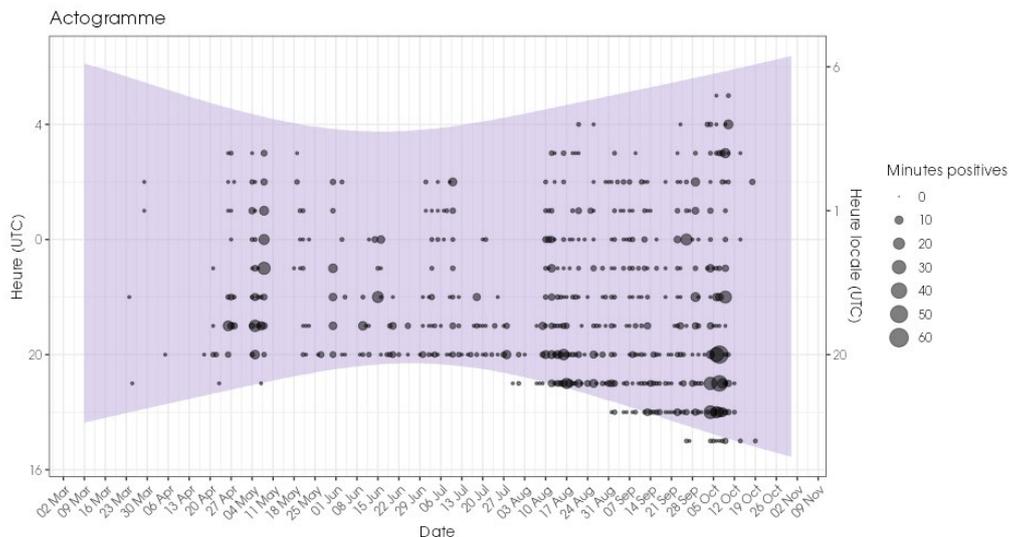


Figure 28 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre mars et octobre 2023.

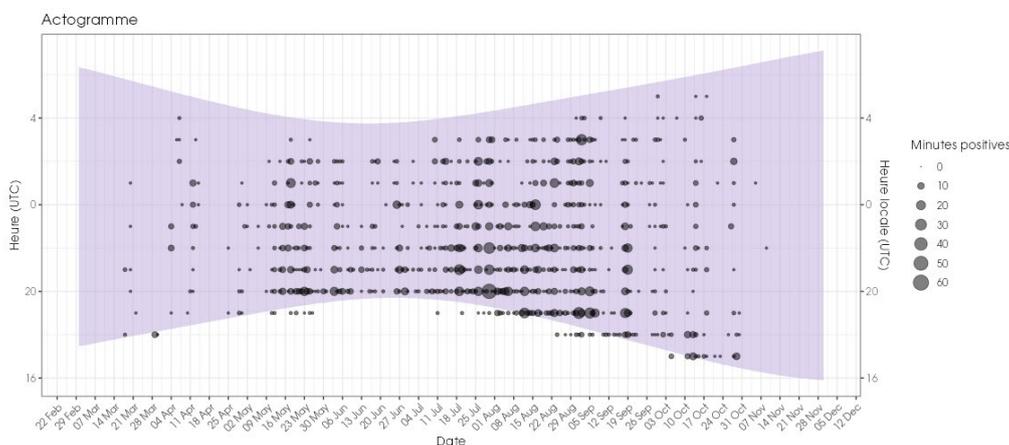


Figure 29 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre mars et novembre 2024.

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

Le tableau suivant présente la distribution des minutes positives en fonction des heures relatives après le coucher du soleil. Pour chaque percentile ciblé (de 50 % à 99 %), l'heure correspondante à laquelle il est atteint est indiquée. Par exemple, plus de 50% des minutes positives sont enregistrés dans les 3 premières heures suivant le coucher du soleil.

Tableau 13 : Proportions des minutes positives obtenues en hauteur (99 m) en fonction de l'heure relative 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%
Ensemble des données 2023	2h42 933 min. pos.	5h06 1 361 min. pos.	6h36 1 534 min. pos.	7h12 1 615 min. pos.	8h48 1 708 min. pos.	11h24 1 753 min. pos.
Ensemble des données 2024	3h00 1 708 min. pos.	5h24 2 565 min. pos.	6h42 2 892 min. pos.	7h24 3 052 min. pos.	8h30 3 226 min. pos.	10h06 3 359 min. pos.

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

Les distributions des minutes positives en fonction des heures relatives après le coucher du soleil sont relativement proches entre les deux années de suivi, avec la plus grande différence au 99^{ème} percentile, de près d'une heure. Cette analyse fournit les informations suivantes :

- 90% de l'activité en altitude se concentre dans les 7h12 (2023) et 7h24 (2024) qui suivent le coucher du soleil selon l'année de suivi ;
- 75% de l'activité en altitude se concentre dans les 5h06 (2023) et 5h24 (2024) qui suivent le coucher du soleil selon l'année de suivi ;
- 50 % de l'activité en altitude a été obtenue entre le coucher du soleil et environ 2h42 (2023) et 3h (2024) après celui-ci selon l'année de suivi.

2.1.5 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 (99 m) en fonction de différents paramètres météorologiques : vitesse du vent, température et pluviométrie.

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).

2.1.5.1 Activité en fonction de la vitesse du vent (m/s) mesurée à 99 m

2.1.5.1.1. Répartition des contacts par classe de vent

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 E3 (= **conditions disponibles**) obtenue à hauteur de nacelle 99 m).

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.

En 2023 :

Au cours de la période d'analyse qui s'étendent de mars à octobre 2023, les instruments de mesure installés sur la nacelle de l'éolienne E3 ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages moyennes de vitesses de vent, allant de 0 à 22,6 m/s. L'échantillonnage est important pour les vitesses de vent comprises entre 2 et 8 m/s.

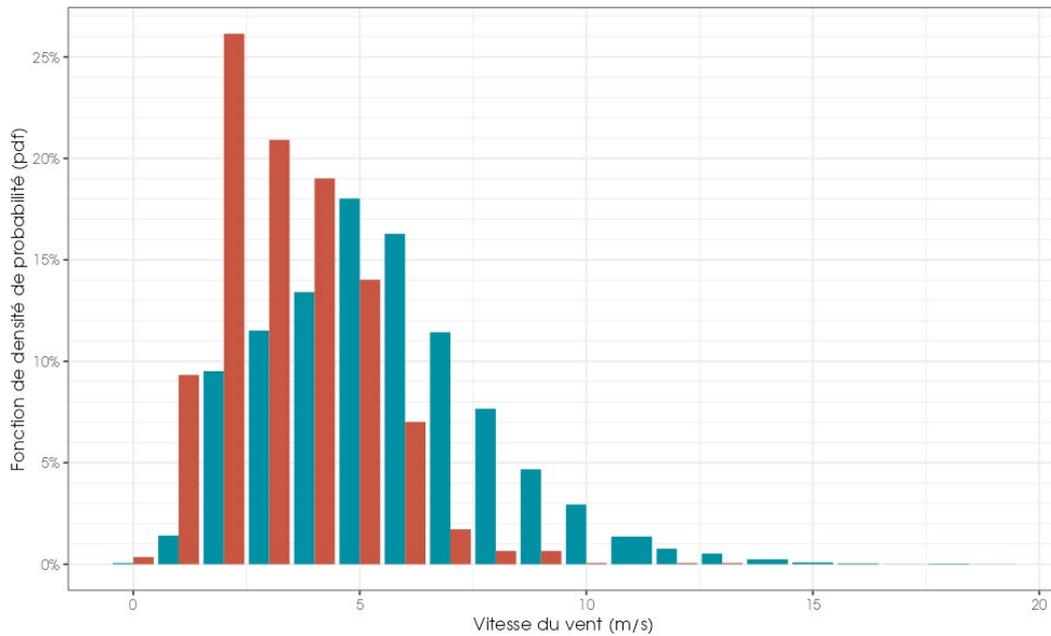


Figure 30 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2023

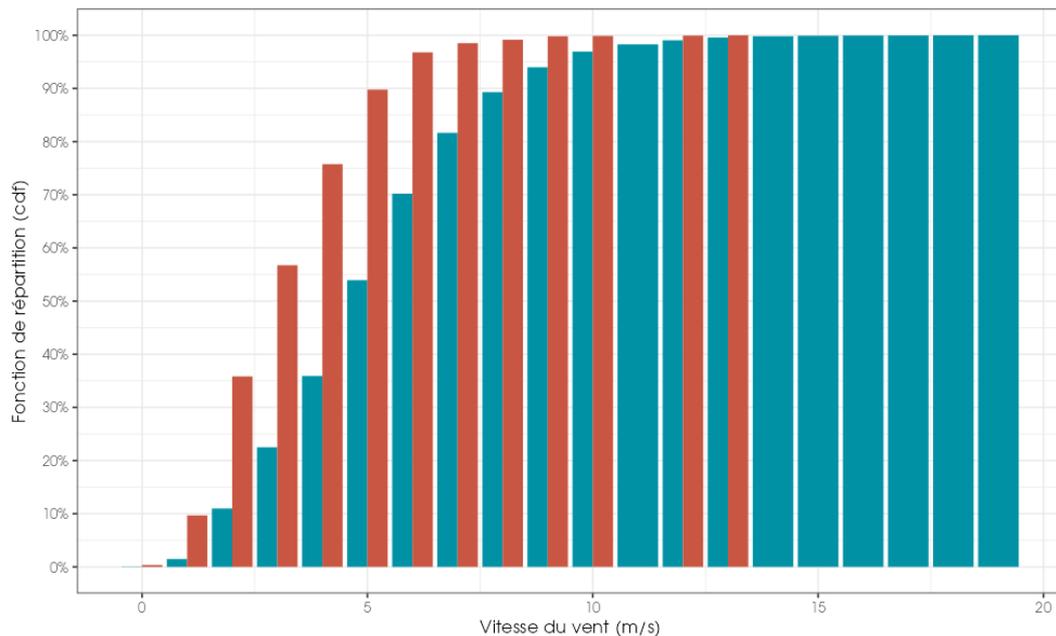


Figure 31 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2023

Les graphiques montrent que :

- Toutes espèces confondues et à une altitude de 99 m, la proportion de contacts de chauves-souris en fonction de la vitesse du vent diminue de manière importante sur le site à partir de 5 m/s ;
- Au-delà de 9 m/s, les chauves-souris ne sont globalement plus actives. On observe néanmoins quelques contacts exceptionnels entre 10 et 13 m/s.

En 2024 :

Au cours de la période d'analyse qui s'étend de mars à novembre 2024, les instruments de mesure installés sur l'éolienne E3 du parc d'Allerey ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages moyennes de vitesses de vent allant de 0,2 à 18,9 m/s.

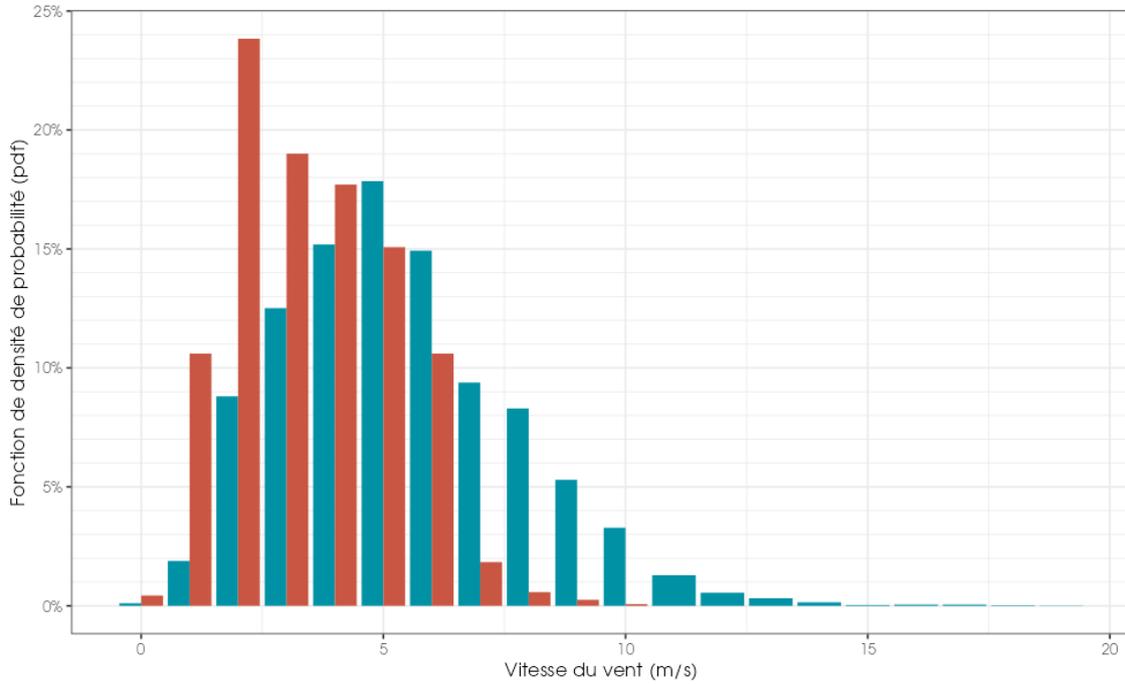


Figure 32 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2024

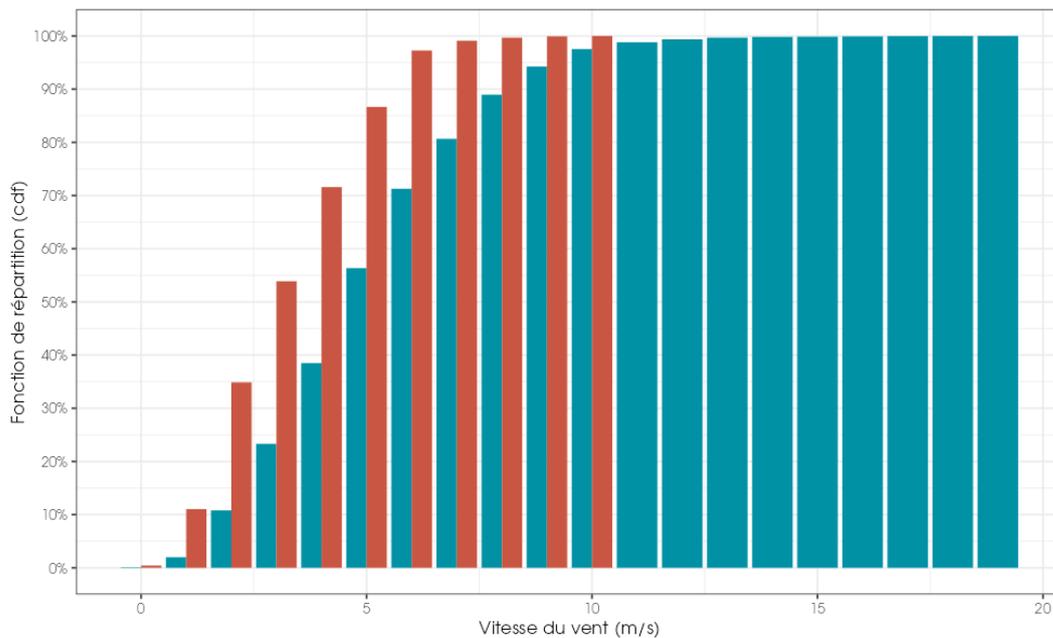


Figure 33 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2024

Les graphiques montrent que :

- Toutes espèces confondues et à une altitude de 99 m, la proportion de contacts de chauves-souris en fonction de la vitesse du vent diminue de manière importante sur le site à partir de 5 m/s ;
- Au-delà de 8 m/s, les chauves-souris ne sont globalement plus actives. On observe néanmoins quelques contacts exceptionnels à 10 m/s.

Toutes espèces confondues et quelle que soit l'année, l'activité des chauves-souris diminue en fonction du vent de manière importante sur le site au-delà de 5 m/s.

2.1.5.1.2. Proportion des activités en fonction de la vitesse du vent

Le tableau suivant présente la distribution des minutes positives en fonction des vitesses de vent. Pour chaque percentile ciblé (de 50 % à 99 %), la vitesse de vent à laquelle il est atteint est indiquée. Par exemple, plus de 50% des minutes positives sont enregistrés sous les 3,2 m/s en prenant toutes les données de l'année.

Tableau 14 : Proportions des minutes positives obtenues en hauteur (99 m) en fonction de la vitesse du vent

Contacts en altitude	Année de suivi	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	2023	3,1 m/s 904 min. pos.	4,4 m/s 1 362 min. pos.	5,1 m/s 1 533 min. pos.	5,5 m/s 1 628 min. pos.	6,0 m/s 1 704 min. pos.	8,0 m/s 1 774 min. pos.
	2024	3,2 m/s 1 698 min. pos.	4,7 m/s 2 558 min. pos.	5,4 m/s 2 926 min. pos.	5,7 m/s 3 060 min. pos.	6,2 m/s 3 253 min. pos.	7,4 m/s 3 357 min. pos.
Période printanière (mars à mai)	2023	2,0 m/s 161 min. pos.	4,2 m/s 238 min. pos.	5,0 m/s 271 min. pos.	5,7 m/s 290 min. pos.	6,3 m/s 302 min. pos.	8,5 m/s 314 min. pos.
	2024	3,2 m/s 35 min. pos.	4,3 m/s 116 min. pos.	5,1 m/s 379 min. pos.	5,5 m/s 402 min. pos.	6,0 m/s 421 min. pos.	6,3 m/s 438 min. pos.
Période estivale (juin à juillet)	2023	4,3 m/s 130 min. pos.	5,4 m/s 198 min. pos.	5,9 m/s 213 min. pos.	6,0 m/s 229 min. pos.	6,3 m/s 238 min. pos.	7,1 m/s 247 min. pos.
	2024	2,4 m/s 562 min. pos.	3,9 m/s 818 min. pos.	4,9 m/s 927 min. pos.	5,4 m/s 992 min. pos.	5,9 m/s 1 042 min. pos.	6,4 m/s 1 072 min. pos.
Période automnale (août à octobre-novembre)	2023	3,2 m/s 638 min. pos.	4,2 m/s 942 min. pos.	4,9 m/s 1056 min. pos.	5,3 m/s 1 108 min. pos.	5,7 m/s 1 164 min. pos.	7,9 m/s 1 212 min. pos.
	2024	3,8 m/s 956 min. pos.	5,0 m/s 1 406 min. pos.	5,6 m/s 1 606 min. pos.	5,9 m/s 1685 min. pos.	6,3 m/s 1 772 min. pos.	8,1 m/s 1 848 min. pos.

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 du suivi réalisé **sur 2023 et 2024** l'analyse des résultats montre une nette préférence des chauves-souris **pour des vents nocturnes inférieurs à 5 m/s**.

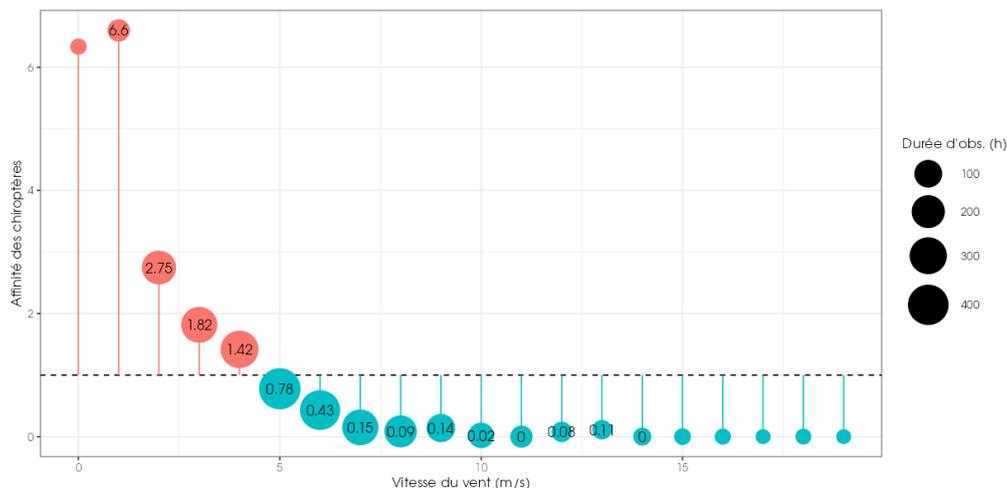


Figure 34 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2023

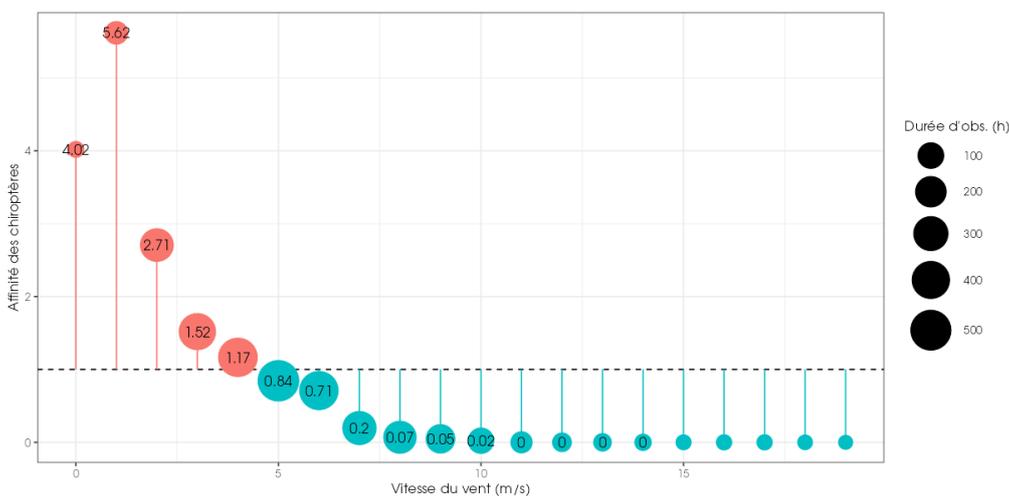


Figure 35 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2024

2.1.5.1.1. Bilan de l'activité en altitude en fonction de la vitesse de vent

La distribution de l'activité des chiroptères en fonction des vitesses de vent varie peu entre 2023 et 2024. L'analyse des seuils de vent utilisés par les chauves-souris fournit les principales informations suivantes :

- 90 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 5,5 m/s en 2023 et à 5,7 m/s en 2024 ;
- 75 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 4,4 m/s en 2023 et à 4,7 m/s en 2024 ;
- 50 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 3,1 m/s en 2023 et à 3,2 m/s en 2024.

2.1.5.2 Activité en fonction de la température (°C) mesurée à 99 m

2.1.5.2.1. Répartition des contacts par classe de la température

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 (99 m).

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.

En 2023 :

Au cours de la période d'analyse qui s'étend de mars à octobre 2023, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages de températures allant de -0,4 à 34,4°C.

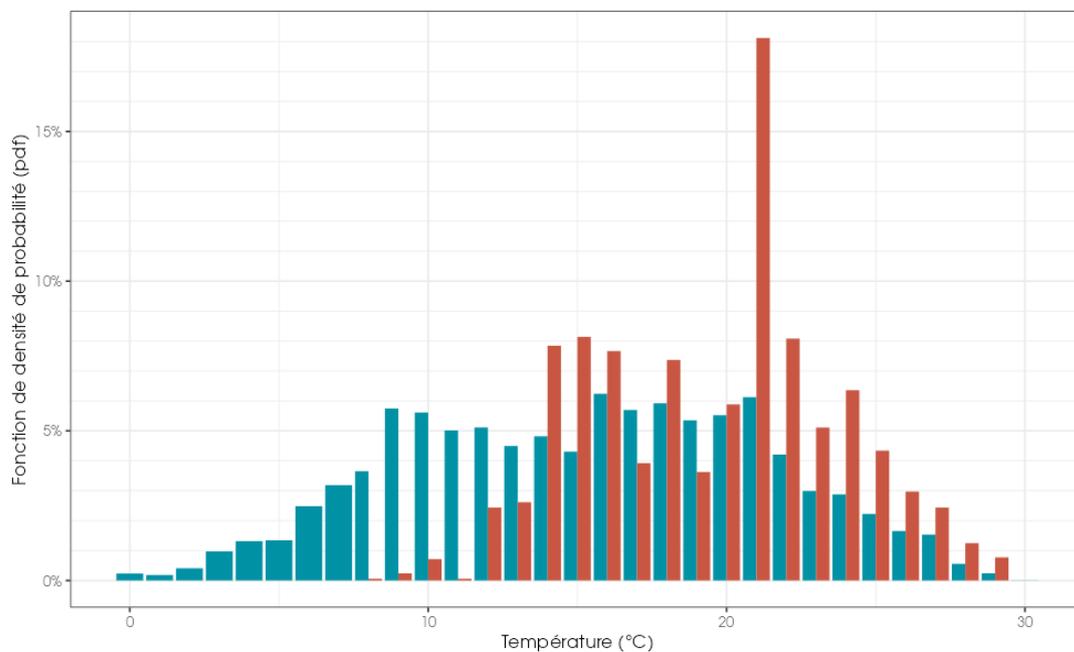


Figure 36 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne (°C) en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2023

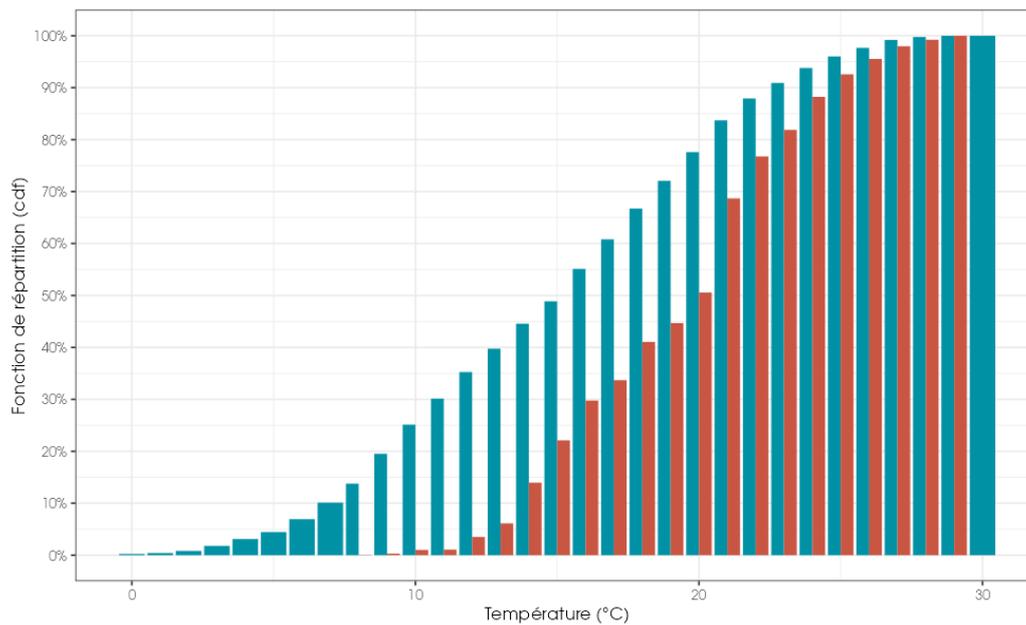


Figure 37 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne (°C) en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2023

Les graphiques montrent que toutes espèces confondues et à une altitude de 99 m, la proportion de contacts de chauves-souris en fonction de la température, les chauves-souris utilisent globalement les conditions disponibles au-dessus de 13°C, avec quelques observations à des températures de 8°C.

En 2024 :

Au cours de la période d'analyse qui s'étend de mars à novembre 2024, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages de températures allant de -0,5 à 34,4°C.

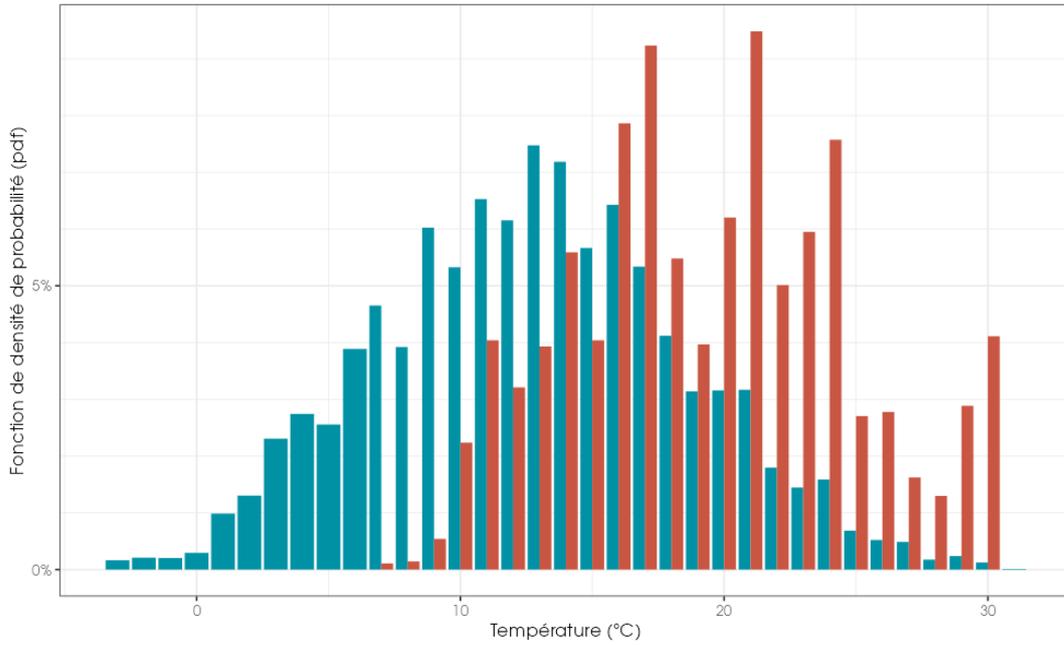


Figure 38 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne (°C) en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2024

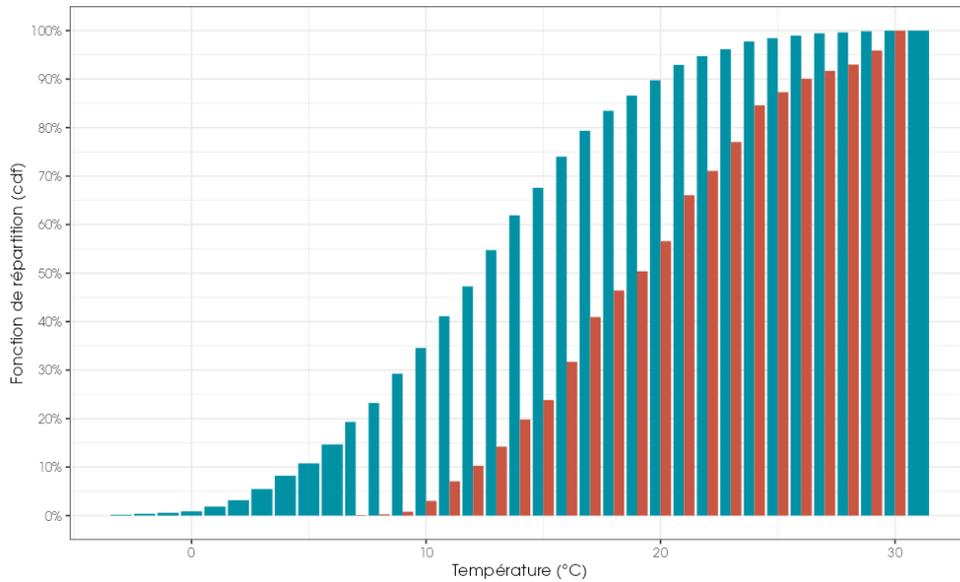


Figure 39 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne (°C) en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2024

En 2024, les graphiques montrent que, pour toutes espèces confondues et à une altitude de 99 m, les chauves-souris utilisent globalement les conditions disponibles au-dessus de 10°C, avec quelques observations à des températures entre 7°C et 10°C.

2.1.5.2.2. Proportion des activités en fonction de la température

Le tableau suivant présente la distribution des minutes positives en fonction des températures. Pour chaque percentile ciblé (de 50 % à 99 %), la température à laquelle il est atteint est indiquée. Par exemple, plus de 50% des minutes positives sont enregistrés sous les 20,2°C en prenant toutes les données de l'année 2024.

Tableau 15 : Proportions des minutes positives obtenues en hauteur (99 m) en fonction de la température

Période d'écoute	Année de suivi	Température (en °C à 99 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	2023	20,4°C 918 min pos	16,0°C 1 346 min pos	14,6°C 1 540 min pos	14,2°C 1 616 min pos	13,0°C 1 714 min pos	11,6°C 1 774 min pos
	2024	20,2 °C 1 702 min pos	16,0 °C 2 555 min pos	14,0 °C 2 909 min pos	13,0 °C 3 055 min pos	11,1 °C 3 227 min pos	9,8 °C 3 356 min pos
Période printanière (mars à mai)	2023	14,9°C 161 min pos	14,2°C 246 min pos	13,4°C 270 min pos	12,1°C 291 min pos	11,9°C 302 min pos	9,6°C 315 min pos
	2024	13,3 °C 223 min pos	11,3 °C 334 min pos	11,0 °C 377 min pos	10,8°C 409 min pos	10,3°C 427 min pos	8,8 °C 438 min pos
Période estivale (juin à juillet)	2023	20,8°C 131 min pos	18,9°C 188 min pos	17,8°C 212 min pos	16,7°C 227 min pos	16,3°C 241 min pos	14,9°C 247 min pos
	2024	23,3 °C 554 min pos	18,9 °C 816 min pos	16,8 °C 921 min pos	16,0 °C 974 min pos	14,2 °C 1 034 min pos	13,3 °C 1 071 min pos
Période automnale (août à octobre-novembre)	2023	20,9°C 646 min pos	17,5°C 933 min pos	15,6°C 1 043 min pos	14,6°C 1 102 min pos	13,7°C 1 166 min pos	11,8°C 1 217 min pos
	2024	20,2 °C 957 min pos	16,6 °C 1404 min pos	15,3 °C 1581 min pos	14,2°C 1 684 min pos	11,5°C 1 772 min pos	9,6 °C 1 846 min pos

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 **sur 2023** montre une nette préférence des chauves-souris pour des températures nocturnes **supérieures à 13°C**.

Dans le cadre de l'étude, l'analyse des résultats **sur 2024** montre une nette préférence des chauves-souris pour des températures nocturnes **supérieures à 16°C**.

- 75% de l'activité en altitude a été enregistrée pour des températures supérieures à 16,0°C en 2023 comme en 2024 ;
- 50% l'activité en altitude a été enregistrée pour des températures supérieures à 20,4°C en 2023 et à 20,2°C en 2024.

2.1.5.3 Activité en fonction de la pluviométrie (mm/h) mesurée à 99 m

Ces données n'étaient pas disponibles lors des analyses conduites en 2023.

Au cours de la période d'analyse qui s'étend de mars à novembre 2024, les instruments de mesure installés sur la nacelle de l'éolienne E3 ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages de pluviométrie allant de 0 à 120 mm/h.

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 (99 m).

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

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

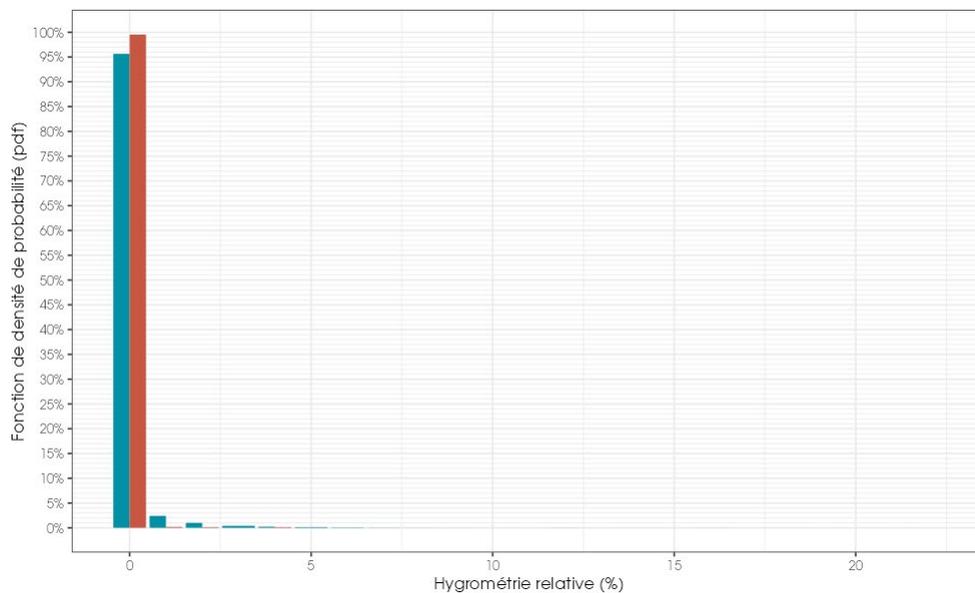


Figure 42 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de pluviométrie nocturne (mm/h), en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2024

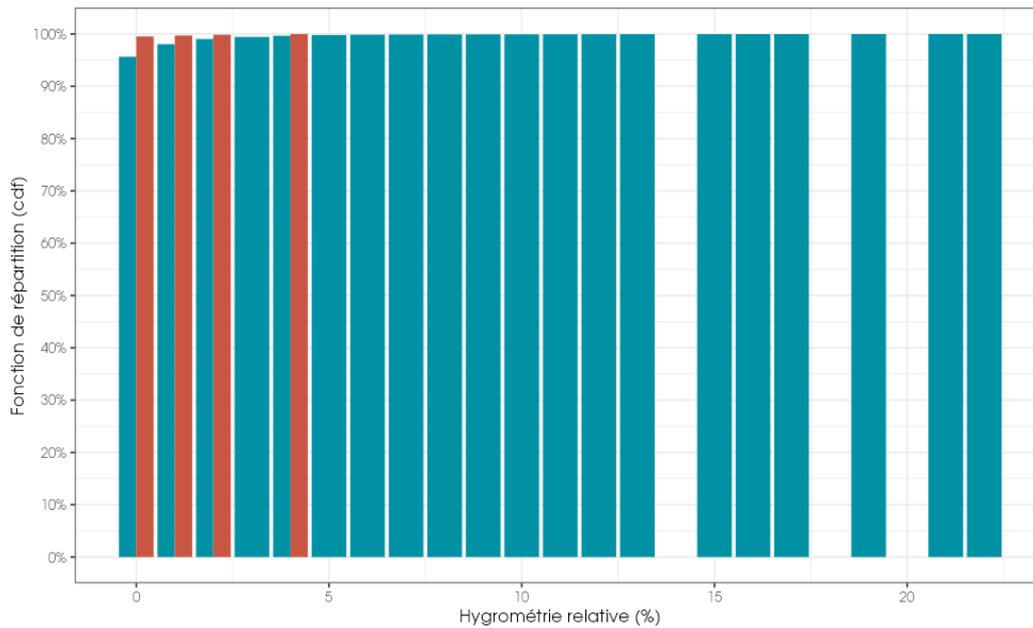


Figure 43 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (99 m), au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2024

Les graphiques montrent que, pour toutes espèces confondues et à une altitude de 99 m, les chauves-souris utilisent majoritairement les conditions disponibles en-dessous de 1 mm/h, avec quelques observations à 4 mm/h.

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 **sur 2024** montre une préférence des chauves-souris pour une pluviométrie nocturnes **inférieure à 1 mm/h**.

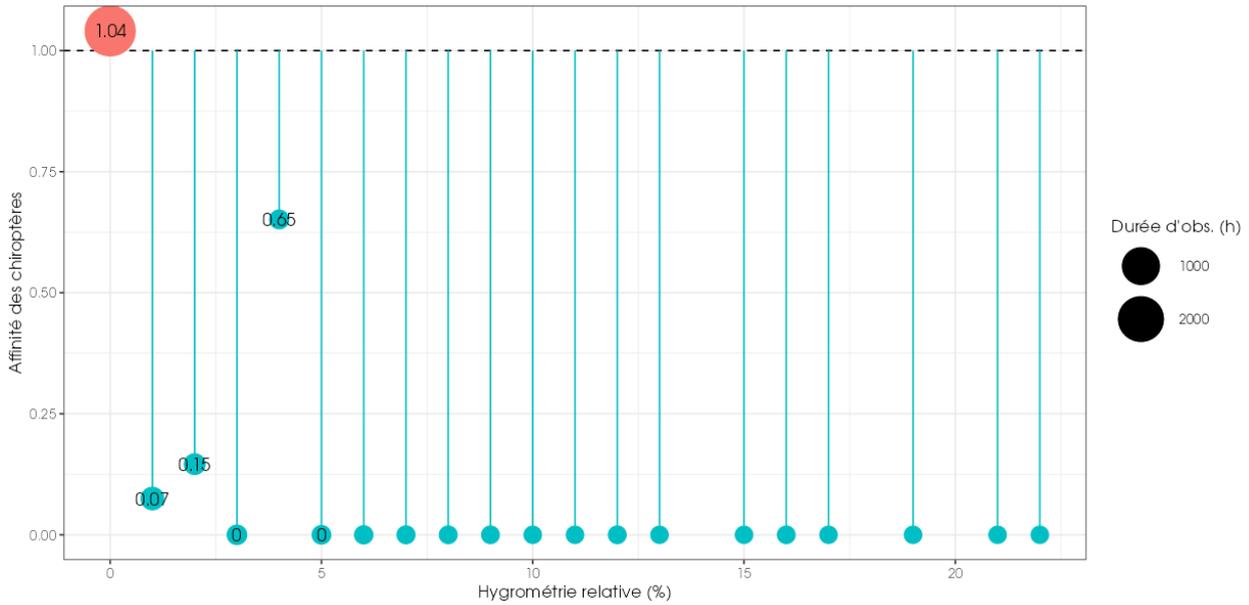


Figure 44 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes pluviométrique nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (99 m) en 2024

L'activité des chiroptères, toutes espèces confondues, est faible à nulle lorsque la pluviométrie dépasse 1mm/h.

2.1.5.4 Combinaison des facteurs température et vitesse de vent

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

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.

En 2023 :

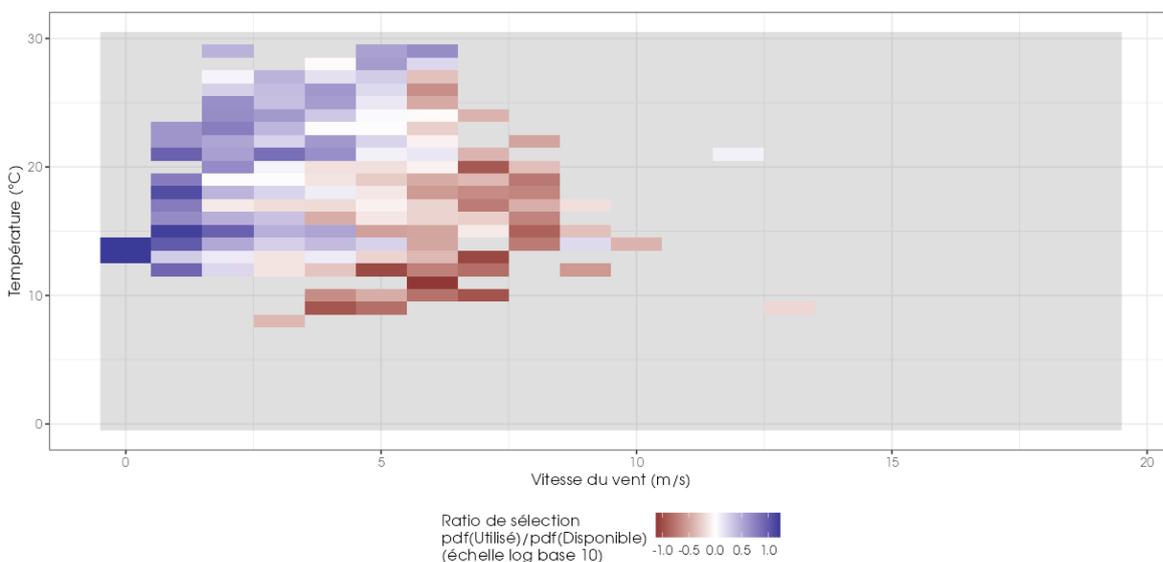


Figure 45 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 99 m en 2023. Les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris

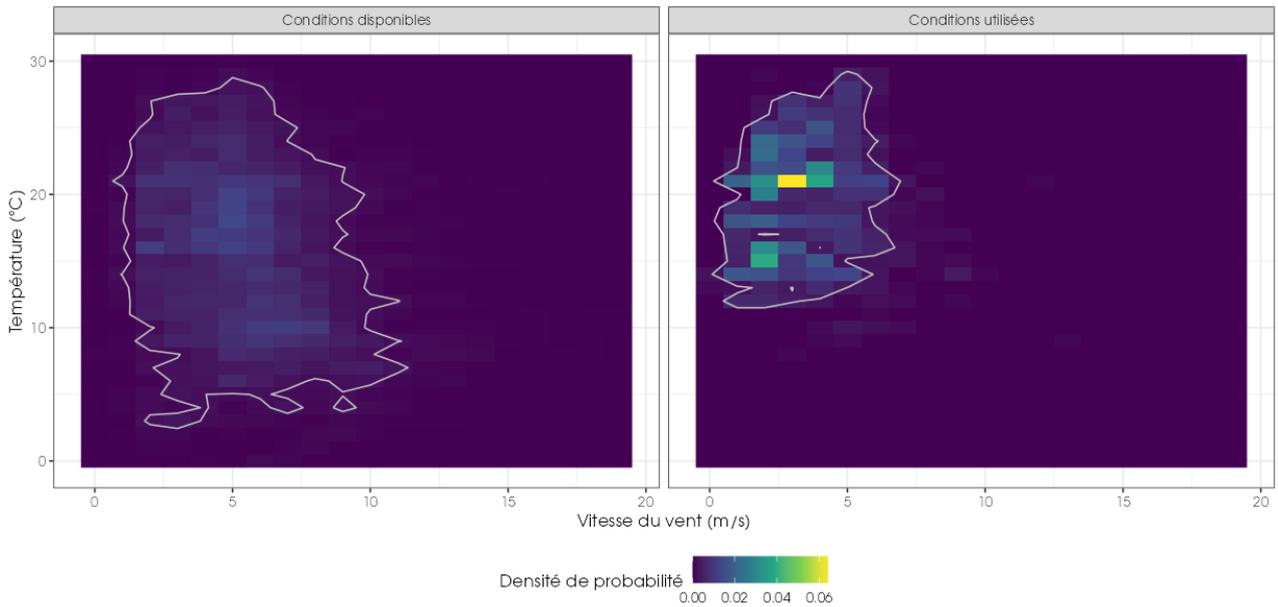


Figure 46 : Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions en 2023

En 2024 :

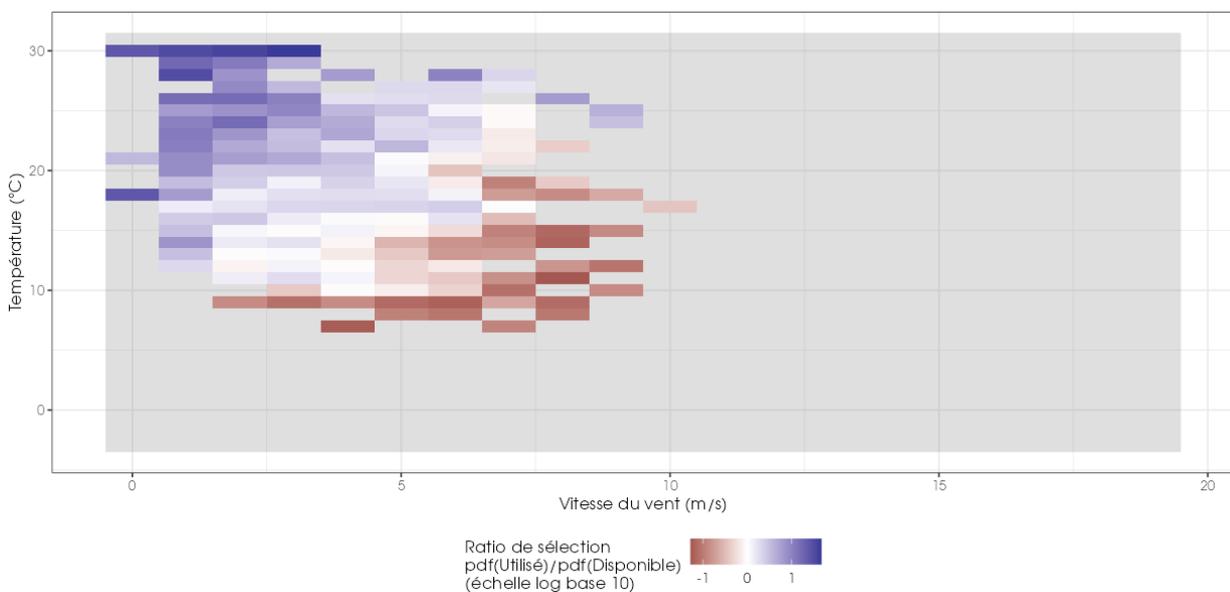


Figure 47 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 99 m En 2024. Les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris

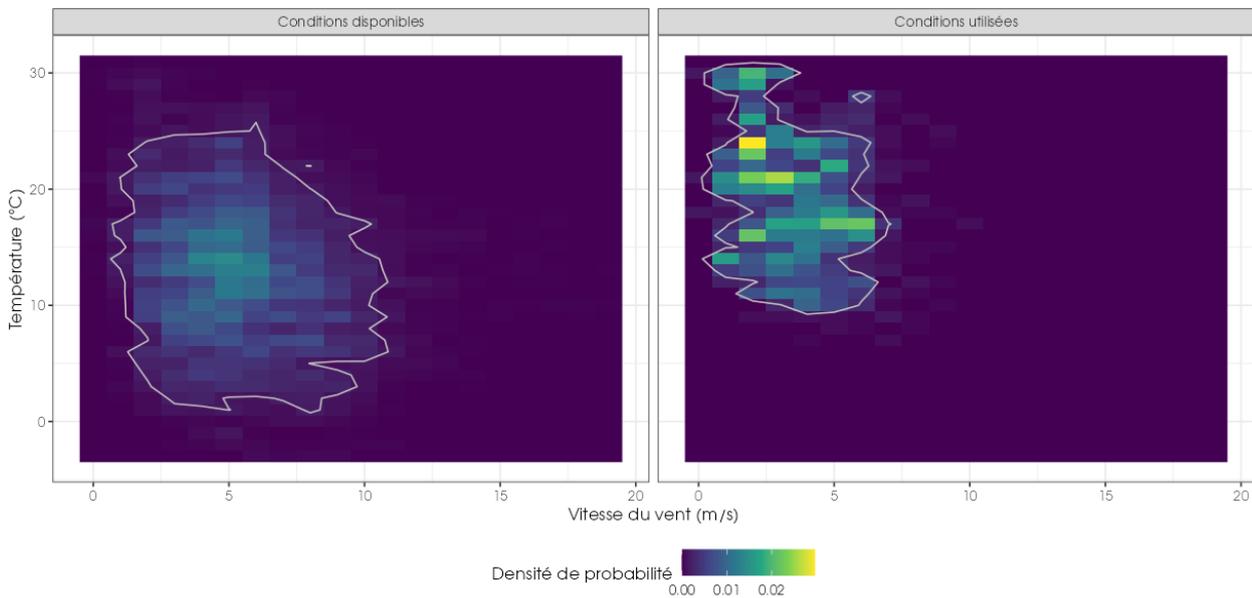


Figure 48 : Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions en 2024.

En analysant les données météorologiques enregistrées sur le parc d'Allerey en 2023 et 2024, ainsi que l'activité des chiroptères correspondante, il apparaît que leur activité se concentre principalement dans des gammes de vitesse de vent comprises entre 0 et 7 m/s pour les deux années (en bleu sur les graphes d'affinité). Concernant les températures, l'activité des chiroptères est observée principalement entre 12 et 29 °C en 2023, et entre 15 et 30 °C en 2024. Quelle que soit l'année, les zones bleues (préférées par les chiroptères) et les zones rouges (délaissées) sont séparées par une oblique qui indique que les deux paramètres météorologiques testés influencent l'activité de manière importante (une horizontale ou une verticale aurait montré la plus grande influence d'un des deux paramètres)

Il convient de noter que pour des conditions météorologiques peu fréquentes (ex. températures supérieures à 24°C), les chances d'utilisation du site par les chauves-souris, et ce malgré des vitesses de vent plus fortes, sont non négligeables.

2.1.6 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 (SMART) équipé d'un micro a été placé à 99 m au sein de la nacelle de l'éolienne E3 du parc éolien d'Allerey (Côte d'Or). En 2023, l'étude a fait l'objet de 8 mois d'analyse soit 237 nuits exploitables. En 2024, l'étude a fait l'objet de 9 mois d'analyse soit 275 nuits exploitables.

Les enregistrements indiquent la présence de huit espèces en altitude sur les années 2023 et 2024. Cela représente un peu plus de 29 % des 28 espèces répertoriées en région Bourgogne Franche-Comté. 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 les deux périodes d'enregistrement de l'activité des chauves-souris 2023 et 2024, 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 Noctule de Leisler domine le peuplement chiroptérologique** avec 62 % à 59 % des « minutes positives » de chauves-souris enregistrés en altitude selon l'année de suivi. Son activité est très forte en toutes saisons.
- **La Pipistrelle commune est également bien représentée avec 15 % à 12 %** du total des minutes positives obtenues selon l'année de suivi, **tout comme le groupe des Pipistrelles de Kuhl / Nathusius**, avec une activité pouvant aller jusqu'à très forte selon la saison et l'espèce.
- **La Noctule commune est peu présente** avec 3 % à 1 % des « minutes positives » de chauves-souris enregistrés en altitude selon l'année de suivi. L'ensemble de son activité se concentre sur la période automnale avec une activité moyenne à cette saison.

La phénologie observée montre une activité plus importante au printemps et à l'automne, correspondant à la phase de migration des Noctules / Pipistrelle de Nathusius et de dispersions des Pipistrelles communes en fin d'été.

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

En 2023, on observe que :

- 90 % de l'activité totale ont été enregistrés pour des vitesses de vent inférieures à 5,5 m/s ;
- 90 % de l'activité totale ont été enregistrés pour des températures supérieures à 14,2 °C.

En 2024, on observe que :

- 90 % de l'activité totale ont été enregistrés pour des vitesses de vent inférieures à 5,7 m/s ;
- 90 % de l'activité totale ont été enregistrés pour des températures supérieures à 13,0 °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, 11 cadavres ont été trouvés au sein du parc éolien d'Allerey, dont 7 oiseaux (5 espèces) et 4 chauves-souris (3 espèces) entre le 13 mai 2024 et le 24 octobre 2024.

Les espèces d'oiseaux trouvées sont le Merle noir (2 individus), le Pigeon ramier (2 individus), l'Alouette des champs (1 individu), le Roitelet à triple bandeau (1 individu) et la Buse variable (1 individu), découvertes entre le 13 juin 2024 et le 24 octobre 2024. Les espèces d'oiseaux les plus fréquemment observées sont le Merle noir (2 individus) ainsi que le Pigeon ramier (2 individus).

Les espèces de chauves-souris trouvées sont la Noctule de Leisler (2 individus), la Pipistrelle commune (1 individu) et la Pipistrelle de Nathusius (1 individu), recensées entre le 18 juillet 2024 et le 30 septembre 2024. L'espèce de chiroptère la plus observée est la Noctule de Leisler (2 individus).

Parmi les 11 cadavres, un a été trouvé hors de la zone d'étude, à 146 m du mât de l'éolienne E5, sur un chemin d'accès/piste agricole. Il s'agissait d'un Merle noir adulte (probable collision routière avec un exploitant du secteur).

Cet individu n'est pas inclus dans l'analyse qui suit. Celle-ci sera donc basée sur 6 cadavres d'oiseaux et 4 de chauve-souris soit un total de 10 cadavres entre le 13 mai et le 24 octobre 2024.

Rappel : le système de **bridage diurne des éoliennes relatif aux travaux agricoles** réalisés au niveau des parcelles du parc a été mis en place dès la mise en service du parc en février 2023 et le **système d'asservissement relatif aux chauves-souris** a été mis en place sur l'ensemble du parc entre le 15 avril et le 15 octobre 2023 conformément aux échanges avec RWE Renouvelables France et à l'arrêté préfectoral portant autorisation unique du 6 juillet 2018. Le **système d'asservissement relatif aux chauves-souris** a été modifié à l'issue du suivi de 2023 et les nouveaux paramètres ont été intégrés pour couvrir la période allant du 15 avril et le 20 octobre 2024.

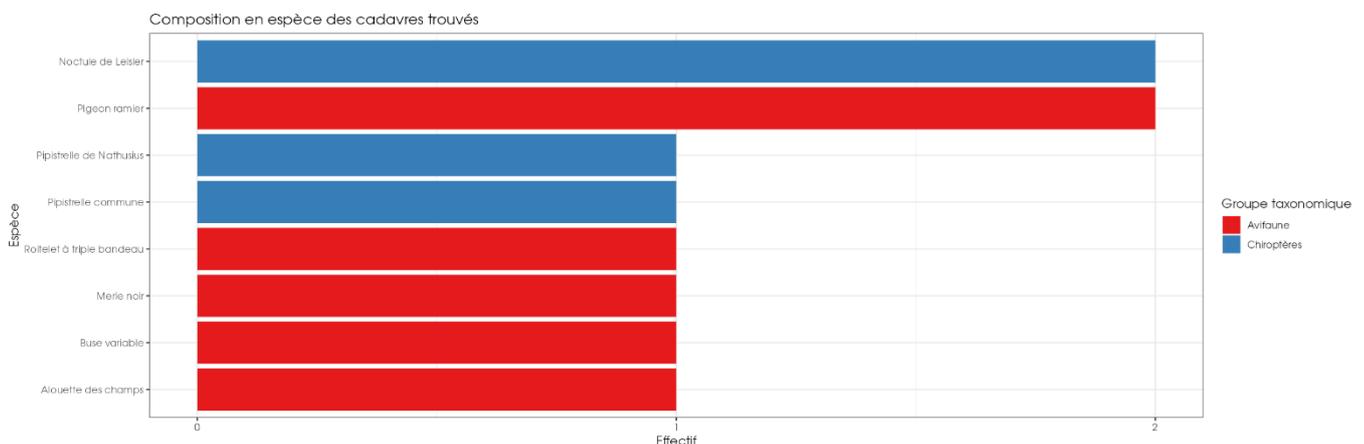


Figure 49 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien d'Allerey



Plumée de Buse variable



Roitelet à triple bandeau



Pipistrelle de Nathusius



Noctule de Leisler

Présentation de quelques photographies des cadavres découverts. © Biotope

Au niveau phénologique, on remarque que :

- Les cadavres d'oiseaux ont été observés sur deux périodes : de début juin à mi-juillet et entre fin septembre et fin octobre. Au regard des effectifs plutôt faibles, il est difficile de mettre en avant un éventuel pic important de mortalité sur la période de suivi. Toutefois, les espèces découvertes concernent la période de nidification (Pigeon ramier, Alouette des champs, Merle noir) et la période de migration/dispersion postnuptiale (Buse variable, Roitelet à triple bandeau).
 - La période de début juin à fin juillet correspond globalement à la deuxième partie, voire la fin, de la période de reproduction, où les espèces telles que le Pigeon ramier, l'Alouette des champs et le Merle noir poursuivent la défense de leur territoire, au moyen de comportements territoriaux (vol stationnaire à hauteur de pâle pour l'Alouette des champs par exemple) ou s'affairent à nourrir les jeunes et/ou entament une dernière nichée (les oiseaux volent souvent à des hauteurs inférieures ou égales à la hauteur des pâles à cette période) ;
 - La période comprise entre fin septembre et fin octobre correspond à la période de dispersion/migration postnuptiale pour plusieurs espèces, y compris la Buse variable et le Roitelet à triple bandeau. A cette période, les oiseaux peuvent voler à plus haute altitude (hauteur égale ou supérieure à la hauteur des pâles en migration active), et de nuit pour certaines espèces (notamment le Roitelet à triple bandeau et bon nombre de passereaux qui évitent ainsi les prédateurs diurnes). Des haltes plus ou moins prolongées, donnant lieu à des déplacements locaux à plus basse altitude, sont aussi observées à cette période.
- Les cadavres de chiroptères ont été retrouvés sur une période s'étalant de fin juillet à fin septembre, avec un pic de découvertes qui semble se concentrer entre fin août et fin septembre. Cette période correspond à la période de migration et d'accouplement pour les chiroptères, où les déplacements journaliers sont plus nombreux et les comportements variés (chasse, transit, comportements sociaux, ...).

Cinq des dix cadavres découverts sont morts par barotraumatisme et/ou par collision avec les pâles. Pour les cinq autres individus, les observations correspondent à des plumées (2 Pigeons ramiers, 1 Alouette des champs, 1 Merle noir, 1 Buse variable). Toutefois, au vu de la période d'observation des cadavres (hors période de chasse), de la distance aux éoliennes et/ou de l'écologie des espèces, il est fortement probable qu'il s'agisse de cas de prédation post-collision avec les éoliennes (cf. Annexe IV : Détails sur les coefficients correcteurs et des méthodes statistiques). Ainsi, on peut avancer que l'ensemble, soit 100%, des individus a une mort imputable aux éoliennes.

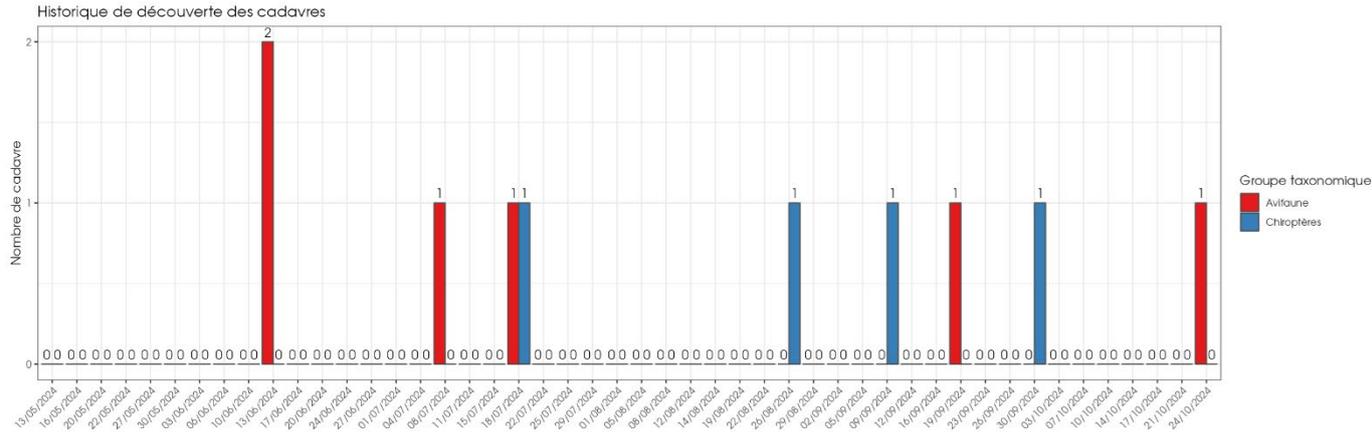


Figure 50 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien d'Allerey

2.2.1.1 Suivi par éolienne

L'analyse par éolienne montre que les cadavres ont été retrouvés sous l'ensemble des éoliennes, exceptée E6, avec des valeurs relativement différentes entre elles, en particulier pour les oiseaux. L'éolienne E5 montre une mortalité marquée pour ce groupe, avec 4 cadavres sur les 7 relevés lors du suivi. Aucun chiroptère n'a été retrouvé sous cette éolienne. Pour les chauves-souris, l'éolienne E1 montre le nombre de découvertes de cadavres le plus important avec 3 chiroptères sur les 4 observés durant le suivi. Aucun oiseau n'a été retrouvé sous cette turbine. Les éoliennes E3 (1 oiseau, 1 chiroptère) et E2 (1 oiseau) présentent des valeurs intermédiaires par rapport à E5 et E1. Seule l'éolienne E6 ne présente pas de découverte de cadavre et E3 est la seule sous laquelle ont été retrouvés les deux groupes.

En moyenne, **2 individus a été découvert par éolienne** sur la période du suivi 2024 (0,8 chauve-souris/éolienne et 1,2 oiseau/éolienne). Avec 48 passages effectués, cela représente une moyenne de **0,2 cadavre découvert par passage**.

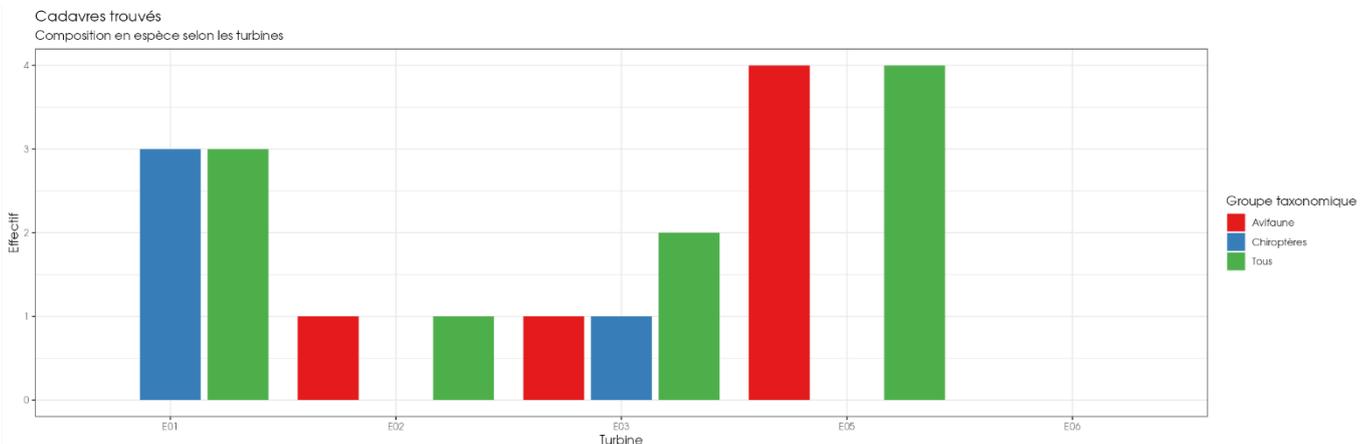


Figure 51 : Nombre de cadavres découverts par éolienne

Exceptées les éoliennes E1 et E6, toutes les éoliennes présentent des cas de mortalité pour l'avifaune. Les mortalités brutes recensées varient entre les turbines, comprises entre 1 et 4 cadavres par éolienne. Pour le groupe des chiroptères, c'est l'éolienne E1 qui concentre la majorité des cadavres (3 sur 4 retrouvés) et E3 est la seule éolienne présentant à la fois des oiseaux et des chiroptères (un cadavre de chaque). Une bonne partie des cadavres appartient au groupe des oiseaux (7 individus). Les éoliennes E5 et E1 (dans une moindre mesure) semblent avoir un impact plus marqué que les autres machines sur la base des résultats bruts.

2.2.1.2 Répartition spatiale des observations

Les observations ont été réalisées sur l'ensemble des distances prospectées. L'individu retrouvé le plus loin d'une éolienne est un Roitelet à triple bandeau observé à 70m.

Si l'on regarde la localisation des observations par rapport aux éoliennes suivies, les observations semblent différentes entre les deux groupes, plus proches de l'éolienne pour les chiroptères avec 2 individus dans les 10 m (les 2 autres localisés vers 35m) et plus étalées/homogènes pour l'avifaune mais réparties dans une plage de distance supérieure ou égale à 30 m des éoliennes.

Les découvertes ont été plus fréquemment réalisées au sud-est, et au nord-ouest dans une moindre mesure, des éoliennes, soit selon un axe perpendiculaire aux vents dominants du secteurs (et donc dans l'axe des pales). Le faible nombre de cadavres découverts ne permet cependant pas d'obtenir une tendance robuste.

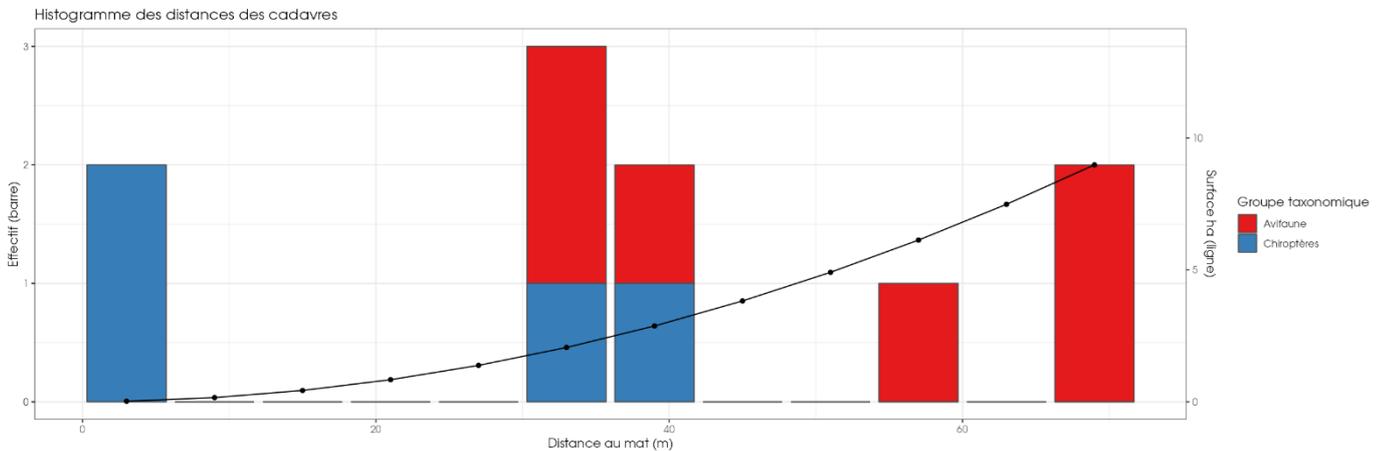


Figure 52 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc d'Allerey. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.

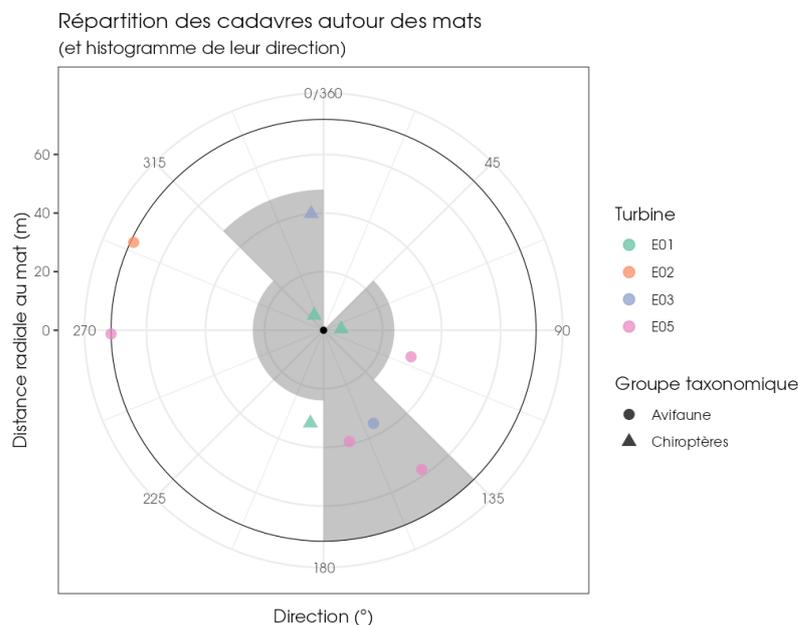


Figure 53 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation. Le cercle noir correspond au rayon de prospection maximale de la zone échantillonnée.

Sur les 10 cadavres d'oiseaux et de chiroptères découverts dans le cadre du protocole, 50% ont été trouvés au niveau d'une occupation du sol peu encombrée (plateforme/voirie, sol nu = hauteur de végétation nulle), 90% si on ajoute les cadavres découverts en parcelle peu développée (prairie, chaume = hauteur de végétation < 10 cm). Un individu a été découvert dans une parcelle de friche haute de 20 cm.

2.2.1.3 Description des oiseaux retrouvés

6 individus répartis au sein de 5 espèces ont été retrouvés et identifiés sous les éoliennes du parc d'Allerey : le **Pigeon ramier** (2 individus), le **Roitelet à triple bandeau** (1 individu), la **Buse variable** (1 individu), l'**Alouette des champs** (1 individu) et le **Merle noir** (1 individu).

À titre de comparaison, Biotope a réalisé en 2024 un « **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 2023. Ce référentiel permet de faire un bilan des espèces a priori les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle nationale.

On constate que le Roitelet à triple bandeau, la Buse variable, l'Alouette des champs et le Pigeon ramier sont des espèces fréquemment observées en France. En effet, sur les 84 espèces comptabilisées et identifiées dans les suivis de mortalité réalisés par Biotope depuis 2019, elles font parties des 6 espèces les plus découvertes en Métropole. Elles se situent respectivement au 3^{ème}, 4^{ème}, 5^{ème} et 6^{ème} rang de notre référentiel de mortalité brute. Enfin, le Merle noir est l'espèce le moins fréquemment observé en France métropolitaine parmi l'ensemble des 5 espèces observées lors de ce suivi, classé au 33^{ème} rang.

De la même manière, la synthèse de données mise à disposition par Tobias Dürr (mise à jour le 09 août 2023) 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, l'Alouette des champs, le Pigeon ramier et le Roitelet à triple bandeau sont des espèces fortement impactées en Europe et en France. En effet, sur les 305 espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité, elles font parties des 15 espèces les plus découvertes en Europe et des six espèces les plus touchées en France d'après la base de Tobias Dürr. Le Merle noir se situe au 30^{ème} rang européen (espèce principalement observée en France et en Espagne) et est assez commune pour la France (19^{ème} rang).

Pour rappel, les bases de données observationnelles, que ce soit celle de Biotope ou celle de Tobias Dürr présentent un intérêt comparatif qui reste toutefois limité. En effet, l'ensemble des biais et limites quant à l'effort de prospection associés à chaque découverte n'est pas intégré dans ce type de base de données. Aussi, ces observations ne représentent qu'une partie de la réalité de la mortalité réelle pour laquelle il reste impossible de vérifier leur concordance.

Par ailleurs, la base de données concernant l'avifaune mise à disposition par Tobias Dürr se base sur des observations transmises de manière volontaire. Elle permet, comme celle de Biotope, de comparer la mortalité observée sur le parc d'Allerey par rapport à celle recensée aux échelles nationale et européenne. Cependant, si elle donne une idée générale concernant les espèces touchées et leurs proportions, elle est loin d'être exhaustive. Les données françaises recueillies par Tobias Dürr proviennent d'une faible proportion de parcs français. Il s'agit néanmoins de la synthèse européenne la plus détaillée qui existe à ce jour et qui est conforté au niveau métropolitain par le « référentiel de mortalité brute » réalisé par Biotope en 2022 et mis à jour en 2023.

Tableau 16 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 09/08/2023 ; Dürr, 2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope 2023 pour des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine. Les valeurs entre parenthèses correspondent au nombre de cadavres brut.

Espèce/Pays	Rang Europe	Rang France	Rang FR Biotope	A	BE	CH	CZ	D	E	NL	PT	PL	Rang Allerey
Buse variable	2 (1189)	4 (314)	4 (78)	6 (15)	18 (3)	-	-	1 (772)	26 (31)	5 (30)	8 (13)	5 (5)	2 (1)
Roitelet à triple bandeau	8 (492)	2 (384)	3 (101)	16 (1)	18 (3)	3 (8)	2 (3)	21 (45)	18 (45)	21 (1)	17 (2)	-	2 (1)
Alouette des champs	7 (517)	6 (215)	5 (76)	5 (23)	-	-	1 (8)	10 (125)	10 (89)	20 (2)	2 (44)	3 (10)	2 (1)
Pigeon ramier	10 (469)	5 (222)	6 (55)	12 (5)	11 (13)	-	-	5 (196)	36 (14)	9 (16)	-	7 (2)	1 (2)
Merle noir	30 (137)	19 (60)	33 (5)	15 (2)	20 (1)	-	-	34 (18)	19 (44)	21 (1)	18 (1)	-	2 (1)

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, CH = Suisse, CZ = République tchèque, D = Allemagne, E = Espagne, FR = France, NL = Hollande, PT = Portugal, PL = Pologne.

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2016, on constate que seul le Roitelet à triple bandeau n'avait pas été contacté lors de l'état initial, à l'opposé des autres espèces qui ont été observées lors des inventaires réalisés en période hivernale, de nidification et des migrations pré et postnuptiale.

D'après la temporalité des observations, le Roitelet à triple bandeau a été observé en période de migration postnuptiale, de même que la Buse variable. Les autres espèces ont été observées en période de reproduction.

2.2.1.3.1. Évaluation des enjeux

Le Tableau 17 présente les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux retrouvées sur le parc d'Allerey à l'échelle régionale, française et européenne.

Le Roitelet à triple bandeau et la Buse variable sont des espèces protégées au niveau national (Art. 3). L'Alouette des champs est non protégée mais présente un statut « quasi-menacé » (NT) sur les listes rouges nationale et régionale en période de reproduction. Les autres espèces (Pigeon ramier et Merle noir) sont non réglementées.

Tableau 17 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien d'Allerey

Espèces	Protection nationale	Directive Oiseaux	Liste rouge Europe (2021)	Liste rouge France nicheur (2016)	Liste rouge nicheur Bourgogne (2015)	Liste rouge migrateur France (2011)
Buse variable	Article 3	-	LC	LC	LC	NA
Roitelet à triple bandeau	Article 3	-	LC	LC	LC	NA
Alouette des champs	-	An. II. 2	LC	NT	NT	NA
Pigeon ramier	-	An. II.1 /An. III. 1	LC	LC	LC	NA
Merle noir	-	An. II. 2	LC	LC	LC	NA

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).
- Annexe II : espèces pouvant être chassées ;
- Partie 1 (A.II.1) : espèces pouvant être chassées dans la zone géographique maritime et terrestre d'application de la présente directive ;
- Partie 2 (A.II.2) : espèces pouvant être chassées seulement dans les États membres pour lesquels elles sont mentionnées.
- Annexe III : espèces pouvant être commercialisées ;
- Partie 1 (A.III.1) : espèces pour lesquelles la vente, le transport pour la vente, la détention pour la vente ainsi que la mise en vente ne sont pas interdites, pour autant que les oiseaux aient été licitement tués ou autrement licitement acquis ;
- Partie 2 (A.III.2) : espèces pour lesquelles les États membres peuvent autoriser sur le territoire la vente, le transport pour la vente, la détention pour la vente ainsi que la mise en vente et à cet effet prévoir des limitations, pour autant que les oiseaux aient été licitement tués ou capturés ou autrement licitement acquis.

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) ;
- Liste rouge régionale des oiseaux nicheurs menacés en Bourgogne. Etude et protection des oiseaux en Bourgogne (ABEL J., BABSKI S.-P., BOUZENDORF F. et BROCHET A.-L., 2015) : DD : non évalué, LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacé, VU : Vulnérable ;
- Liste rouge – Migrateurs des espèces menacées en France – Chapitre Oiseaux de France métropolitaine (UICN France, MNHN, LPO, SEOF & ONCFS, 2011).

2.2.1.1 Description des chauves-souris retrouvées

4 individus répartis au sein de 3 espèces et un groupe d'espèces ont été retrouvés morts sur le parc d'Allerey : **la Noctule de Leisler** (2 individus), **la Pipistrelle commune** (1 individu) et **la Pipistrelle de Nathusius** (1 individu).

La Pipistrelle commune est une espèce sédentaire qui s'éloigne peu de son domaine vital. L'individu touché est donc probablement issu d'une colonie locale, proche du parc éolien (quelques kilomètres).

La Noctule de Leisler et **la Pipistrelle de Nathusius** sont quant à elles des espèces migratrices. Les individus touchés par le parc d'Allerey (observés entre fin août et fin septembre) étaient donc des individus en migration, étant donné la période de l'année. On ne peut cependant pas affirmer cela avec certitude : des colonies de mise-bas sont présentes en France et de nouvelles colonies sont découvertes chaque année.

À titre de comparaison, Biotope a réalisé en 2022 un « référentiel de mortalité brute » cumulant l'ensemble des observations de cadavres de chiroptères réalisé 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 aux collisions/barotraumatismes à l'échelle nationale.

On constate que les trois espèces retrouvées sous les éoliennes sont parmi les espèces les plus fréquemment observées en France. En effet, sur les 15 espèces ou groupes d'espèces comptabilisés dans les suivis de mortalité réalisés par Biotope depuis 2019, elles font parties des 5 espèces les plus découvertes en Métropole, avec respectivement le 1^{er}, le 2^{ème} et le 5^{ème} rang pour la Pipistrelle commune, la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius.

De la même manière, la synthèse de données disponibles de Tobias Dürr (mise à jour le 9 août 2023) 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 ;
- Que la Pipistrelle de Nathusius est la 2^{ème} espèce la plus impactée en Europe et en France ;
- Que la Noctule de Leisler est la 4^{ème} espèce la plus impactée en Europe et la 5^{ème} espèce la plus touchée en France.

Pour rappel, les bases de données observationnelles, que ce soit celle de Biotope ou celle de Tobias Dürr présentent un intérêt comparatif qui reste toutefois limité. En effet, l'ensemble des biais et limites quant à l'effort de prospection associés à chaque découverte n'est pas intégré dans ce type de base de données. Aussi, ces observations ne représentent qu'une partie de la réalité de la mortalité réelle pour laquelle il reste impossible de vérifier leur concordance.

Par ailleurs, la base de données concernant les chiroptères mise à disposition par Tobias Dürr se base sur des observations transmises de manière volontaire. Elle permet, comme celle de Biotope, de comparer la mortalité observée sur le parc d'Allerey par rapport à celle recensée aux échelles nationale et européenne. Cependant, si elle donne une idée générale concernant les espèces touchées et leurs proportions, elle est loin d'être exhaustive. Les données françaises recueillies par Tobias Dürr proviennent d'une faible proportion de parcs français. De plus, ces chiffres sont des approximations car on note une grande part d'individus indéterminés au sein de chaque genre (Pipistrelle indéterminée, Noctule indéterminée, etc.). De même, pour un grand nombre d'individus, même le genre n'a pas pu être déterminé du fait, entre autres, de leur état de décomposition avancée et/ou de la non-présence de spécialistes à proximité capables d'identifier notamment les pipistrelles grâce à leur dentition. Toutefois Il s'agit néanmoins de la synthèse européenne la plus détaillée qui existe à ce jour et qui est confortée au niveau métropolitain par le « référentiel de mortalité brute » réalisé par Biotope en 2022 et mis à jour en 2023.

Tableau 18 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 09/08/2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope 2023 pour des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine.

Espèce/Pays	Rang Europe	Rang France	Rang FR Biotope	A	BE	CH	D	DK	ES	I	NL	PT	PL	Rang Allerey (effectif)
Pipistrelle commune	1 (3401)	1 (1931)	1 (411)	4 (2)	1 (30)	1 (6)	3 (802)	-	1 (211)	3 (1)	1 (16)	1 (323)	4 (5)	2 (1)
Pipistrelle de Nathusius	2 (1792)	2 (415)	5 (63)	2 (13)	2 (6)	1 (6)	2 (1144)	1 (2)	-	3 (1)	2 (11)	-	2 (16)	2 (1)
Noctule de Leisler	4 (813)	5 (243)	2 (127)	-	-	2 (1)	4 (199)	-	7 (15)	2 (2)	-	2 (273)	4 (5)	1 (2)

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, CH = Suisse, D = Allemagne, ES = Espagne, IT = Italie, NL = Hollande, P = Portugal, PL = Pologne.

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2016, on constate que les trois espèces identifiées en 2024 sous les éoliennes étaient présentes dans l'état initial et les inventaires réalisés dans ce cadre.

La plupart des chauves-souris effectuent des déplacements entre leurs gîtes estivaux et leurs gîtes d'hivernation, variant de quelques kilomètres à plusieurs dizaines de kilomètres. Deux espèces effectuent cependant de véritables migrations, parcourant parfois plus de 1 000 km : la Noctule de Leisler (2 cadavres trouvés) et la Pipistrelle de Nathusius (1 cadavre trouvé). Ces espèces se reproduisent en Europe du Nord et de l'Est. Les jeunes naissent entre juin et fin juillet et s'émancipent au bout de quelques semaines. On assiste donc à une migration automnale, dès le mois d'août, d'individus qui reviennent des sites de mise-bas du nord et de l'est de l'Europe pour venir s'accoupler et hiberner en Europe de l'Ouest. Ces mouvements concernent essentiellement les femelles et les jeunes. Au printemps, les femelles retournent sur leur site de mise-bas. Des colonies de mise-bas sont également présentes en France, bien que rares. Cependant, cette rareté peut être liée à un manque de connaissances, de nouvelles colonies étant découvertes chaque année (Arthur & Lemaire, 2015).

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).

2.2.1.1.1. Évaluation des enjeux

Le Tableau 19 ci-dessous présente les statuts de protection et de conservation des espèces de chauves-souris retrouvées sur le parc d'Allerey à l'échelle de la France et de l'Europe. Les 3 espèces contactées sont strictement protégées en France et dans l'Union Européenne. Elles sont par ailleurs considérées comme patrimoniales en France car classées « quasi menacé » (NT) en France et/ou en Bourgogne.

Tableau 19 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauves-souris touchées par le parc d'Allerey

Espèce	Directive Habitats	Protection nationale	Liste rouge Europe (2012)	Liste rouge France (2017)	Liste rouge Bourgogne (2015)
Pipistrelle commune	Annexe IV	Article 2	LC	NT	LC
Pipistrelle de Nathusius	Annexe IV	Article 2	LC	NT	DD
Noctule de Leisler	Annexe IV	Article 2	LC	NT	NT

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) ;
- Liste rouge des chauves-souris de la région Bourgogne (SHNA, IUCN, 2015) : LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacé, DD : Données insuffisantes.

2.2.1.1 Evaluation de tendance à travers les quantiles de mortalité brute

Référentiel 'mortalité brute'

Répartition statistique empirique du nombre de cadavres découverts sur 104 parcs éoliens lors de 158 suivis conformes au protocole national effectués entre 2019 et 2023

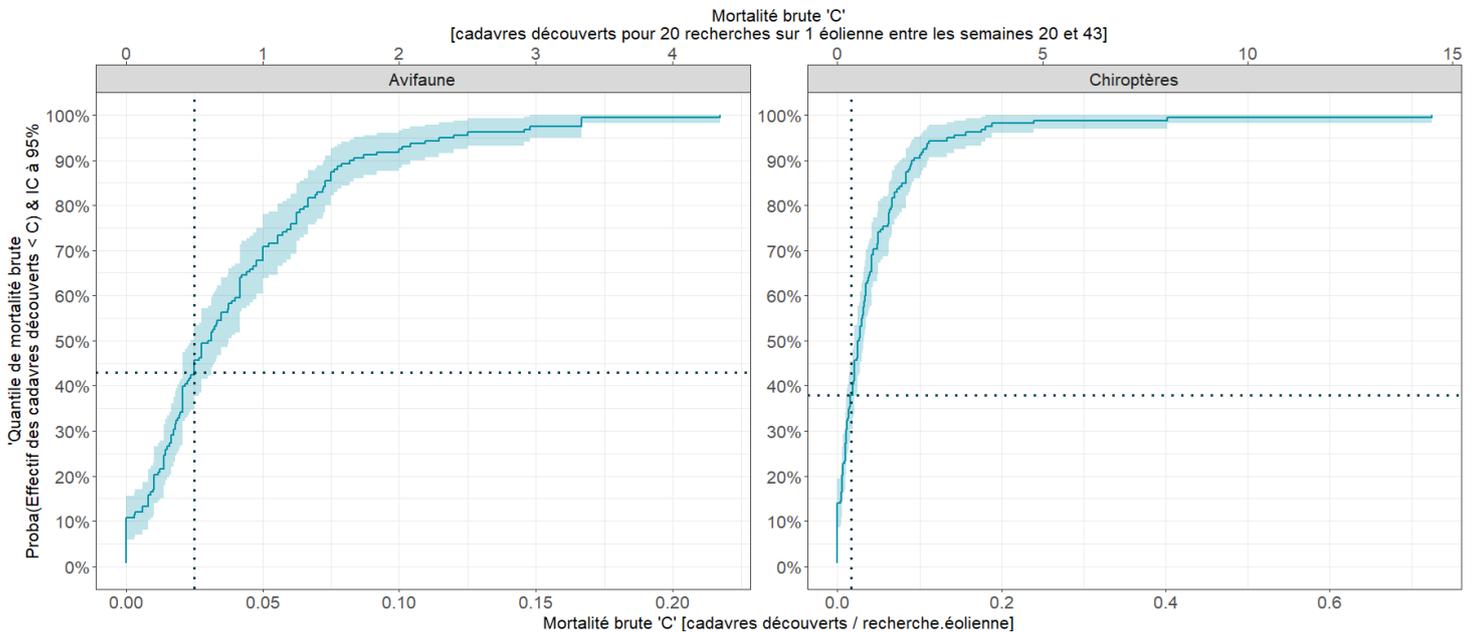


Figure 54 : Projection du 'quantile de mortalité' en fonction de la mortalité brute du parc d'Allerey à travers la répartition empirique du nombre de cadavres découverts sur les parcs éoliens suivis par Biotope (de 2019 à 2023).

Cette représentation graphique repose sur les données extraites du référentiel de mortalité brute élaboré par Biotope. Ce référentiel synthétise l'intégralité des informations relatives aux cadavres d'oiseaux et de chiroptères recueillis entre 2019 et 2023 dans les parcs éoliens suivis. Le graphique permet d'obtenir un « quantile de mortalité brute » en fonction de la mortalité

brute 'C' calculée par recherche-éolienne, correspondant au nombre de passage multiplié par le nombre d'éolienne du parc. En résulte un nombre de cadavre par recherche-éolienne pour les deux groupes taxonomiques.

Au sein du parc éolien d'Allerey, un total de 6 cadavres d'oiseaux et de 4 cadavres de chiroptères a été recensé. Pendant le suivi, 5 éoliennes ont été suivies durant 48 passages. Cela conduit à une mortalité brute 'C' de 0,025 cadavre par recherche-éolienne pour les oiseaux et de 0,017 cadavre par recherche-éolienne pour les chiroptères.

En utilisant le graphique comme référence, nous déterminons un quantile de mortalité brute de 43% pour les oiseaux et de 38% pour les chiroptères. Cette analyse graphique nous permet de constater que 57 % des parcs suivis par Biotope depuis 2019 ont une mortalité brute des oiseaux plus forte que celle relevée sur ce parc en 2024, et que ce pourcentage est porté à 62% pour les chiroptères.

Il est important de noter que ces valeurs ne constituent qu'une alerte sur un potentiel risque de significativité, et doivent être interprétées en conjonction avec les autres indicateurs. Néanmoins, il semble que le parc étudié présente une tendance à une **mortalité brute** qui s'inscrit dans la moyenne des autres parcs surveillés par Biotope depuis 2019. Cependant, il convient de souligner une nouvelle fois que cette interprétation, prise individuellement, ne permet pas de tirer des conclusions définitives quant à la significativité potentielle de l'impact du parc d'Allerey sur les populations d'oiseaux et de chiroptères.

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 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 (cf. Tableau 20, Figure 55). 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.

Tableau 20 : Bilan de l'occupation du sol pour les cinq éoliennes sur l'ensemble de la période de suivi. Représentation en pourcentage des surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées par éolienne et pour le parc, sur l'ensemble de la période de suivi (48 passages).

Milieu	E1	E2	E3	E5	E6	Total
Bois	6,1	/	/	0,2	/	1,26
Céréales	/	11,9	19,9	15,9	/	9,54
Chaume	/	11,7	19,2	16,7	/	9,52
Colza	/	/	11,1	/	/	2,22
Friche	39,4	28,9	16,7	23,4	/	21,68
Haie	6,4	4,6	1,3	1	1,2	2,9
Luzerne	0,5	/	1,4	4,9	/	1,36
Maïs	/	15,9	/	/	/	3,18
Plateforme/Voirie	12	10,7	9,2	12,3	7,5	10,34
Prairie	34,9	2,3	/	21,2	91,3	29,94
Sol nu	0,1	12,7	21,3	2,2	/	7,26
Tas de cailloux	/	1,5	/	2,3	/	0,76

Milieux	E1	E2	E3	E5	E6	Total
Tas de fumier	0,5	/	/	/	/	0,1
Total	100	100	100	100	100	100

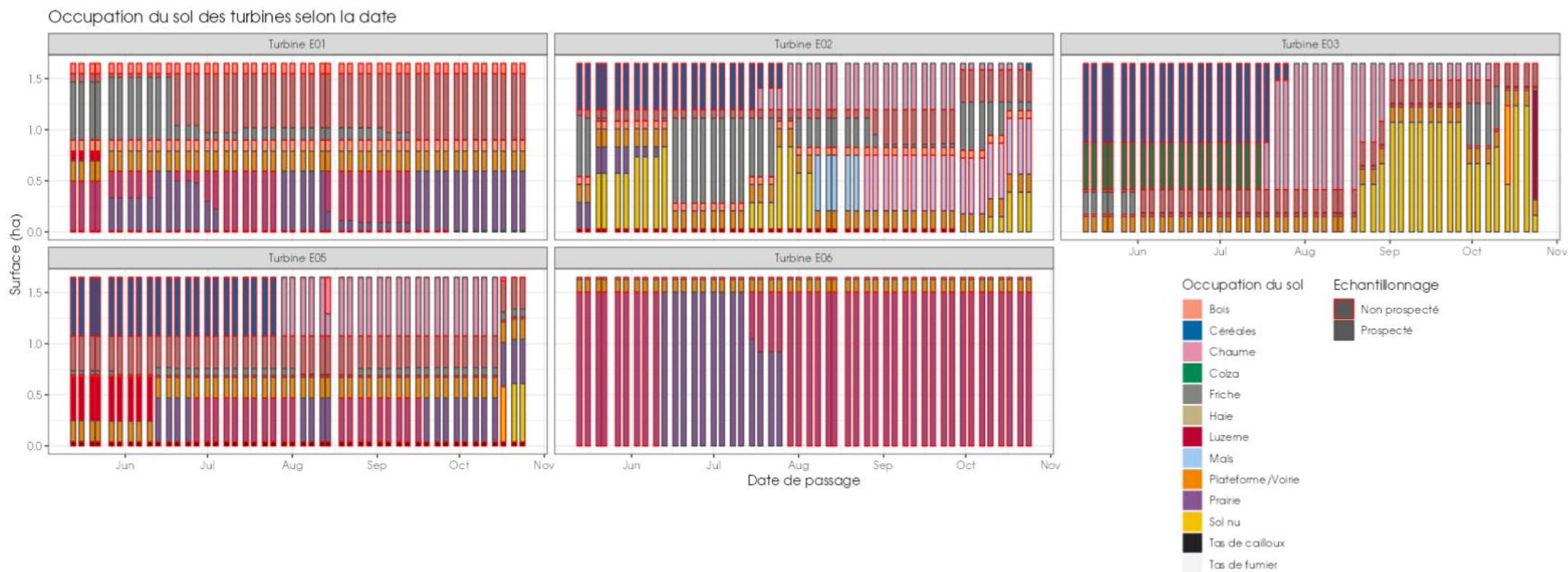


Figure 55 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi

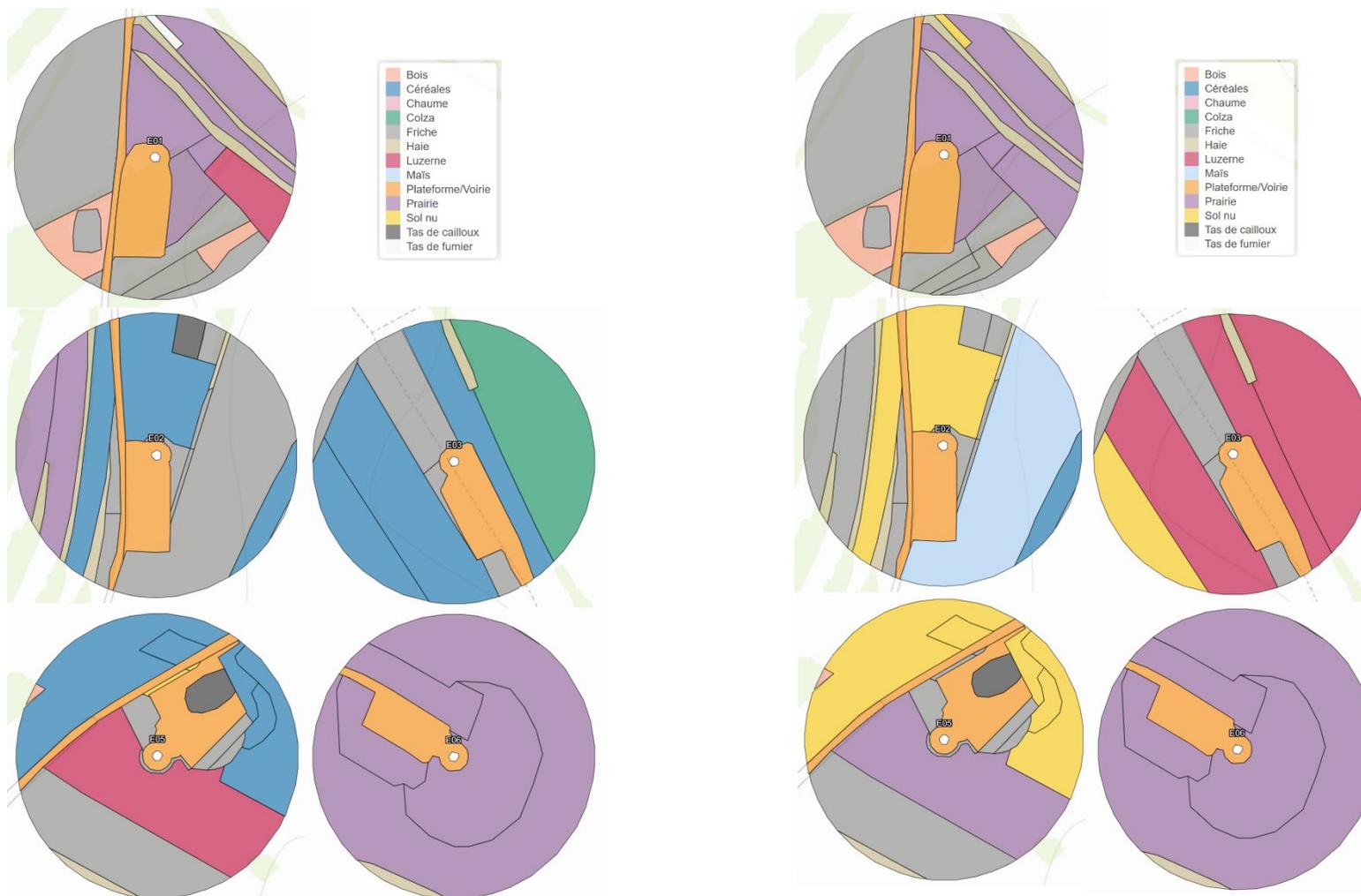


Figure 56 : Occupation du sol pour les éoliennes E1, E2, E3, E5, E6 (de gauche à droite et de haut en bas) le 13 mai 2024 (premier passage à gauche) et le 24 septembre 2024 (passage 48 à droite)

2.2.2.2 Évolution du taux de surface prospectée

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

Les taux moyens de surface prospectée pour chaque éolienne sur l'ensemble du suivi varient de 7% (E6) au minimum à 98% (E6) au maximum. Ces taux moyens de prospection sont parfois assez faibles : cela est lié notamment à la présence de maïs, friche, colza et cultures de blé non prospectables durant la majeure partie du suivi.

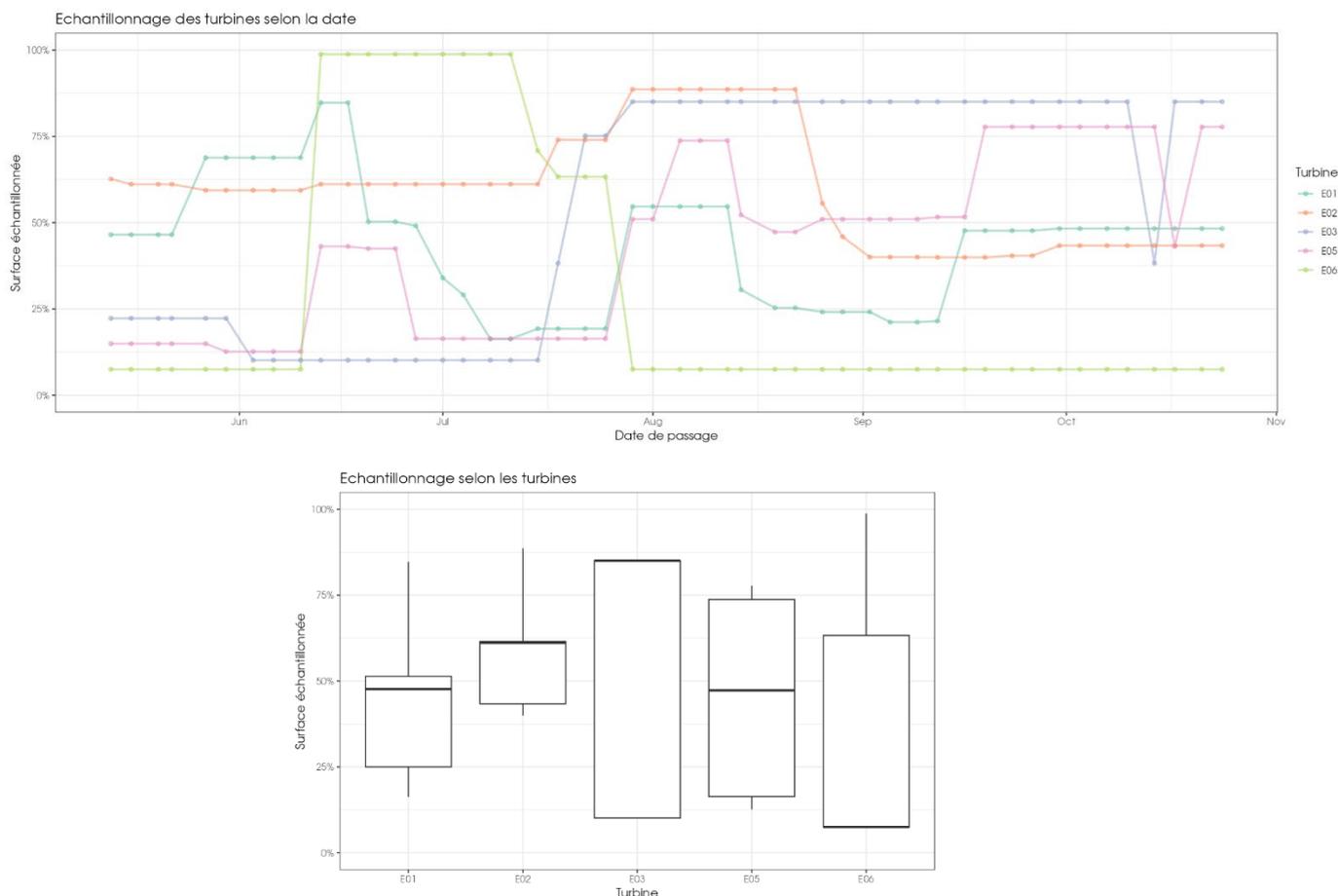


Figure 57 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. En haut : évolution du pourcentage de surface prospectée par passage ; en bas : synthèse (boîte à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 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 21). 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 très faibles pour les éoliennes E1, E5, E6 et faibles pour E2, E3 (allant de 0,3 à 0,59). Ceci est lié à des périodes avec des parcelles non prospectables pour des durées et des surfaces différentes suivant l'éolienne.

Tableau 21 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 48 passages

	E1	E2	E3	E5	E6
Quantile 2,5%	0,17	0,40	0,10	0,13	0,08
Premier quartile	0,25	0,43	0,10	0,16	0,08
Moyenne	0,44	0,59	0,55	0,44	0,29
Moyenne pondérée	0,44	0,59	0,55	0,44	0,3
Médiane	0,48	0,61	0,85	0,47	0,08
Troisième quartile	0,51	0,62	0,85	0,74	0,63
Quantile 97,5%	0,82	0,89	0,85	0,78	0,99

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 = 0,83) : « **Persistance ~ 1** » (ou modèle nul) en utilisant une famille de distribution « loglogistic ». Ainsi, la sélection de modèle ne retient pas l'éolienne comme variable explicative : la durée de persistance ne varie donc pas significativement entre les éoliennes du parc.

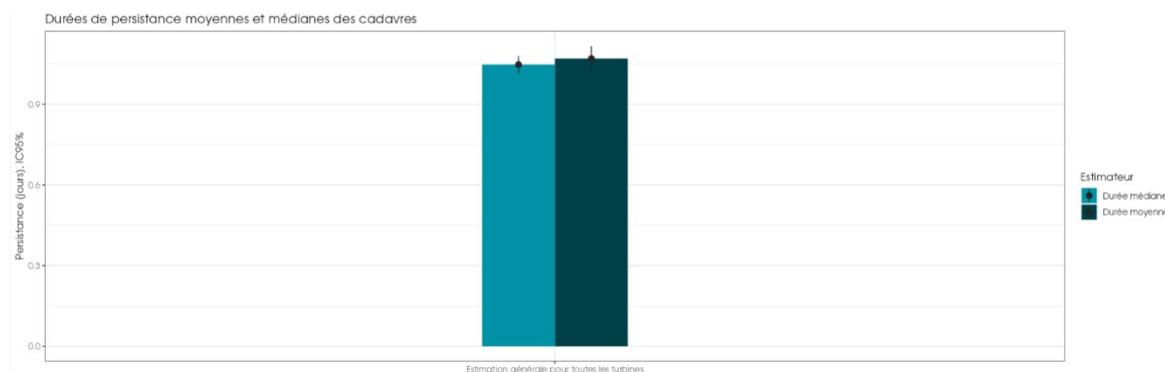


Figure 58 : Durées de persistance moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédation

L'ensemble des éoliennes du parc (E1, E2, E3, E5 et E6) a **une persistance moyenne/médiane très faible de 1,1 jour seulement**. La prédation est donc très forte et stable sur le parc. Les intervalles de confiance montrent que l'évaluation de la prédation est bonne : en illustre une incertitude faible (Tableau 22 ; Figure 58).

Tableau 22 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les deux tests de persistance pour l'ensemble des éoliennes du parc. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.

Toutes éoliennes
Résultats des tests de persistance

Persistence moyenne (en jours)	1,1
Intervalle de confiance à 95%	[1,02 ; 1,12]

2.2.2.3.2. Coefficient d'efficacité de recherche (f)

À la suite des tests d'efficacité de recherche, les analyses statistiques basées sur la sélection de modèles n'ont pas permis de retenir un modèle du fait de l'absence d'une catégorie d'occupation du sol non testée qu'est le « maïs ». Nous avons donc sélectionné le modèle « **Trouve ~ Hmoy + Turbid** », le plus parcimonieux (AIC weight = 0,25). Ce modèle explique la variabilité de l'efficacité de recherche de l'observateur par la hauteur de végétation et l'éolienne prospectée. Nous avons ainsi pu déterminer les probabilités de détection pour tous les cas de figure de hauteurs de végétation et d'éoliennes rencontrés par l'observateur durant le suivi (Tableau 23).

Tableau 23 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations et interpolations) par type d'occupation du sol pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi. Les valeurs d'extrapolation renseignées à dire d'expert sont indiquées en gras.

Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction	Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
0 cm ; E1	0,64 [0,5 ; 0,76]	0,67 [0,33 ; 1]	Estimation	25 cm ; E1	0,26 [0,17 ; 0,37]	0,27 [0,07 ; 0,53]	Estimation
0 cm ; E2	0,67 [0,55 ; 0,76]	0,54 [0,31 ; 0,77]	Estimation	25 cm ; E2	0,28 [0,2 ; 0,38]	0 [0 ; 0]	Interpolation
0 cm ; E3	0,62 [0,46 ; 0,75]	0,55 [0,3 ; 0,75]	Estimation	25 cm ; E3	0,24 [0,13 ; 0,4]	0 [0 ; 0]	Interpolation
0 cm ; E5	0,85 [0,77 ; 0,91]	0,5 [0,13 ; 0,88]	Estimation	25 cm ; E5	0,53 [0,4 ; 0,66]	0 [0 ; 0]	Interpolation
0 cm ; E6	0,72 [0,57 ; 0,83]	0,82 [0,65 ; 1]	Estimation	25 cm ; E6	0,33 [0,21 ; 0,47]	0 [0 ; 0]	Estimation
5 cm ; E1	0,56 [0,44 ; 0,68]	0,4 [0,13 ; 0,67]	Estimation	30 cm ; E1	0,2 [0,12 ; 0,31]	0 [0 ; 0]	Interpolation
5 cm ; E2	0,59 [0,49 ; 0,68]	0,58 [0,33 ; 0,83]	Estimation	30 cm ; E2	0,22 [0,14 ; 0,33]	0,2 [0 ; 0,5]	Estimation
5 cm ; E3	0,54 [0,39 ; 0,68]	1 [1 ; 1]	Estimation	30 cm ; E3	0,19 [0,09 ; 0,35]	0 [0 ; 0]	Interpolation
5 cm ; E5	0,81 [0,72 ; 0,87]	0,86 [0,71 ; 1]	Estimation	30 cm ; E5	0,45 [0,31 ; 0,6]	0 [0 ; 0]	Interpolation
5 cm ; E6	0,64 [0,5 ; 0,77]	0 [0 ; 0]	Interpolation	30 cm ; E6	0,26 [0,16 ; 0,41]	0,25 [0 ; 0,63]	Estimation
7 cm ; E1	0,53 [0,41 ; 0,65]	0,63 [0,25 ; 0,88]	Estimation	45 cm ; E1	0,09 [0,04 ; 0,18]	0 [0 ; 0]	Estimation
7 cm ; E2	0,56 [0,46 ; 0,65]	0 [0 ; 0]	Interpolation	45 cm ; E2	0,1 [0,04 ; 0,2]	0 [0 ; 0]	Interpolation
7 cm ; E3	0,5 [0,36 ; 0,65]	0,43 [0,14 ; 0,71]	Estimation	45 cm ; E3	0,08 [0,03 ; 0,21]	0 [0 ; 0]	Interpolation
7 cm ; E5	0,79 [0,69 ; 0,86]	0 [0 ; 0]	Interpolation	45 cm ; E5	0,24 [0,12 ; 0,42]	0 [0 ; 0]	Interpolation
7 cm ; E6	0,61 [0,47 ; 0,74]	0 [0 ; 0]	Interpolation	45 cm ; E6	0,12 [0,05 ; 0,25]	0 [0 ; 0]	Interpolation
10 cm ; E1	0,48 [0,37 ; 0,6]	0 [0 ; 0]	Interpolation	50 cm ; E1	0,06 [0,03 ; 0,15]	0 [0 ; 0]	Estimation

Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction	Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
10 cm ; E2	0,51 [0,42 ; 0,6]	0,63 [0,47 ; 0,78]	Estimation	50 cm ; E2	0,07 [0,03 ; 0,16]	0 [0 ; 0]	Interpolation
10 cm ; E3	0,46 [0,31 ; 0,61]	0,67 [0,42 ; 0,92]	Estimation	50 cm ; E3	0,06 [0,02 ; 0,17]	0 [0 ; 0]	Interpolation
10 cm ; E5	0,75 [0,66 ; 0,83]	0,65 [0,43 ; 0,83]	Estimation	50 cm ; E5	0,18 [0,08 ; 0,37]	0 [0 ; 0]	Interpolation
10 cm ; E6	0,57 [0,43 ; 0,7]	0 [0 ; 0]	Interpolation	50 cm ; E6	0,09 [0,03 ; 0,21]	0 [0 ; 0]	Interpolation
12 cm ; E1	0,45 [0,34 ; 0,56]	0 [0 ; 0]	Interpolation	70 cm ; E1	0,02 [0 ; 0,07]	0 [0 ; 0]	Interpolation
12 cm ; E2	0,48 [0,39 ; 0,57]	0 [0 ; 0]	Interpolation	70 cm ; E2	0,02 [0,01 ; 0,08]	0 [0 ; 0]	Interpolation
12 cm ; E3	0,42 [0,28 ; 0,58]	0 [0 ; 0]	Interpolation	70 cm ; E3	0,02 [0 ; 0,08]	0 [0 ; 0]	Interpolation
12 cm ; E5	0,73 [0,63 ; 0,81]	0 [0 ; 0]	Interpolation	70 cm ; E5	0,06 [0,01 ; 0,2]	0 [0 ; 0]	Estimation
12 cm ; E6	0,54 [0,4 ; 0,67]	0,54 [0,31 ; 0,85]	Estimation	70 cm ; E6	0,03 [0,01 ; 0,1]	0 [0 ; 0]	Interpolation
13 cm ; E1	0,43 [0,33 ; 0,55]	0 [0 ; 0]	Interpolation	80 cm ; E1	0,01 [0 ; 0,05]	0 [0 ; 0]	Estimation
13 cm ; E2	0,46 [0,37 ; 0,55]	0 [0 ; 0]	Interpolation	80 cm ; E2	0,01 [0 ; 0,05]	0 [0 ; 0]	Interpolation
13 cm ; E3	0,41 [0,27 ; 0,56]	0 [0 ; 0]	Estimation	80 cm ; E3	0,01 [0 ; 0,05]	0 [0 ; 0]	Interpolation
13 cm ; E5	0,71 [0,61 ; 0,8]	0 [0 ; 0]	Interpolation	80 cm ; E5	0,03 [0,01 ; 0,14]	0 [0 ; 0]	Interpolation
13 cm ; E6	0,52 [0,38 ; 0,65]	0 [0 ; 0]	Interpolation	80 cm ; E6	0,01 [0 ; 0,07]	0 [0 ; 0]	Interpolation
15 cm ; E1	0,4 [0,3 ; 0,52]	0,54 [0,36 ; 0,71]	Estimation	18 cm ; E1	0,36 [0,26 ; 0,47]	0 [0 ; 0]	Interpolation
15 cm ; E2	0,43 [0,34 ; 0,52]	0,27 [0,15 ; 0,42]	Estimation	22 cm ; E1	0,3 [0,21 ; 0,41]	0 [0 ; 0]	Interpolation
15 cm ; E3	0,38 [0,24 ; 0,54]	0 [0 ; 0]	Interpolation	27 cm ; E1	0,24 [0,15 ; 0,35]	0 [0 ; 0]	Interpolation
15 cm ; E5	0,69 [0,58 ; 0,78]	0,81 [0,63 ; 1]	Estimation	28 cm ; E1	0,22 [0,14 ; 0,34]	0 [0 ; 0]	Interpolation

Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction	Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
15 cm ; E6	0,49 [0,35 ; 0,62]	0 [0 ; 0]	Interpolation	35 cm ; E1	0,16 [0,09 ; 0,26]	0 [0 ; 0]	Interpolation
16 cm ; E1	0,39 [0,29 ; 0,5]	0 [0 ; 0]	Interpolation	40 cm ; E1	0,12 [0,06 ; 0,22]	0 [0 ; 0]	Interpolation
16 cm ; E2	0,41 [0,33 ; 0,5]	0 [0 ; 0]	Interpolation	3 cm ; E2	0,62 [0,51 ; 0,72]	0 [0 ; 0]	Interpolation
16 cm ; E3	0,36 [0,23 ; 0,52]	0 [0 ; 0]	Interpolation	6 cm ; E2	0,57 [0,47 ; 0,67]	0 [0 ; 0]	Interpolation
16 cm ; E5	0,67 [0,57 ; 0,76]	0,6 [0,2 ; 1]	Estimation	8 cm ; E2	0,54 [0,45 ; 0,63]	0 [0 ; 0]	Interpolation
16 cm ; E6	0,47 [0,34 ; 0,6]	0 [0 ; 0]	Interpolation	18 cm ; E2	0,38 [0,3 ; 0,47]	0 [0 ; 0]	Interpolation
17 cm ; E1	0,37 [0,27 ; 0,48]	0 [0 ; 0]	Estimation	24 cm ; E2	0,29 [0,21 ; 0,39]	0 [0 ; 0]	Interpolation
17 cm ; E2	0,4 [0,31 ; 0,49]	0 [0 ; 0]	Interpolation	28 cm ; E2	0,24 [0,16 ; 0,35]	0 [0 ; 0]	Interpolation
17 cm ; E3	0,35 [0,21 ; 0,51]	0 [0 ; 0]	Interpolation	35 cm ; E2	0,17 [0,1 ; 0,28]	0 [0 ; 0]	Interpolation
17 cm ; E5	0,66 [0,55 ; 0,75]	1 [1 ; 1]	Estimation	40 cm ; E2	0,13 [0,07 ; 0,23]	0 [0 ; 0]	Interpolation
17 cm ; E6	0,45 [0,32 ; 0,59]	0 [0 ; 0]	Interpolation	35 cm ; E3	0,14 [0,06 ; 0,29]	0 [0 ; 0]	Interpolation
20 cm ; E1	0,33 [0,23 ; 0,44]	0 [0 ; 0]	Estimation	40 cm ; E3	0,11 [0,04 ; 0,25]	0 [0 ; 0]	Interpolation
20 cm ; E2	0,35 [0,27 ; 0,44]	0,45 [0,3 ; 0,64]	Estimation	18 cm ; E5	0,64 [0,53 ; 0,74]	0 [0 ; 0]	Interpolation
20 cm ; E3	0,3 [0,18 ; 0,47]	0 [0 ; 0]	Interpolation	22 cm ; E5	0,58 [0,46 ; 0,69]	0 [0 ; 0]	Interpolation
20 cm ; E5	0,61 [0,5 ; 0,72]	0,71 [0,43 ; 1]	Estimation	31 cm ; E5	0,44 [0,3 ; 0,59]	0 [0 ; 0]	Interpolation
20 cm ; E6	0,41 [0,28 ; 0,55]	0,35 [0,15 ; 0,55]	Estimation	40 cm ; E5	0,3 [0,17 ; 0,48]	0 [0 ; 0]	Interpolation
23 cm ; E1	0,29 [0,2 ; 0,4]	0 [0 ; 0]	Interpolation	55 cm ; E5	0,14 [0,05 ; 0,32]	0 [0 ; 0]	Interpolation
23 cm ; E2	0,31 [0,23 ; 0,41]	0 [0 ; 0]	Interpolation	19 cm ; E6	0,42 [0,3 ; 0,56]	0 [0 ; 0]	Interpolation

Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction	Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
23 cm ; E3	0,26 [0,15 ; 0,43]	0 [0 ; 0]	Interpolation	26 cm ; E6	0,32 [0,2 ; 0,46]	0 [0 ; 0]	Interpolation
23 cm ; E5	0,57 [0,44 ; 0,68]	0,6 [0,33 ; 0,8]	Estimation	27 cm ; E6	0,3 [0,19 ; 0,45]	0 [0 ; 0]	Interpolation
23 cm ; E6	0,36 [0,24 ; 0,5]	0 [0 ; 0]	Interpolation	28 cm ; E6	0,29 [0,18 ; 0,43]	0 [0 ; 0]	Interpolation

Les taux d'efficacité prédits des zones prospectées sont très variables en fonction des deux paramètres retenus dans le modèle (hauteur moyenne et éolienne). Ils sont très faibles à très bons avec une gamme de valeurs allant de 0,01 au minimum (hauteur de végétation de 80 cm) à 0,85 au maximum (absence de végétation) suivant les milieux et les éoliennes prospectées (Tableau 23).

La figure ci-dessous montre l'évolution de la probabilité de détection d'un leurre en fonction de la hauteur de végétation, pour chaque éolienne. Cette probabilité décroît toujours avec la hauteur de la végétation et les prédictions du modèle semblent bonnes (intervalle de confiance relativement restreint autour de la courbe).

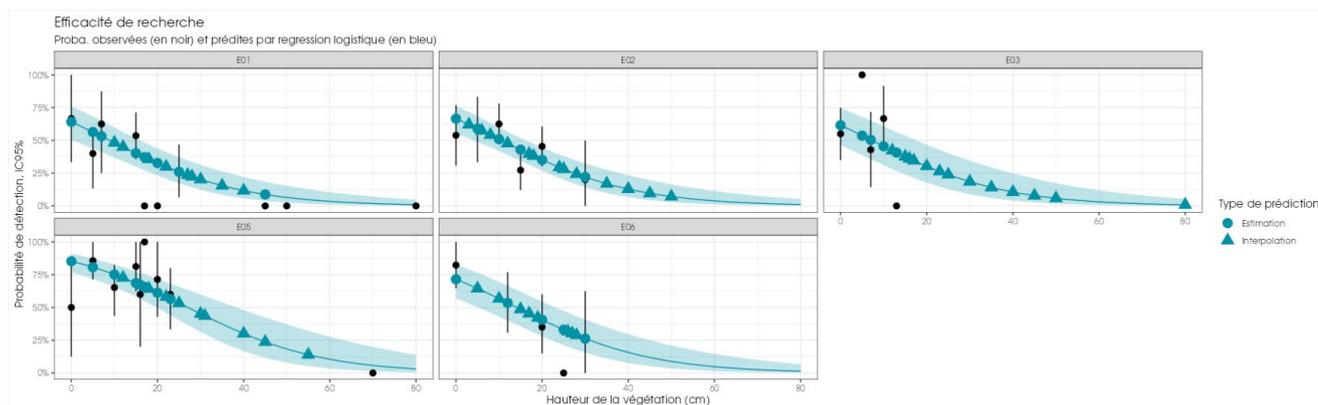


Figure 59 : Représentation graphique du modèle sélectionné expliquant la probabilité de détection en fonction de la hauteur de la végétation et de l'éolienne.

2.2.2.3.1. Tests et calcul des coefficients correcteurs issus de GenEst

2.2.2.3.1.1. Density Weighted Proportion (DWP)

Tableau 24 : Calcul de la proportion de surface prospectée par éolienne

Turbine	Proportion de la surface prospectée
E1	0,435
E2	0,594
E3	0,545
E5	0,435
E6	0,294

L'incapacité d'incorporer une estimation des "cripping loss" conduit à l'utilisation d'un indicateur qui corrige la probabilité de détection globale (g) en tenant compte de la prospection autour des éoliennes.

La proportion de surface prospectée varie entre les éoliennes, de 29 % pour l'éolienne E6 à 59% pour l'éolienne E2. De manière générale, la proportion de surface prospectée pourrait être qualifiée de « mauvaise » car n'excède pas les 60% surface prospectée moyenne (Tableau 24)

2.2.2.3.1.2. Efficacité de recherche (f)

À la suite de la sélection et l'analyse des modèles d'efficacité de recherche, un modèle contenant l'effet de la **hauteur de végétation** a été préconisé pour estimer au mieux l'efficacité de recherche (Tableau 25). Six covariables ont été utilisées lors de la sélection de modèle : « occupation du sol », « hauteur de végétation », « couverture végétale », « visibilité », « saison » et « ID de l'éolienne ». La sélection de modèle par AICc a révélé que le modèle le plus parcimonieux était celui intégrant la hauteur de végétation (au format catégorielle) pour estimer au mieux la probabilité de détection de l'observateur.

Tableau 25 : Estimation de la détection médiane et des intervalles de confiance (95%) associées.

Hauteur de végétation	Nombre de leurres	Probabilité de détection médiane	IC (2,5%)	IC (97,5%)
Haute	39	0,102	0,039	0,243
Moyenne	198	0,459	0,391	0,529
Basse	199	0,633	0,564	0,697

2.2.2.3.1.3. Persistance des cadavres (s)

Pour rappel, selon GenEst, la "persistance d'un cadavre" correspond à la probabilité qu'un cadavre arrivant au temps t_0 , continue à persister jusqu'à un temps t jours plus tard.

À la suite des tests de persistance et aux analyses statistiques, le modèle le plus « parcimonieux » (~ 1) a été retenu. Il n'intègre aucune variation de la persistance au niveau de l'éolienne (c'est-à-dire que la persistance est estimée à l'échelle du parc), et est modélisé par une famille de distribution « exponentielle ». Aucune autre famille de distribution initialement présente (Log normal, Log logistique et Weibull) n'a pu être utilisée du fait de l'absence de convergence des modèles de persistance avec ces distributions statistiques plus complexes.

A travers ce modèle, nous estimons une persistance médiane à l'échelle du parc de **0,74 jour [0,63 ; 0,87]** (Tableau 26 ; Figure 60). Notons que la persistance médiane reste très faible sur l'ensemble des éoliennes suivies, et les cadavres semblent disparaître très rapidement, en effet, nous estimons à travers ce modèle que 50% des cadavres disparaissent en moins d'1 journée (Tableau 26 ; Figure 60).

La statistique « r_i » (i : jours du calendrier de passage : 1/3/7/14 ; Tableau 26) correspond à la probabilité estimée qu'un cadavre arrivant à un moment aléatoire dans un intervalle de i jour persiste jusqu'à la fin de cet intervalle. Par exemple, pour $i = 3$, la probabilité qu'un cadavre arrivé aléatoirement dans un intervalle de 3j persiste (donc qu'il soit toujours présent) jusqu'à 3j est de 34% [29 ; 38].

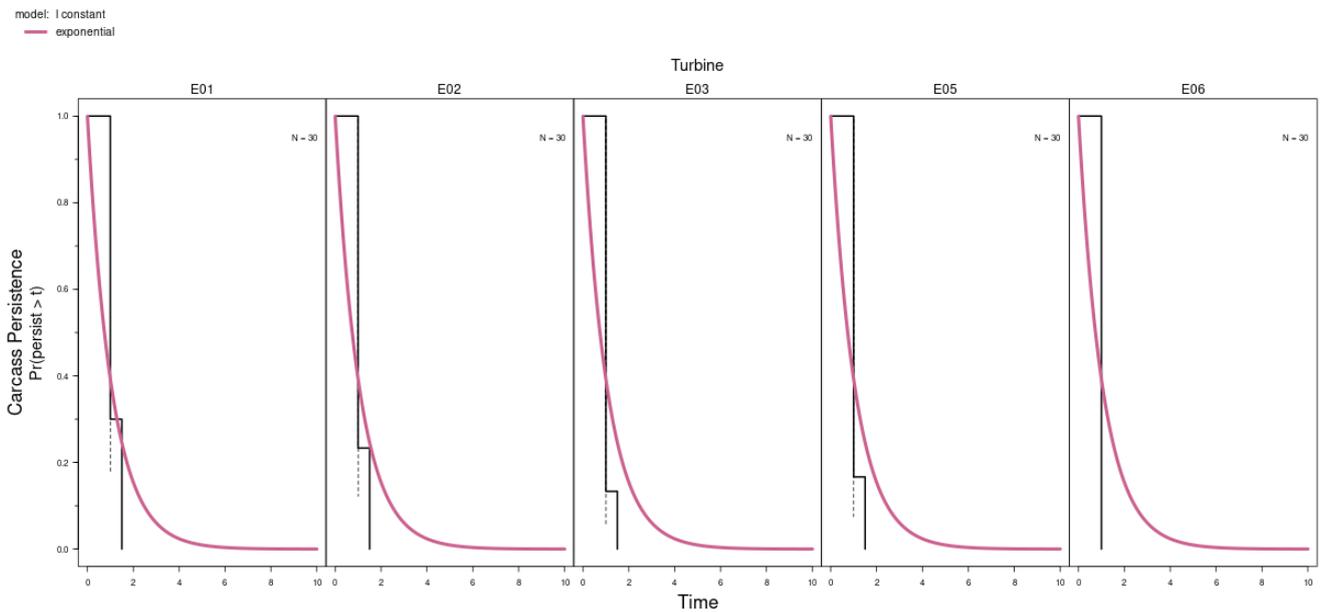


Figure 60 : Courbe d'évolution des temps de persistance par éolienne (courbes de Kaplan-Meier)

Tableau 26 : Estimation des persistance médianes et des intervalles de confiances associés (95%)

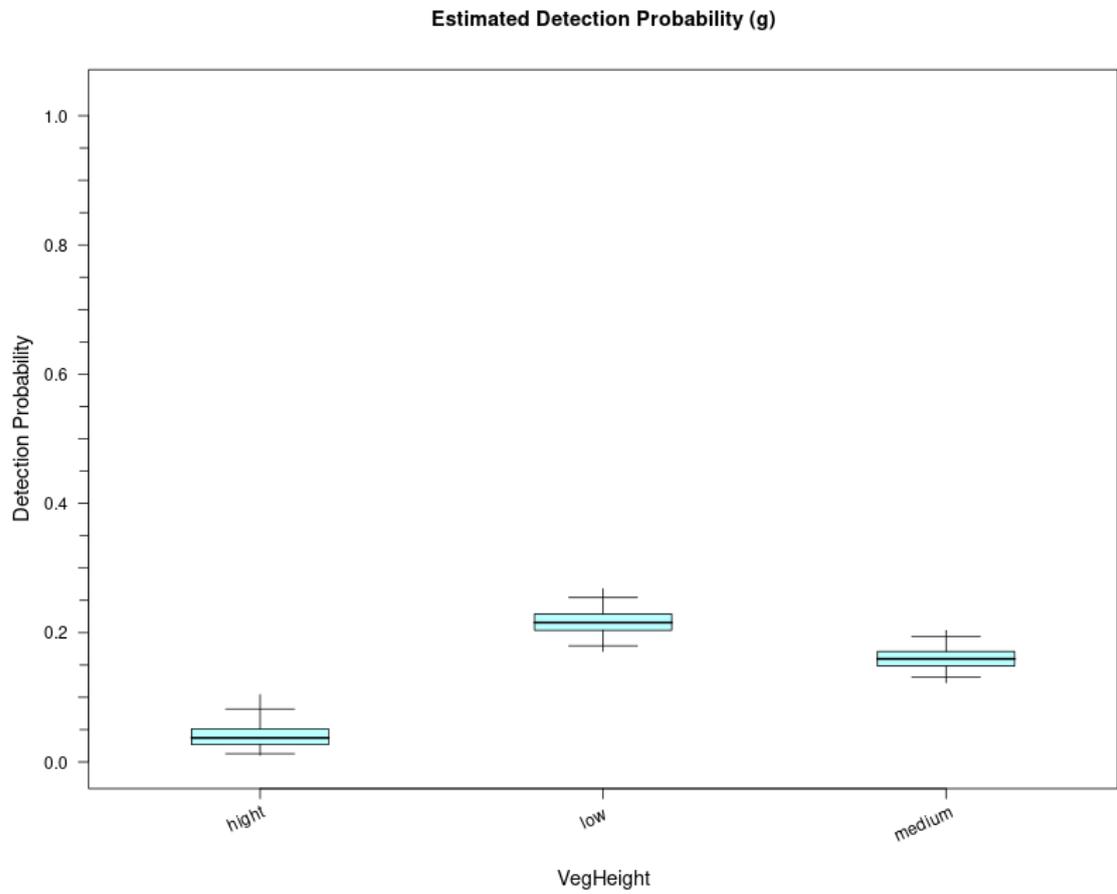
Parc	Nombre de rats	CP médian (CI95)	r1 (CI95)	r3 (CI95)	r7 (CI95)	r14 (CI95)
Allerey	150	0,74 [0,63 ; 0,87]	0,65 [0,61 ; 0,69]	0,34 [0,29 ; 0,38]	0,15 [0,13 ; 0,18]	0,08 [0,06 ; 0,09]

2.2.3.1.4. Probabilité de détection générique (g)

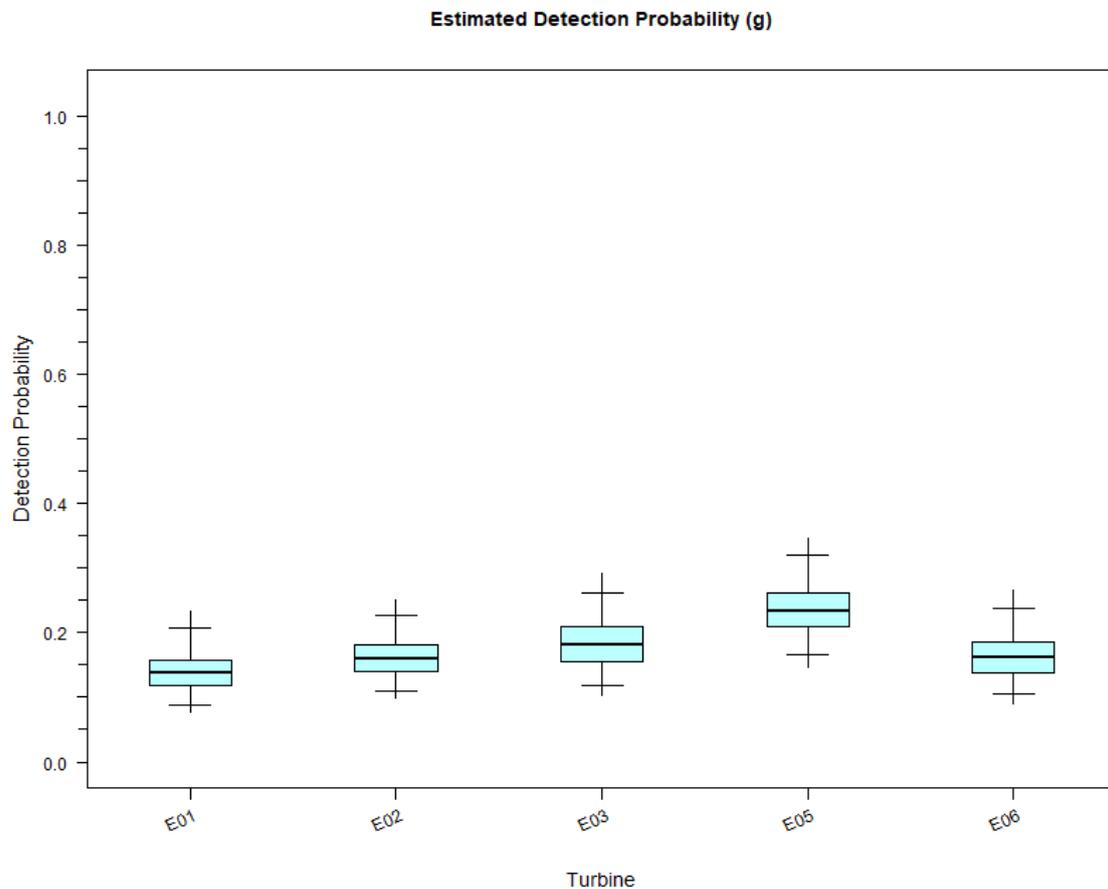
La probabilité de détection générique (notée g), intègre les estimations du modèle de persistance et du modèle d'efficacité de recherche. L'estimation de la probabilité de détection globale est relativement faible mais aussi variable en fonction des différentes hauteurs de végétations rencontrées (Tableau 27 ; Figure 61). Globalement, la probabilité de détection estimée (g) est plus faible dans un contexte où la végétation est haute. La probabilité de détection médiane varie entre 0,037 [0,013 ; 0,082] pour des végétations caractérisées comme haute, et 0,216 [0,18 ; 0,25] pour des végétations de type « basse ». Cette différence repose sur la différence entre éolienne observée à la fois lors de l'estimation de la persistance et de l'efficacité de recherche décrite plus tôt.

Tableau 27 : Estimation de la probabilité de détection générique pour l'ensemble des hauteurs de végétation

Hauteur de végétation	IC(2,5%)	IC(25%)	Médiane	IC(75%)	IC(97,5%)
Haute	0,013	0,027	0,037	0,051	0,082
Moyenne	0,131	0,148	0,159	0,171	0,194
Basse	0,18	0,204	0,216	0,229	0,254



Box plots show median, IQR, and 99% & 95% CIs



Box plots show median, IQR, and 99% & 95% CIs

Figure 61 : Estimation de la probabilité de détection (g) par unité retenue lors de la modélisation (hauteur de végétation – haut & Turbine - bas)

2.2.2.4 Estimation de la mortalité

Rappel : Le protocole national 2018 exige de se baser sur **des formules de calcul internationales afin d'obtenir une estimation standardisée**. Plusieurs méthodes sont donc appliquées pour estimer la mortalité, chacune d'entre elles présentant des points forts et des points faibles. **Les résultats diffèrent de l'une à l'autre, parfois de façon importante**. Ainsi, l'utilisation de plusieurs méthodologies permet de présenter une fourchette de résultats pour prendre en compte ces variations. Il s'agit ici d'estimer les **collisions potentielles sur le parc sur l'année qui diffèrent de celles réellement observées**.

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 ou considérée comme imputable (cas des plumées) aux éoliennes (cf. Annexe IV : Détails sur les coefficients correcteurs et des méthodes statistiques).

La probabilité de détection $P(s,f)$ est très faible de manière générale (entre 0,1 et 0,24 suivant les méthodes) et le coefficient surfacique (a) est assez faible également (entre 30% et 59% de surfaces prospectées). Par la combinaison des deux, les probabilités globales de détection varient de 0,04 à 0,11, c'est à dire un facteur démultiplicateur moyen de la mortalité observée allant respectivement de 9,42 à 22,7. **En ordre de grandeur, la mortalité probable de chaque éolienne est entre 9 et 23 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 E6 est l'éolienne qui a la plus faible probabilité de détection globale, E2 et E3 ont les probabilités de détection globale les plus fortes mais qui reste dans l'absolu assez faibles. E1 et E5 sont intermédiaires.

A noter que le test de persistance et le test d'efficacité sont réalisés respectivement à base de cadavres de petite taille et de leurres de petite taille (Cf. chapitres Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées et Conditions de réalisation du suivi de mortalité et des suivis de l'activité des chiroptères) qui ne reflètent pas forcément la réalité de disparition et de découverte d'un cadavre de grande taille type rapace. La probabilité de détection est faible ici mais correspond à la probabilité de détection de cadavres de petite taille, elle est susceptible de représenter un biais par rapport aux cadavres d'oiseaux de grande taille type rapaces et grands voiliers.

Le modèle choisi ici pour estimer la mortalité est le modèle « Turbines en partie 'interchangeables' [*partial-pooling*] » : Dans ce modèle est fait l'hypothèse qu'il existe une certaine similarité entre les turbines suivies, mais elles ne sont pas pour autant de parfaites répliques les unes des autres. Dans la majorité des cas cette hypothèse est la plus pertinente sur le plan écologique. En outre, le partage d'information entre les turbines permet d'obtenir des résultats moins incertains sans prendre le risque d'introduire des biais importants. Techniquement, les différentes mortalités moyennes des turbines sont modélisées grâce à un 'effet aléatoire'. Le degré de similarité entre les turbines est estimé à partir des données via un paramètre 'sigma' qui représente (dans l'échelle log) la variabilité de la mortalité au sein de la population des éoliennes du parc. Ce paramètre sigma est l'écart-type de l'effet aléatoire 'Turbine'. Le *prior* de ce paramètre est : $\text{sigma} \sim \text{Exponentielle}(1)$.

Un autre modèle possible serait le modèle « Turbines indépendantes (rétro-compatibilité) [*no-pooling*] » : dans ce modèle, les mortalités au niveau de chaque turbine sont indépendantes. On fait l'hypothèse qu'il n'y a aucune similarité entre les turbines suivies. Cette hypothèse rend les estimations précautionneuses mais la mortalité d'une éolienne ne peut s'appuyer que sur les données de l'éolienne considérée. Il y a donc des incertitudes plus importantes par rapport aux autres modèles. Cette approche implique aussi que la mortalité au niveau d'une éolienne peut être considérée comme très forte, même si aucun cadavre n'a été observé ailleurs dans le parc. Réciproquement, la mortalité peut être considérée très faible sur une turbine (si aucun cadavre observé et conditions d'observation appropriées) même si de nombreux cadavres ont pu être observés partout ailleurs dans le parc.

Tableau 28 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation

	E1	E2	E3	E5	E6
Probabilité détection P(s,f)					
Huso (2010)	0,17	0,18	0,17	0,24	0,21
Erickson et al. (2000)	0,17	0,18	0,18	0,24	0,21
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,1	0,1	0,1	0,14	0,12
Coefficient correcteur de surface a					
Taux surfaces prospectées pondérées par le temps	0,44	0,59	0,55	0,44	0,30
Probabilité globale de détection a x P(s,f)					
Huso (2010)	0,07	0,11	0,09	0,11	0,063
Erickson et al. (2000)	0,07	0,11	0,10	0,11	0,063
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,04	0,06	0,06	0,06	0,036

2.2.2.4.1. Estimation de la mortalité pour l'avifaune

- Éolienne E5

C'est l'éolienne qui présente à la fois le plus de cadavres (n = 4), la mortalité estimée la plus probable la plus forte, mais également les estimations avec les plus fortes incertitudes. Les estimations de mortalité, selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E5, sont comprises entre 17 et 31 individus sur une période de 164 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 54 à 95 individus et minimum allant de 5 à 10 individus. Les 4 observations ont été réalisées sur une période assez étendue, entre le 13 juin 2024 et le 24 octobre 2024.

- Éoliennes E1, E2, E3 et E6

Ce sont les éoliennes qui présentent l'estimé de mortalité le plus faible. E1 et E6 sont celles ayant le moins de découverte de cadavres (n = 0 pour chacune d'elle). Dans l'ensemble, pour les quatre éoliennes, les estimations de mortalité sont comprises entre 4 et 19 individus, selon les méthodes d'estimation. Concernant les intervalles de confiance associés, la borne inférieure de ces derniers varie de 0 à 2 et la borne supérieure varie de 27 à 51. Ces intervalles de confiance témoignent là encore d'une variabilité importante des estimations de la mortalité.

Tableau 29 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc d'Allerey sur la période du suivi

Estimateurs	E1	E2	E3	E5	E6	Total parc
Mortalité observée des oiseaux	0	1	1	4	0	6
Huso (2010) [IC 95%]	7 [0 ; 27]	9 [1 ; 29]	9 [2 ; 32]	17 [8 ; 58]	5 [0 ; 29]	63 [28 ; 132]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	5 [0 ; 27]	9 [1 ; 30]	9 [2 ; 31]	19 [5 ; 54]	4 [0 ; 27]	64 [26 ; 129]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	13 [0 ; 46]	17 [2 ; 49]	19 [2 ; 51]	31 [10 ; 95]	10 [0 ; 48]	118 [42 ; 223]

- Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est de 63 à 118 individus sur l'ensemble du suivi (164 jours). En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 26 à 42 individus au minimum et de 129 à 223 individus au maximum pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude importante.

Les 6 observations ont été réalisées sur 134 jours centrés sur deux saisons :

- En période de reproduction : du 13 juin au 18 juillet : 2 découvertes en juin, 2 découvertes en juillet ;
- En période postnuptiale, du 19 septembre au 24 octobre : 1 découverte en septembre, 1 découverte en octobre.

L'éolienne E5 présente la plus forte estimation de mortalité la plus probable à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, E3 et E2, puis E1 et E6 (ces 4 éoliennes étant difficilement discernables entre elles). Malgré cette tendance, les incertitudes importantes ne permettent pas d'observer des différences significatives entre les éoliennes.

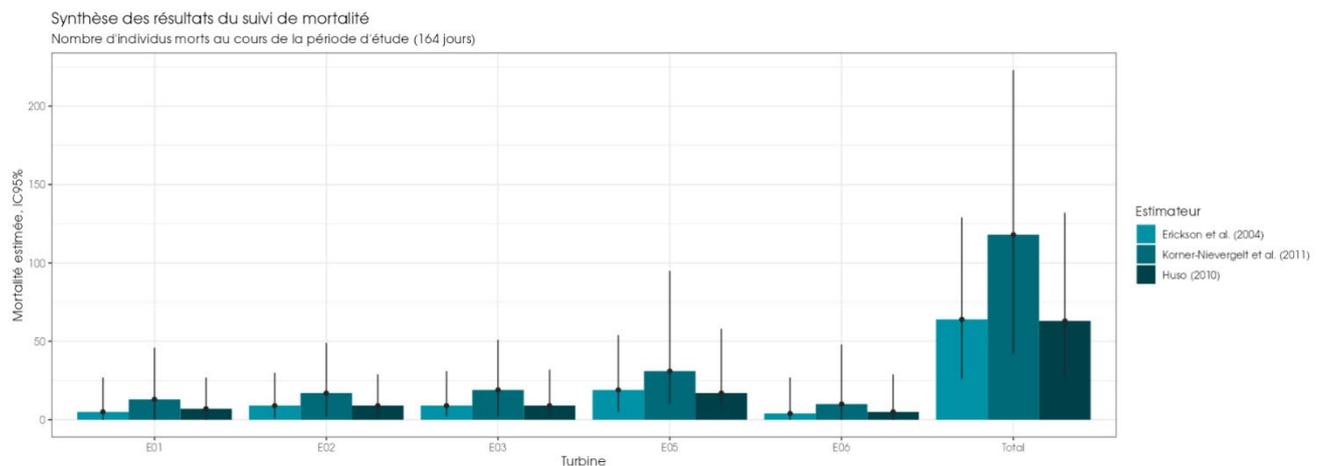


Figure 62 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien d'Allerey au cours du suivi de 2024 sur 164 jours

2.2.2.4.2. Estimation de la mortalité des chiroptères

- Éolienne E1

C'est l'éolienne qui présente à la fois le plus de découvertes de cadavres ($n = 3$), la mortalité probable la plus forte et les estimations avec les plus fortes incertitudes. Les estimations de mortalité pour l'éolienne E1 sont comprises entre 13 et 19 individus sur une période de 164 jours de suivi, selon les méthodes d'estimation. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 64 à 109 individus et un effectif minimal de 5. Les 3 observations ont été réalisées sur une période assez peu étendue entre le 18 juillet 2024 et le 30 septembre 2024.

- Éoliennes E2, E5 et E6

Il s'agit des éoliennes qui présentent à la fois la mortalité probable la plus faible et le moins de découverte de cadavres ($n = 0$ pour chacune d'elle). Dans l'ensemble, pour les trois éoliennes, les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 18 à 40 individus, ce qui correspond plutôt à des effectifs moyens, qui se situent entre les effectifs minimum et maximum, pour l'éolienne E1 qui est la plus impactante pour les chiroptères (observations et estimations confondues).

- Éolienne E3

Par rapport aux autres éoliennes du parc, l'éolienne E3 présente une mortalité estimée la plus probable (entre 5 et 11 selon la formule) et un nombre de découvertes de cadavres intermédiaires ($n = 1$ pour cette éolienne).

Tableau 30 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc d'Allerey sur la période du suivi

Estimateurs	E1	E2	E3	E5	E6	Total parc
Mortalité observée chiroptères	3	0	1	0	0	4
Huso (2010) [IC 95%]	13 [5 ; 65]	0 [0 ; 19]	6 [1 ; 28]	0 [0 ; 19]	0 [0 ; 24]	50 [16 ; 111]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	13 [5 ; 64]	0 [0 ; 18]	5 [1 ; 28]	0 [0 ; 19]	0 [0 ; 23]	42 [14 ; 107]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	19 [5 ; 109]	0 [0 ; 32]	11 [1 ; 49]	0 [0 ; 32]	0 [0 ; 40]	79 [27 ; 192]

- Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 42 et 79 individus sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 14 à 27 individus au minimum et de 107 à 192 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude importante.

Les 4 observations ont été réalisées sur 75 jours centrés sur la période estivale (du 18 juillet au 30 septembre : 1 découverte en juillet, 1 découverte en août et 2 découvertes en septembre).

L'éolienne E1 présente la plus forte estimation probable de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, E3 puis E6, E5 et E2 (ces trois dernières éoliennes étant difficilement discernables entre elles). Malgré cette tendance, les incertitudes importantes ne permettent pas d'observer des différences significatives entre les éoliennes.

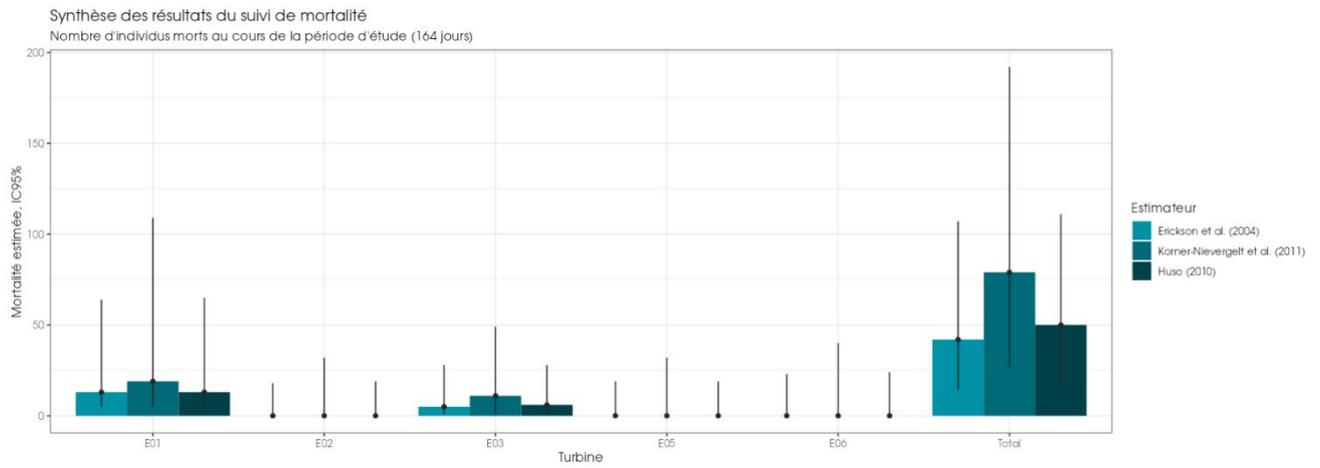


Figure 63 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien d'Allerey au cours du suivi de 2024 sur 164 jours

2.2.2.5 Estimation de la mortalité à partir de GenEst

La mortalité a été estimée à partir de l'application « GenEst », méthode développée par une équipe internationale (Huso & Dalthorp (USGS) et Korner-Nievergelt (Oikostat)).

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 2ème passage ont été prises en compte. En effet, les observations faites au 1er 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.

Les figures et tableaux suivants présentent les résultats des estimations de la mortalité réelle pour le parc éolien d'Allerey (5 éoliennes, entre le 13 mai 2024 et le 24 octobre 2024) obtenus à partir des modélisations faites avec GenEst (Huso & Dalthorp). La distinction par groupe (chiroptères et oiseaux) a également été réalisée. En Annexe IX, est précisé le détail des choix retenus pour les modélisations opérées par GenEst afin d'ajuster au mieux les estimations au jeu de données du parc.

2.2.2.5.1. Estimation totale de la mortalité (tout groupe confondu)

La mortalité médiane totale, c'est-à-dire tout groupe taxonomique confondu (chiroptères et oiseaux) est estimée à 113 individus [IC 95% : 50,7 ; 194,1] sur l'ensemble du parc (Figure 64, gauche).

Lorsque l'estimation de mortalité est stratifiée par éolienne, nous pouvons observer une certaine variabilité dans l'estimation de la mortalité. En effet, en se basant sur les 4 éoliennes où une présence de cadavre a été relevée (E1, E2, E3, E5), l'éolienne E2, pourrait être considérée comme étant la moins mortifère avec une estimation médiane de 13 cadavres [IC95% : 1 ; 44,3]. Au contraire, les éoliennes E1 et E5 semblent être les plus impactantes pour la faune volante, avec une mortalité estimée d'environ 40 individus [IC95% voir valeurs respectives dans le Tableau 31]. Notons néanmoins, les fortes incertitudes autour de ces estimations, notamment dans le cas de l'éolienne E1 (Figure 64 droite ; Tableau 31). Les fortes incertitudes observées sur l'éolienne E1 pourraient être causées par une très faible probabilité de détection, résultante elle-même d'une faible persistance et efficacité de recherche.

Tableau 31 : Estimation de la mortalité totale (tout groupe confondu) sur le parc d'Allerey en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)

Eolienne	Nombre de cadavre	IC 2,5%	IC 25%	Estimation médiane	IC 75%	IC 97,5%
E1	3	3	23,97	37,54	52,56	83,22
E2	1	1	1	13,19	24,66	44,31
E3	2	2	9,17	18,48	27,23	47,34
E5	4	9,41	29,27	42,66	57,45	91,17
E6*	0	NA	NA	NA	NA	NA

* Aucun cadavre n'ayant été découvert sous cette éolienne, l'estimateur GenEst n'a pas permis d'obtenir des estimations de mortalité.

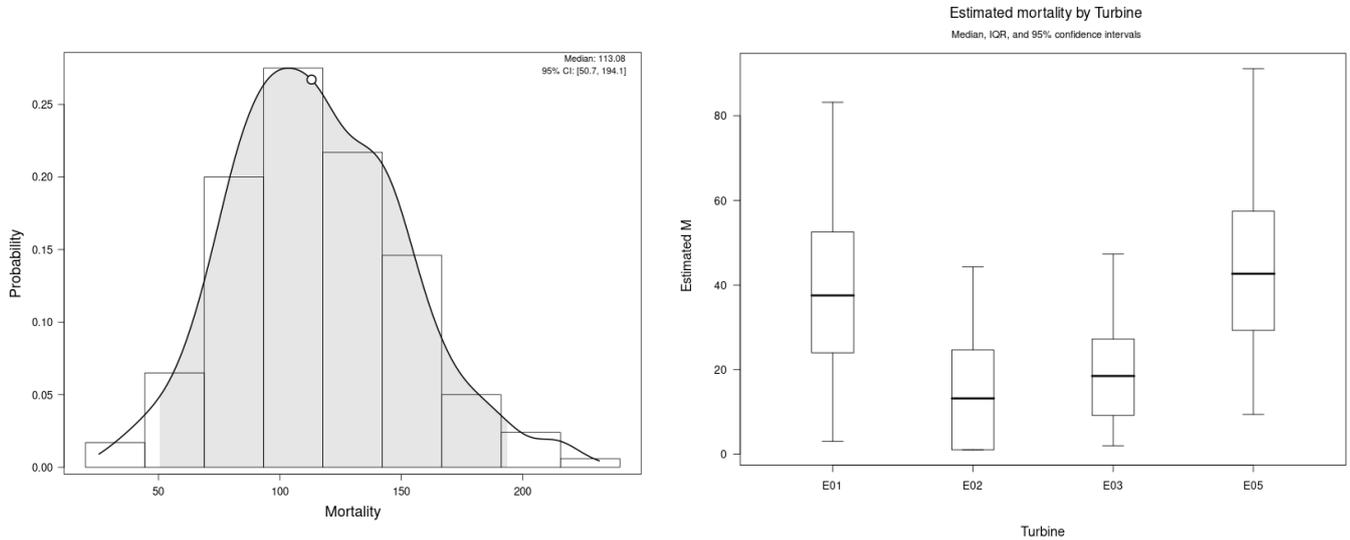


Figure 64 : Densité de probabilité de la mortalité totale et par éolienne sur le parc d'Allerey en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)

2.2.2.5.2. Estimation de la mortalité de l'avifaune

Sur l'ensemble du parc éolien d'Allerey, **la médiane de la mortalité de l'avifaune est d'environ 65 cadavres [IC 95 % : 22 ; 127,6]** (Figure 65, gauche).

Il est également possible d'obtenir une estimation de la mortalité par éolienne en stratifiant la mortalité par ce facteur. En se limitant aux éoliennes où la mortalité a été estimée, les éoliennes E2 et E3 pourraient être considérées comme ayant l'impact le moins prononcé sur les oiseaux. En revanche, l'éolienne **E5 semble être la plus impactante pour l'avifaune, avec une mortalité médiane de 43 [10 ; 94] individus** (Figure 65 ; Tableau 32).

Il est important de noter que les incertitudes autour des estimations de cette éolienne E5 sont relativement importantes (Figure 65, droite), ce constat est beaucoup moins marqué sur les autres éoliennes.

Tableau 32 : Estimation de la mortalité de l'avifaune sur le parc d'Allerey en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)

Eolienne	Nombre de cadavre	IC 2,5%	IC 25%	Estimation médiane	IC 75%	IC 97,5%
E1*	0	NA	NA	NA	NA	NA
E2	1	1	1	13,19	22,6	43,81
E3	1	1	1	8,49	14,83	27,42
E5	4	10,13	30,82	42,96	58,29	94,01
E6*	0	NA	NA	NA	NA	NA

* Aucun cadavre d'oiseau n'ayant été découvert sous cette éolienne, l'estimateur GenEst n'a pas permis d'obtenir des estimations de mortalité.

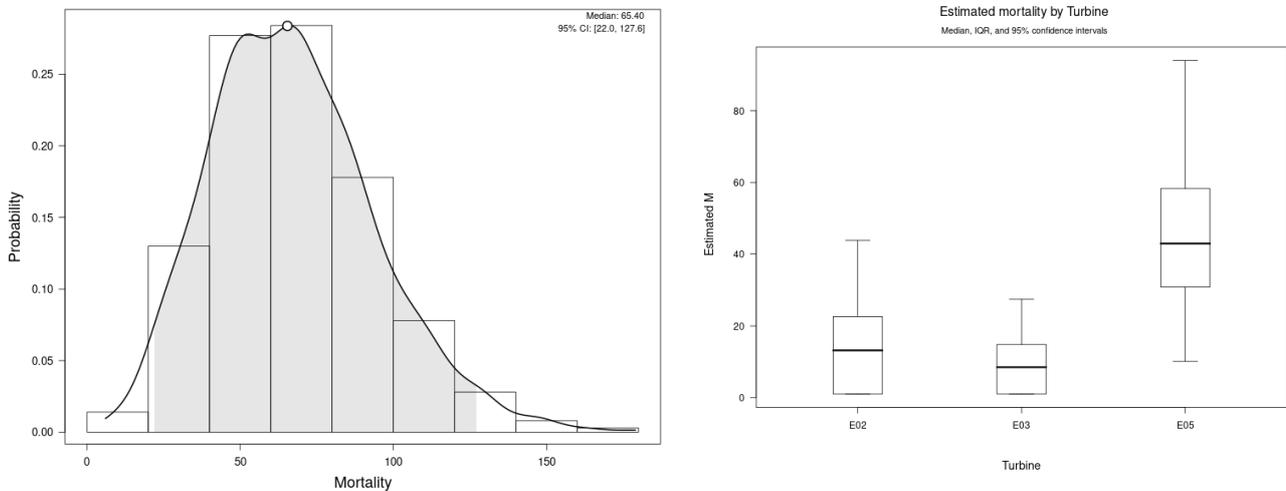


Figure 65 : Densité de probabilité de la mortalité de l'avifaune sur le parc et par éolienne sur le parc d'Allerey en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)

2.2.2.5.3. Estimation de la mortalité des chiroptères

En se basant sur les analyses de l'estimateur GenEst, la mortalité estimée des chiroptères est d'environ 47 individus [IC95% : 10 ; 102] sur l'ensemble du parc (Figure 66). La stratification de la mortalité par éolienne permet d'observer une certaine homogénéité, avec une estimation médiane entre 10,65 et 37,31 individus (Figure 66 ; Tableau 33). Néanmoins, l'estimation de la mortalité sur l'éolienne E1 est marquée par de grandes incertitudes et donc une estimation médiane plus importante. C'est aussi sur cette éolienne que le plus de cadavres a été retrouvé (Figure 66 ; Tableau 33). De la même manière que précédemment, les larges intervalles de confiance sont causés par une probabilité de détection très faible.

D'un point de vue numérique, il est assez visible que l'éolienne la plus mortifère pour les chiroptères serait E1 avec une mortalité estimée de 37 individus [3 ; 85,47]. Cependant, la grande variabilité autour des estimations ne permet pas de conclure facilement sur l'impact de cette éolienne sur les chiroptères, d'autant plus que seulement 4 cadavres ont été retrouvés sous les 4 éoliennes du parc. Néanmoins, il se pose la question de la faible probabilité globale de détection, il paraît ainsi possible de trancher pour « un risque de significativité ».

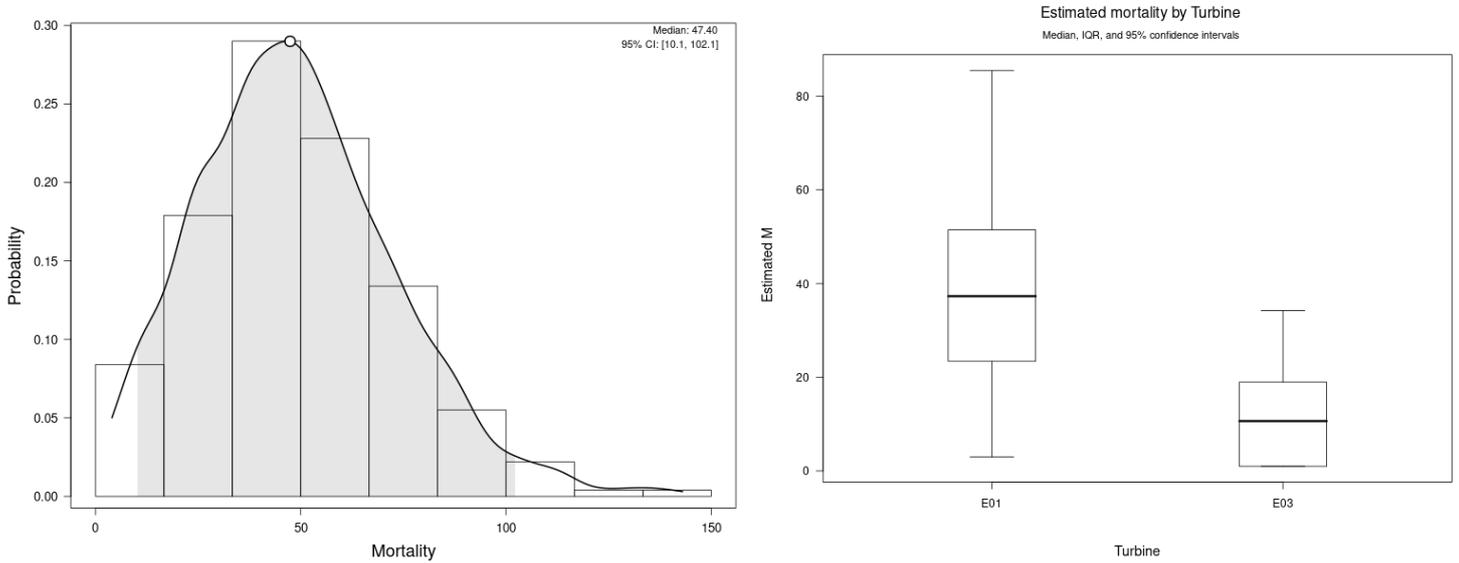


Figure 66 : Densité de probabilité de la mortalité des chiroptères sur le parc et par éolienne sur le parc d'Allerey en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)

Tableau 33 : Estimation de la mortalité des chiroptères sur le parc d'Allerey en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)

Eolienne	Nombre de cadavre	IC 2,5%	IC 25%	Estimation médiane	IC 75%	IC 97,5%
E1	3	3	23,41	37,31	51,49	85,47
E2*	NA	NA	NA	NA	NA	NA
E3	1	1	1	10,65	18,97	34,24
E5*	NA	NA	NA	NA	NA	NA
E6*	NA	NA	NA	NA	NA	NA

* Aucun cadavre de chiroptère n'ayant été découvert sous cette éolienne, l'analyse GenEst n'a pas permis d'obtenir des estimés de la mortalité la plus probable.

2.2.2.6 Comparaison entre les estimateurs de Huso et de GenEst

Tableau 34 : Comparaison des estimateurs de mortalités GenEst et Huso

Estimateurs	Avifaune				Chiroptères		
	E2	E3	E5	Total	E1	E3	Total
Mortalité brute	1	1	4		3	1	
Huso (Huso et al., 2011)	9 [1 ; 29]	9 [2 ; 32]	17 [8 ; 58]	63 [28 ; 132]	13 [5 ; 65]	6 [1 ; 28]	50 [16 ; 111]
GenEst (Dalthorp et al., 2018)	13,19 [1 ; 43,81]	8,49 [1 ; 27,42]	42,96 [10,13 ; 94,01]	65 [22 ; 127,6]	37,31 [3 ; 85,47]	10,65 [1 ; 34,24]	47 [10 ; 102]

Premièrement, les métriques diffèrent entre les deux estimateurs. Pour estimer la mortalité à partir de l'estimateur de Huso, une valeur dite « modale » est calculée. Elle correspond la **valeur la plus fréquente dans une distribution donnée (ici la distribution de la mortalité)**. L'estimateur GenEst utilise quant à lui la **métrique « médiane »** comme statistique résumée de mortalité. Cette différence de pratique peut amener à observer certaines variations, notamment dans le cas de distributions asymétriques.

Sachant cette différence de traitement statistique, il est possible de remarquer que les estimations à l'échelle du parc sont très proches mais qu'elles peuvent être éloignées lorsqu'il s'agit des estimations à l'échelle de l'éolienne. L'ordre des éoliennes est conservé entre les deux analyses mais les valeurs absolues des estimés de mortalité la plus probable varient de façon importante. Les écarts sont particulièrement importants pour les chiroptères mais également pour l'avifaune sur E5. Les écarts entre les estimations sont donc d'autant plus importants que le nombre de cadavres découverts est important et les estimateurs GenEst sont supérieurs à ceux obtenus à l'aide de la formule d'Huso.

Rappelons que la méthode d'incorporation de l'estimateur d'Huso dans nos calculs d'estimation de mortalité permet d'estimer une mortalité la plus probable sous des éoliennes pour lesquelles la mortalité brute est nulle, ce que l'estimateur GenEst ne fait pas sans utiliser un logiciel annexe (Evidence of Absence ; Dalthorp et al., 2014). Ainsi, la mortalité estimée par GenEst ne prend pas en compte l'information « nombre de cadavre nul » que la méthode utilisant la formule de Huso intègre. C'est ce qui a conduit au hiatus observé entre les résultats des deux méthodes d'estimation. Rappelons néanmoins que cela influence peu les conclusions du suivi, les estimations à l'échelle du parc étant très proches.

Plus de détails sur l'utilisation de GenEst dans le cadre de cette étude est présenté en annexe V.

2.2.2.7 Comparaison de la mortalité estimée sur le parc d'Allerey avec le référentiel mortalité corrigée Biotope

Tableau 35 : Projection de la mortalité estimée par éolienne sur les quantiles de mortalité du référentiel mortalité Biotope

Nom de l'éolienne	Oiseaux					Chiroptères				
	E1	E2	E3	E5	E6	E1	E2	E3	E5	E6
Mortalité estimée M avec Huso [IC 95%]	7 [0 ; 27]	9 [1 ; 29]	9 [2 ; 32]	17 [8 ; 58]	5 [0 ; 29]	13 [5 ; 65]	0 [0 ; 19]	6 [1 ; 28]	0 [0 ; 19]	0 [0 ; 24]
Quantile de mortalité estimée	78%	88%	88%	98%	61%	92%	3%	75%	3%	3%

Ces résultats sont issus des données extraites du référentiel de mortalité estimée élaboré par Biotope depuis 2019. Le graphique présente un « quantile de mortalité estimée » en fonction de la mortalité estimée M par éolienne du parc d'Allerey. Ce quantile représente la projection de la valeur M observée pour chaque éolienne sur une fonction de répartition empirique cumulative (*empirical cumulative distribution function*, ECDF) issue du référentiel de mortalité estimée de Biotope. Ce critère permet de situer la mortalité estimée d'une éolienne par rapport à un référentiel national complet (voir parties 1.2.2.3).

Au sein du parc éolien d'Allerey, entre 1 et 4 cadavres d'oiseaux et entre 1 et 3 cadavres de chiroptères ont été observés par éolienne (mortalité brute). En appliquant une correction à partir de la probabilité globale de détection, les estimations corrigées se situent entre 5 [0 ; 29] et 17 [8 ; 58] oiseaux par éolienne, et entre 0 [0 ; 19] et 6 [1 ; 28] chiroptères par éolienne, selon la formule de Huso.

Ainsi, en utilisant de manière comparative le référentiel de mortalité estimée, le niveau de mortalité observé est classé de très faible à très fort selon l'éolienne et le groupe taxonomique (Tableau 35).

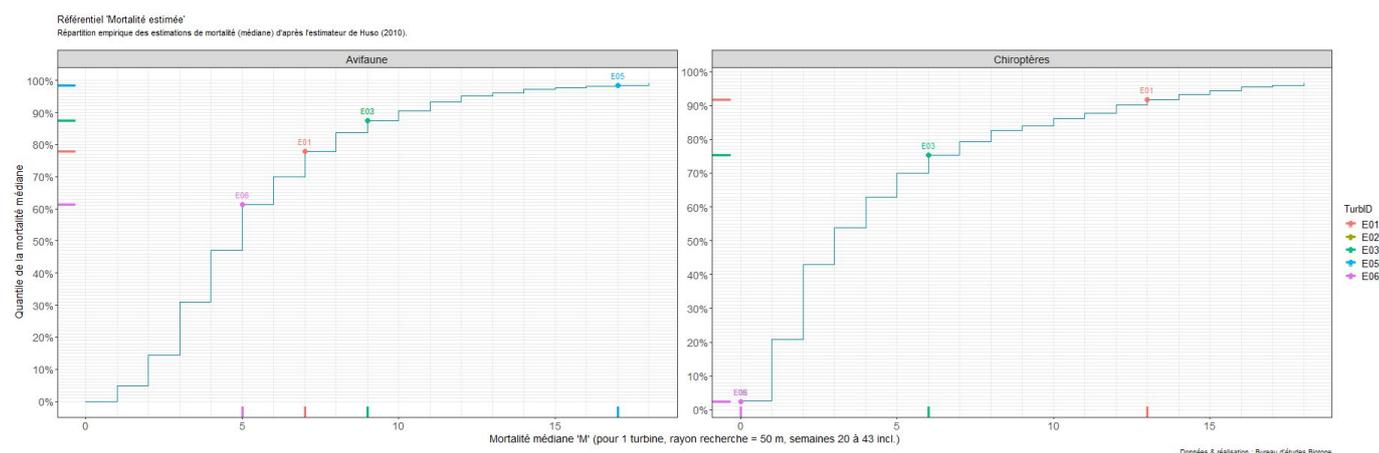


Figure 67 : Projection de la mortalité estimée par turbine issue du parc d'Allerey sur la répartition empirique des estimations de mortalité du référentiel mortalité estimée de Biotope.

En utilisant le graphique comme référence, nous déterminons un quantile de mortalité estimée par éolienne compris entre 61% et 98% pour les oiseaux et entre 3% et 75% pour les chiroptères. Ce quantile de mortalité estimée est nettement plus élevé chez les oiseaux et reste important pour toutes les éoliennes, exceptée E6. Pour les chiroptères, le quantile de mortalité estimée est très variable selon les éoliennes (75 à 92% pour E1, E3 contre 3% pour E2, E5, E6). Cette analyse graphique nous permet de constater que la mortalité estimée du parc d'Allerey est assez hétérogène selon les éoliennes mais est toute de même parmi les plus élevés du référentiel, en particulier pour les oiseaux.

Notons que l'éolienne E5 semble particulièrement mortifère pour les oiseaux, étant située dans les 2% des plus hautes mortalités estimées par Biotope depuis 2019 (Tableau 35). De la même manière, E2, E3 et E1 ont une mortalité estimée supérieures à celle de 88% des éoliennes suivies. Ce pourcentage est de 78% pour l'éolienne E1.

De la même manière pour les chiroptères, l'éolienne E1 est située parmi les 8 % d'éoliennes suivies par Biotope depuis 2019 dont les estimations sont les plus hautes (Tableau 35). L'éolienne E3 peut également être citée, avec un quantile de mortalité estimée de 75% (75 % des éoliennes suivies par Biotope depuis 2019 ont un estimé plus faible).

Enfin, nous pouvons noter que E1 et E3 sont les deux éoliennes du parc d'Allerey qui semblent particulièrement mortifères, à la fois, pour les oiseaux et les chiroptères.

Il est important de noter que ces valeurs ne constituent qu'une alerte sur un potentiel risque de significativité, et doivent être interprétées en conjonction avec les autres indicateurs. Cependant, il semble que le parc étudié présente une tendance à une **mortalité estimée** plus élevée que les autres parcs surveillés par Biotope depuis 2019, en particulier pour les oiseaux. Cependant, il convient de souligner une nouvelle fois que cette interprétation, prise individuellement, ne permet pas de tirer des conclusions définitives quant à la significativité potentielle de l'impact du parc d'Allerey sur les populations d'oiseaux et de chiroptères.

Rappel : Les résultats obtenus à partir de ce référentiel de mortalité estimée permettent de donner une mesure de comparaison à la mortalité estimée sur le parc d'Allerey et ainsi pouvoir situer les impacts en termes de mortalité par rapport à des résultats à plus large échelle. Néanmoins, son utilisation présente certains biais pouvant amener à une prise de recul sur les résultats des quantiles de mortalité obtenus. Le biais principal est la métrique utilisée, la mortalité estimée du référentiel est caractérisée selon la médiane, pour les résultats de ce présent rapport, c'est la valeur moyenne de mortalité estimée qui est utilisée. Il peut également exister une différence sur les périodes de suivi ou le rayon de prospection (si la temporalité de l'étude diffère de la période S20 à S43 ou pour un rayon de prospection supérieur à 50m). Plus d'informations sont présentées en Annexe VII.

2.2.3 Comparaison avec les suivis de mortalité antérieurs

2.2.3.1 Comparaison des coefficients correcteurs

Coefficient correcteur de surface

Excepté pour l'éolienne E1, le coefficient correcteur a varié pour l'ensemble des éoliennes du parc éolien d'Allerey. De manière générale, en 2024 le coefficient correcteur a diminué par rapport à 2023 (souvent assez fortement, Cf. E5 et E6), sauf pour l'éolienne E2 où une légère augmentation est à noter et E1 où il reste inchangé (Tableau 36).

Cette baisse partielle du coefficient correcteur, parfois forte, observée sur trois des cinq éoliennes peut être due à une légère variation de l'occupation des sols agricoles, en lien avec une météo particulièrement pluvieuse sur toute l'année 2024. Plus précisément, les pratiques agricoles ne semblent pas avoir changé de manière significative sur le secteur, dans un contexte où le découpage parcellaire complexe rend la concertation et les modifications de pratiques trop compliquées. Il en résulte qu'en 2024 on retrouve globalement les mêmes occupations du sol et dans des proportions proches, notamment pour les catégories bois, haies, tas de cailloux, tas de fumier, céréales, chaume, friche ou encore maïs. Seule la proportion de prairies a doublé entre 2023 et 2024. Associée à une diminution des proportions de parcelles sans végétation (plateforme/voirie, sol nu) de plus de 5% et, cette évolution pourrait être à l'origine de la baisse du coefficient correcteur. Les prairies, à la fois mieux représentées en 2024 et plus hautes/denses en raison de fortes et fréquentes précipitations, en particulier à la belle saison, ont pu augmenter, parfois fortement, la proportion de surfaces non prospectables pendant une longue période.

Tableau 36 : Evolution du coefficient correcteur surfacique entre 2023 et 2024 pour le parc d'Allerey

Moyenne pondérée	E1	E2	E3	E5	E6
2023	0,44	0,54	0,69	0,68	0,84
2024	0,44	0,59	0,55	0,44	0,3

Persistance des cadavres (s)

La vitesse de disparition des cadavres semble légèrement plus élevée en 2023 qu'en 2024. Toutefois, la durée de persistance des cadavres reste très faible sur les deux années. Notons que les incertitudes autour de l'estimation sont relativement faibles quelle que soit l'éolienne et l'année, en particulier en 2024 (Tableau 37). Par ailleurs, la famille de distribution utilisée dans l'estimation de la persistance n'étant pas la même entre les années (Tableau 37), des analyses ont été refaites avec les familles de distribution « Log-logistic » en 2023 et « weibull » en 2024 sans que les résultats n'indiquent une autre tendance qu'une légère augmentation de la persistance entre 2023 et 2024. De la même façon, un « effet éolienne » avait été retenu dans le choix du modèle d'estimation de la persistance en 2023 mais pas en 2024. Ainsi, des analyses ont de nouveau été effectuées, avec un choix de modèle sans « effet éolienne » en 2023 et, à l'inverse, avec un choix de modèle retenant un « effet éolienne » en 2024 (Tableau 37). Là encore, aucune autre tendance que celle déjà observée n'a été mise en avant.

Habituellement, une 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 longue, plus les temps de persistance étaient courts. L'hypothèse principale pourrait être un effet d'habituation des prédateurs et charognards. Ainsi, 2024 étant seulement la deuxième année de suivi et de mise en service du parc, il se peut que cet effet « mise en service » prennent encore une ou plusieurs années à apparaître dans les résultats d'estimation de la persistance des cadavres sur le parc éolien d'Allerey. Dans tous les cas, même si une légère augmentation globale peut être mise en évidence en 2024, les valeurs restent relativement proches et faibles entre les deux années, cet effet est donc difficilement observable sur le parc d'Allerey.

Tableau 37 : Comparaison des estimations de la persistance moyennes par année sur le parc d'Allerey

	E1	E2	E3	E5	E6	Parc
Résultats 2023						

	E1	E2	E3	E5	E6	Parc
Données censurées par intervalles	Oui					
Famille de distribution	Log-logistic					
Persistence moyenne (en j) & IC 95%	1,2 [0,7 ; 1,65]	0,9 [0,49 ; 1,25]	1,8 [0,97 ; 2,54]	0,7 [0,34 ; 1,01]	0,5 [0,23 ; 0,84]	1 [0,69 ; 1,26]
Famille de distribution	weibull					
Persistence moyenne (en j) & IC 95%	1 [0,66 ; 1,29]	0,7 [0,46 ; 0,92]	2,3 [1,58 ; 3,07]	0,6 [0,38 ; 0,78]	0,5 [0,31 ; 0,68]	1 [0,75 ; 1,17]
Résultats 2024						
Données censurées	Non					
Famille de distribution	Log-logistiques					
Persistence moyenne (en j) & IC 95%	1,1 [1,01 ; 1,23]	1,1 [1,01 ; 1,18]	1,1 [0,98 ; 1,13]	1,1 [0,99 ; 1,15]	1 [0,95 ; 1,1]	1,1 [1,023 ; 1,12]
Famille de distribution	weibull					
Persistence moyenne (en j) & IC 95%	0,9 [0,8 ; 1]	1,2 [1,06 ; 1,33]	1,3 [1,13 ; 1,42]	1,3 [1,19 ; 1,5]	1,2 [1,02 ; 1,28]	1,2 [1,09 ; 1,24]

Efficacité de recherche (p)

De manière générale, il semble que la capacité de détection des observateurs se soit très légèrement améliorée entre 2023 et 2024. Le taux moyen de détection au niveau du parc éolien est passé de 44 % [38 % ; 49 %] en 2021 à 51 % [46 % ; 55 %] en 2024 (Tableau 38). D'après les intervalles de confiance (IC 95%), même si la capacité de détection maximale de 2023 (49 %) correspond à peu près à la capacité maximale de détection de 2024 (46 %), les variations entre les deux années de suivi sont faibles et il est difficile de mettre en avant une tendance significative à l'augmentation de la capacité de détection de l'observateur entre les deux années. En lien avec cette faible variation de l'efficacité de recherche, l'absence de changement significatif des pratiques agricoles sur le site ou d'une gestion des parcelles situées sous les éoliennes.

Tableau 38 : Résultats des estimations de la détection des cadavres pour chaque éolienne pour les 2 années de suivis.

	E1	E2	E3	E5	E6	Parc
Résultats 2023						
Détection moyenne & IC 95%	0,41 [0,3 ; 0,53]	0,57 [0,45 ; 0,67]	0,36 [0,24 ; 0,49]	0,47 [0,36 ; 0,57]	0,31 [0,2 ; 0,45]	0,44 [0,38 ; 0,49]
Résultats 2024						
Détection moyenne & IC 95%	0,38 [0,28 ; 0,48]	0,45 [0,37 ; 0,54]	0,53 [0,33 ; 0,68]	0,7 [0,6 ; 0,78]	0,85 [0,37 ; 0,63]	0,51 [0,46 ; 0,55]

Probabilités globales de détection (ĝ)

La probabilité globale de détection a légèrement varié entre les deux années de suivis. A l'échelle du parc, cette valeur a légèrement augmenté entre 2023 et 2024. Elle passe de 0,03 en 2023 à 0,09 en 2024 soit respectivement 1 chance sur 33 et 1 sur 11 de trouver un cadavre sur l'ensemble de chaque suivi.

Les éoliennes E3 et E5 sont celles ayant connu la plus grande variation entre les années, passant respectivement d'une probabilité de détection de 1% à 9% et de 3% à 11% entre 2023 et 2024 (Tableau 39). Toutefois, ces variations restent dans l'absolu assez faibles.

Globalement, la probabilité globale de détection (\hat{g}) a légèrement augmenté entre les deux années de suivi, que ce soit à l'échelle de l'éolienne ou en moyenne sur le parc. Cette faible augmentation pourrait être due à une meilleure capacité de détection de l'observateur en 2024 en comparaison au suivi de 2023. On rappelle également que plusieurs observateurs sont intervenus de manière régulière tout au long du suivi et que ces derniers ont tous été testés (cf. Limites propres à la mise en œuvre du suivi). Ainsi, la présence de plusieurs observateurs peut avoir contribué à une augmentation des probabilités globales de détection.

Tableau 39 : Bilan des probabilités globales de détection par année et par éolienne en utilisant l'estimateur de Huso (2010).

	E1	E2	E3	E5	E6
Estimation de la probabilité globale de détection (selon Huso, 2010)					
2023	0,04	0,04	0,01	0,03	0,02
2024	0,07	0,11	0,09	0,11	0,063

2.2.3.2 Comparaison de la mortalité estimée pour les oiseaux

Il y a eu 11 cas de mortalité observés pour les oiseaux sur le site entre le 16 mai 2023 et le 24 octobre 2023. La mortalité estimée la plus probable était de **374 individus (selon l'estimateur d'Huso)** sur l'ensemble du suivi et du parc avec des incertitudes (IC 95%) allant de 238 à 593 individus. L'éolienne E2 représente l'éolienne la plus mortifère, avec une estimation la plus probable de 158 cadavres [75 ; 248], c'est aussi l'éolienne où le plus de cadavres a été observé lors des suivis (6 individus).

Lors du suivi le plus récent mené entre le 13 mai et le 24 octobre 2024, la mortalité estimée la plus probable est de **63 cadavres** [28 ; 132] à l'échelle du parc, ce qui représente **la plus faible estimation** depuis le début du suivi (Tableau 40) et une nette diminution par rapport à 2023. La mortalité brute est presque deux fois moins importante qu'en 2023, soit 6 cadavres observés à l'échelle du parc sur la période de suivi. L'éolienne la plus mortifère est l'éolienne E3 (17 oiseaux estimés). En 2023, cette éolienne était la deuxième turbine la plus impactante sur le parc.

Entre 2023 et 2024, on note une diminution de la mortalité brute et une très forte baisse de l'estimation de la mortalité la plus probable sur l'ensemble du parc. Cette différence marquée peut s'expliquer par différents facteurs.

Tout d'abord, en fonction des covariables et des familles de distribution utilisées, l'estimation de la mortalité la plus probable peut varier, même pour un même jeu de données, car les modèles de persistance et d'efficacité de recherche ne sont pas nécessairement les mêmes selon les années. Également, quasiment deux fois moins de cadavres ont été relevés en 2024 alors que l'effort de prospection était deux fois plus important qu'en 2023 (24 passages en 2023 entre les semaines 20 et 43 contre 48 en 2024 entre les semaines 20 et 43 également). Cette variation du nombre de passage par semaine sur une même période de suivi est probablement responsable des différences interannuelles observées. L'utilisation d'un modèle d'estimation de type « partial-pooling » en 2024 (« no-pooling » en 2023) peut également influencer cette diminution.

Enfin, l'amélioration du système d'asservissement des éoliennes lors des conditions météorologiques favorables aux chauves-souris mis en place entre le 15 avril et le 20 octobre 2024 (cf. Tableau 46) a pu bénéficier aux oiseaux, notamment en période de migration postnuptiale. En effet, de nombreuses espèces d'oiseaux effectuent leur migration de nuit entre la fin de l'été et de l'automne. En 2023, une concentration des cas de mortalité de l'avifaune, responsable en partie de la mortalité brute notée sur le parc, était observée sur les mois de septembre et octobre. L'amélioration du système d'asservissement des éoliennes la nuit à cette période a pu contribuer à une baisse du nombre de cas de mortalité de l'avifaune en lien avec la migration nocturne de plusieurs espèces (passereaux notamment).

Tableau 40 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des oiseaux au sein du parc d'Allerey entre 2021 et 2023

	E1	E2	E3	E5	E6	Parc
Mortalité brute observée sur le parc d'Allerey entre 2023 et 2024						
2023	1	6	0	3	1	11
2024	0	1	1	4	0	6
Estimation de la mortalité la plus probable (selon l'estimateur Huso, 2010) & intervalles de confiance à 95% au sein du parc d'Allerey entre 2023 et 2024						
2023	31 [2 ; 128]	158 [75 ; 248]	0 [0 ; 31]	83 [29 ; 217]	32 [3 ; 168]	374 [238 ; 593]
2024	7 [0 ; 27]	9 [1 ; 29]	9 [2 ; 32]	17 [8 ; 58]	5 [0 ; 29]	63 [28 ; 132]

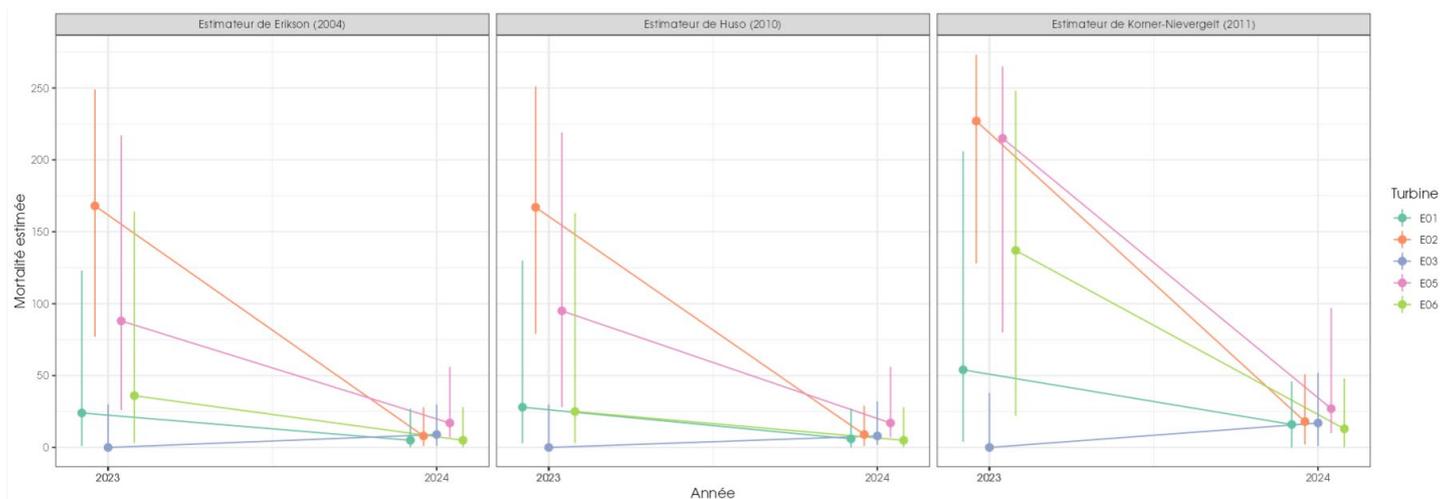


Figure 68 : Evolution de la mortalité estimée de l'avifaune selon les trois estimateurs entre chaque éolienne et les deux années de suivis.

2.2.3.3 Comparaison de la mortalité estimée pour les chiroptères

Il y a eu 8 cas de mortalité observés pour les chiroptères sur le site entre le 16 mai 2023 et le 24 octobre 2023. La mortalité estimée la plus probable était de **352 individus (selon l'estimateur d'Huso)** sur l'ensemble du suivi et du parc avec des incertitudes (IC 95%) allant de 191 à 546 individus. L'éolienne E6 représente l'éolienne la plus mortifère, avec une estimation la plus probable de 111 cadavres [36 ; 233]. Avec E5, il s'agit de l'éolienne où le plus de cadavre a été observé lors des suivis (3 chiroptères pour chacune de ces éoliennes).

Lors du suivi le plus récent mené entre le 13 mai et le 24 octobre **2024**, la mortalité estimée la plus probable est de **50 cadavres [16 ; 111]** à l'échelle du parc, ce qui représente **la plus faible estimation** depuis le début du suivi (Tableau 41) et une nette diminution par rapport à 2023. La mortalité brute est deux fois moins importante qu'en 2023, soit 4 cadavres observés à l'échelle du parc sur la période de suivi (contre 8 en 2023). L'éolienne la plus mortifère est l'éolienne E1 (13 chiroptères estimés). En 2023, cette éolienne était la troisième turbine la plus impactante sur le parc.

Entre 2023 et 2024, on note une diminution de la mortalité brute et une très forte baisse de l'estimation de la mortalité la plus probable sur l'ensemble du parc. Cette différence marquée peut s'expliquer par différents facteurs.

Tout d'abord, en fonction des covariables et des familles de distribution utilisées, l'estimation de la mortalité la plus probable peut varier, même pour un même jeu de données, car les modèles de persistance et d'efficacité de recherche ne sont pas nécessairement les mêmes selon les années. Également, quasiment deux fois moins de cadavres ont été relevés en 2024 alors que l'effort de prospection était deux fois plus important qu'en 2023 (24 passages en 2023 entre les semaines 20 et 43 contre 48 en 2024 entre les semaines 20 et 43 également). Cette variation du nombre de passage par semaine sur une même période de suivi peut être responsable des différences interannuelles observées.

Enfin, l'amélioration du système d'asservissement des éoliennes lors des conditions météorologiques favorables aux chauves-souris mis en place entre le 15 avril et le 20 octobre 2024 (cf. Tableau 46) a pu contribuer à une baisse du nombre de cas de mortalité des chiroptères.

Tableau 41 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des chiroptères au sein du parc d'Allerey entre 2021 et 2023

	E1	E2	E3	E5	E6	Parc
Mortalité brute observée sur le parc d'Allerey entre 2023 et 2024						
2023	2	0	0	3	3	8
2024	3	0	1	0	0	4
Estimation de la mortalité la plus probable (selon l'estimateur Huso, 2010) & intervalles de confiance à 95% au sein du parc d'Allerey entre 2023 et 2024						
2023	66 [11 ; 173]	0 [0 ; 84]	0 [0 ; 30]	93 [28 ; 220]	111 [36 ; 233]	352 [191 ; 546]
2024	13 [5 ; 65]	0 [0 ; 19]	6 [1 ; 28]	0 [0 ; 19]	0 [0 ; 24]	50 [16 ; 111]

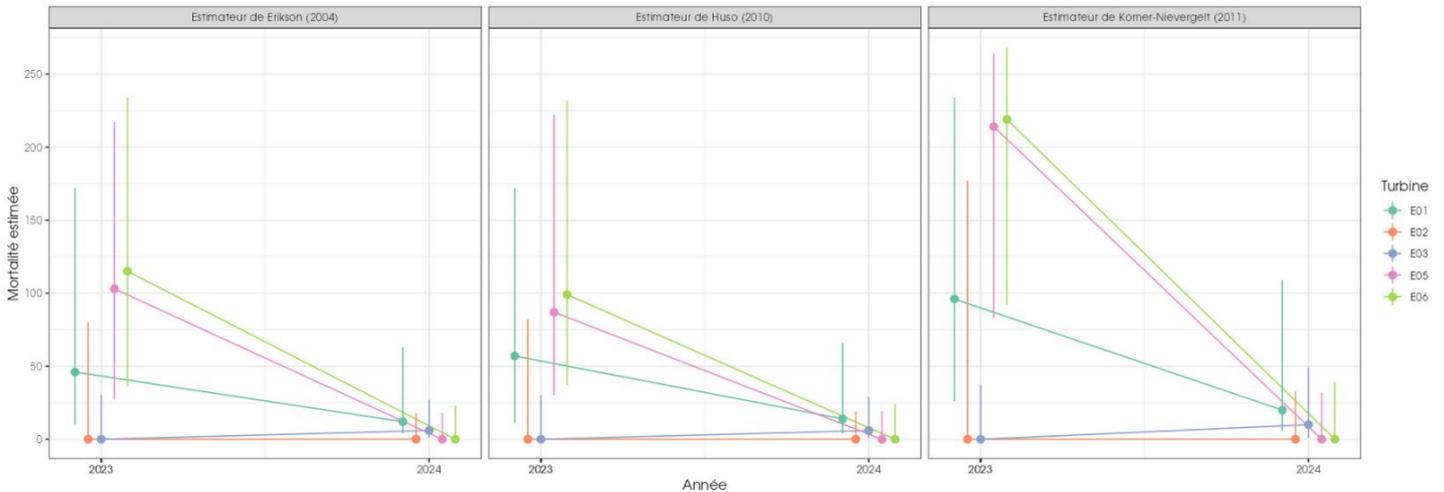


Figure 69 : Evolution de la mortalité estimée des chiroptères selon les trois estimateurs entre chaque éolienne et les deux années de suivis.

2.2.4 Synthèse du suivi de mortalité

Le deuxième suivi de mortalité mené sur le parc éolien d'Allerey entre le 13 mai 2024 et le 24 octobre 2024 (5 machines) a conduit à l'observation de 10 cadavres, dont 6 oiseaux (5 espèces) et 4 chauves-souris (3 espèces), soit deux fois moins qu'en 2023 pour les deux groupes biologiques avec un nombre d'espèce assez proche entre les deux années. On rappelle également qu'en 2024, ce sont deux passages par semaine qui ont été réalisés entre les semaine 20 et 43, soit deux fois plus qu'en 2023.

En effet, 5 espèces d'oiseaux ont été retrouvés sous les éoliennes du parc suivi en 2024 (Pigeon ramier, Buse variable, Roitelet huppé, Merle noir, Alouette des champs) contre 10 en 2023 (dont le Milan royal [plumée], l'Alouette lulu ou encore la Pie-grièche écorcheur) et 3 espèces de chiroptères ont été retrouvées en 2024 (Pipistrelle de Nathusius, Noctule de Leisler, Pipistrelle commune) contre 4 en 2023 (dont la Noctule commune).

Les espèces d'oiseaux les plus retrouvées sur les deux années sont la Buse variable (2 individus en 2023 et 1 en 2024) et l'Alouette des champs (1 individu en 2023 et 1 en 2024). Les espèces de chauve-souris les plus retrouvées sur les deux années sont la Noctule de Leisler (6 individus en 2023 et 2 en 2024) et la Pipistrelle commune dans une moindre mesure (1 individu en 2023 et 1 en 2024).

Pour les deux années, la cause de la mort des individus semble imputable aux éoliennes, que cela soit par collision (avec les pales ou le mât) ou par barotraumatisme. Notons toutefois que, sur les 6 cas de mortalité avifaune, 5 plumées sont dénombrées en 2024 contre 4 sur les 11 cadavres en 2023 (cf. Annexe IV : Détails sur les coefficients correcteurs et des méthodes statistiques).

En 2024, les cadavres ont été localisés à des distances comprises entre 20 m (Merle noir) et 70 m du mât (Roitelet à triple bandeau) pour les oiseaux et entre 5 m (Pipistrelle de Nathusius) et 39 m (Noctule de Leisler) pour les chiroptères, contre 1 m (Pouillot véloce) et 45 m du mât (Hirondelle de fenêtre) pour les oiseaux en 2023, et entre 5 m (Pipistrelle de Kuhl) et 50 m (Noctule de Leisler) pour les chiroptères en 2023 également.

Pour les deux années, deux tests de persistance des cadavres ont été réalisés, avec l'utilisation d'un total de 150 rats/année. Lors de ces tests, les vitesses de disparition des cadavres déposés ont été homogènes pour la majorité des éoliennes, avec des temps moyens de persistance des cadavres de 1,1 jour en 2024 et de 0,5 à 1 jour en 2023 (exceptée pour l'éolienne E3 qui présentait un temps moyen de disparition plus proche des 2,5 jours en 2023). En utilisant les estimateurs de GenEst, la persistance sur le parc d'Allerey est de 0,74 jour en 2024, contre entre 1,01 et 1,25 jour en 2023. Les vitesses de disparition des cadavres déposés sont globalement très élevées pour l'ensemble du parc, et pour les deux années, avec une persistance légèrement plus importante en 2024.

A noter que le protocole mis en place sur le parc d'Allerey a consisté en la pose de 15 rats par éolienne (contre 5 rats préconisés dans le protocole réglementaire en vigueur) afin d'obtenir une robustesse statistique. Néanmoins, ce nombre important de cadavres déposés sous chaque éolienne pourrait être à l'origine d'un « effet d'aubaine » sur les prédateurs et engendrer une surestimation de la vitesse de disparition des cadavres. Un compromis existe donc entre la recherche de la robustesse statistique d'une estimation de la durée de persistance, requérant de nombreux rats et le risque de non-indépendance des disparitions de rats, augmentant avec leur concentration.

Des estimations de la mortalité ont été réalisées pour l'ensemble des éoliennes du parc, sur la durée du suivi (164 jours) en 2024.

Concernant l'avifaune, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer en 2024 une mortalité la plus probable de l'ordre de **63 à 118** (IC 95 % : [26 ; 228] selon les formules) sur la période de suivi (contre 238 à 593 en 2023), soit une mortalité estimée entre **12,6 et 23,6 individus par éolienne**, selon les modèles. En se basant sur les analyses de l'estimateur GenEst, la médiane de la mortalité de l'avifaune sur l'ensemble du parc est d'environ **65 cadavres** [IC 95 % : 22 ; 127,6] en 2024 (en ne prenant que les éoliennes pour lesquelles au moins un cas de mortalité a été découvert). C'est l'éolienne E5 qui semble alors être la plus impactante. Notons que la mortalité brute comme la mortalité estimée a fortement réduit entre 2023 et 2024, passant de 11 à 6 cadavres découverts sur la même période de l'année. Les estimations passent de **374 [238 ; 593]** cadavres d'oiseaux **en 2023 à 63 [28 ; 132] en 2024 (formule de Huso)**.

En 2024, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de **42 à 79 cas de mortalité de chiroptères** (IC 95 % : [14 ; 192] selon les formules) sur la période de suivi et l'ensemble du parc (contre 191 à 546 en 2023), soit une mortalité estimée entre **9,2 et 15,8 individus par éolienne, selon les modèles**. En se basant sur les analyses de l'estimateur GenEst, la mortalité estimée des chiroptères est d'environ **47 individus** [IC95% : 10 ; 102] (en ne prenant que les éoliennes pour lesquelles au moins un cas de mortalité a été découvert). C'est l'éolienne E1 qui semble alors la plus impactante. Notons que la mortalité brute comme la mortalité estimée a fortement réduit entre 2023 et 2024, passant de 8 à 4 cadavres découverts sur la même période de l'année. Les estimations passent de **352 [191 ; 546]** cadavres de chiroptères **en 2023 à 50 [16 ; 111] en 2024 (formule de Huso)**.

A noter toutefois qu'une forte incertitude demeure et que celle-ci provient de la très faible probabilité de détection globale, résultant en partie d'une très faible persistance, et ce sur les deux années.

D'après les résultats du référentiel mortalité corrigée, la moyenne des mortalités estimées sur l'ensemble des parcs suivi par Biotope est d'environ 8 oiseaux et 6 chiroptères par éolienne (pour un rayon de recherche de 70 m et une période de suivi compris entre la semaine 20 et 43). En comparaison, les estimations par éolienne sur le parc d'Allerey sont pour la plupart légèrement supérieures en 2024 et bien supérieures en 2023.

De plus, l'utilisation des quantiles de mortalité estimées en 2024 montre que certaines éoliennes sont particulièrement mortifères en comparaison avec la « moyenne » des mortalités estimées par le référentiel mortalité Biotope. Pour rappel, E5 semble particulièrement mortifère pour les oiseaux, avec un quantile de mortalité estimée de 98%, soit une mortalité estimée plus importante que 98% des éoliennes des parcs suivis par Biotope depuis 2019. E2, E3 et E1 peuvent également être citées, avec un quantile de mortalité estimée de 88% pour les deux premières et de 78% pour E1. De la même manière, E1 semble être la plus impactante pour les chiroptères, avec un quantile de mortalité estimée de 92% et E3 avec un quantile de mortalité estimée de 75%.

Pour les chiroptères, ces chiffres sont proches des bornes hautes mentionnées par la bibliographie. 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. En Allemagne, la mortalité des chauves-souris est estimée entre 10 et 12 individus par éolienne et par an (KORNER-NIEVERGELT et al., 2013). **Au vu des espèces découvertes au cours du suivi de mortalité en 2024, ce rapport conclut à l'absence d'impact significatif mais préconise d'augmenter légèrement le taux de couverture du bridage actuel pour les chiroptères afin d'assurer une absence d'impact significatif dans la durée, les estimés étant proches de la significativité.** Le bridage en place, ré-évalué sur la base des données de 2023 et de 2024, doit donc être conservé et peut être amélioré pour permettre de couvrir davantage certaines espèces comme la Noctule de Leisler. Le suivi reconduit en 2025 permettra alors de suivre l'efficacité de cette mesure.

En revanche pour l'avifaune les estimations de mortalité démontrent un impact légèrement supérieur aux seuils de la bibliographie. En effet, 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. Parmi les espèces impactées en 2024, seules la Buse variable et le Roitelet à triple bandeau sont protégées et les statuts de ces espèces ne sont pas très défavorables. Au vu des résultats du suivi de 2023 et de l'absence de mesure correctives pour les passereaux, la décroissance de la mortalité pourrait être associée à des variations interannuelles des populations/routes migratoires ou aux changements d'occupation du sol au droit du parc. Le bridage dédié à la préservation des chiroptères peut aussi jouer un rôle en limitant les risques de collision avec l'avifaune. **L'impact du parc peut donc être considéré comme non significatif mais à la limite de la significativité. Les impacts n'ont pas concerné des espèces protégées à fort enjeu.**

Au vu des résultats estimatifs du deuxième suivi de mortalité de ce parc, il semble essentiel de maintenir les mesures de réduction des impacts prises à la suite du suivi précédent. Un bridage légèrement renforcé sera proposé afin de réduire encore le risque d'impact significatif dans la durée, le suivi de 2024 révélant toujours des impacts sur la Noctule de Leisler.

La reconduction du suivi en 2025, en accord avec l'arrêté d'autorisation d'exploitation du parc permettra de confirmer la tendance observée entre 2023 et 2024.

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 2024.

Tableau 42 : 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 en 2023	Nombre de cas de mortalité en 2024	Analyse comparative
Oiseaux				
Buse variable	Risque non significatif / Espèce présente à l'année avec des effectifs importants en période prénuptiale (56 individus), postnuptiale (63 individus) et non négligeables en période de reproduction (12 individus)	2	1	L'étude d'impact avait identifié l'espèce mais elle avait conclu à un risque non significatif pour l'espèce et l'impact d'un individu sur le parc éolien semble avoir peu de conséquences sur les populations locales.
Roitelet à triple bandeau	L'espèce n'a pas été contactée durant le suivi de l'étude d'impact	0	1	L'étude d'impact n'avait pas identifié l'espèce mais l'impact d'un individu sur le parc éolien semble avoir peu de conséquences sur les populations locales.
Alouette des champs	Risque non significatif / Espèce présente à l'année avec des effectifs importants en période prénuptiale (151 individus), postnuptiale (529 individus) et non négligeables en période de reproduction (32 individus)	1	1	L'étude d'impact avait identifié l'espèce mais elle avait conclu à un risque non significatif pour l'espèce et l'impact d'un individu sur le parc éolien semble avoir peu de conséquences sur les populations locales.
Alouette lulu	Risque non significatif / Lors de l'étude d'impact, l'Alouette lulu a été contactée sur trois périodes : migration prénuptiale (46), reproduction (11) et migration postnuptiale (7)	1	0	Malgré un classement « vulnérable » en Bourgogne, le recensement d'un cadavre d'Alouette lulu semble avoir peu de conséquences sur les populations locales.
Coucou gris	Risque non significatif / Espèce présente en période de migration prénuptiale (4) et en période de reproduction (5)	1	0	L'impact d'un individu sur le parc éolien semble avoir peu de conséquences sur les populations locales.
Épervier d'Europe	Risque non significatif / L'espèce a été contactée sur trois périodes : migration prénuptiale (2), reproduction (1) et migration postnuptiale (1)	1	0	L'impact d'un individu sur le parc éolien semble avoir peu de conséquences sur les populations locales.
Fauvette des jardins	Risque non significatif / Un seul individu contacté en période de reproduction	1	0	L'impact d'un individu sur le parc éolien semble avoir peu de conséquences sur les populations locales.

Espèces	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial	Nombre de cas de mortalité en 2023	Nombre de cas de mortalité en 2024	Analyse comparative
Gobemouche noir	L'espèce n'a pas été contactée durant le suivi de l'étude d'impact	1	0	L'impact d'un individu sur le parc éolien semble avoir peu de conséquences sur les populations locales (espèce présente en métropole de manière occasionnelle).
Hirondelle de fenêtre	Risque non significatif / Espèce contactée uniquement en période postnuptiale (76)	1	0	L'impact d'un individu sur le parc éolien semble avoir peu de conséquences sur les populations locales.
Milan royal	Risque très faible (période de migration et période de reproduction) à faible (période hivernale) / Espèce présente à l'année avec des effectifs importants en période prénuptiale (11) et postnuptiale (21)	1	0	Le risque de collision pour cette espèce était jugé très faible à faible dans l'étude d'impact. Le suivi de mortalité confirme ce risque en 2023. La plumée a été retrouvée en période de migration postnuptiale. Un système de bridage agricole est déjà en place depuis 2023, ciblant notamment cette espèce.
Pie-grièche écorcheur	Risque non significatif / Espèce présente en période de reproduction (26) et en période de migration postnuptiale (1)	1	0	L'impact d'un individu sur le parc éolien semble avoir peu de conséquences sur les populations locales.
Pouillot véloce	Risque non significatif / L'espèce a été contactée sur trois périodes : migration prénuptiale (13), reproduction (10) et migration postnuptiale (29).	1	0	L'impact d'un individu sur le parc éolien semble avoir peu de conséquences sur les populations locales.
Pigeon ramier	Risque non significatif / Espèce présente à l'année avec des effectifs importants en période prénuptiale (559 individus), postnuptiale (574 individus) et non négligeables en période de reproduction (13 individus)	0	2	L'étude d'impact avait identifié l'espèce mais elle avait conclu à un risque non significatif pour l'espèce et l'impact de deux individus sur le parc éolien semble avoir peu de conséquences sur les populations locales.
Merle noir	Risque non significatif / Espèce présente à l'année avec des effectifs importants en période prénuptiale (59 individus), postnuptiale (54 individus) et en période de reproduction (42 individus)	0	1	L'étude d'impact avait identifié l'espèce mais elle avait conclu à un risque non significatif pour l'espèce et l'impact d'un individu sur le parc éolien semble avoir peu de conséquences sur les populations locales.
Chiroptères				
Pipistrelle commune	Risque non significatif / Espèce contactée à l'année en effectif important, 83% des contacts de chiroptères lors des	1	1	L'espèce était identifiée sur le site en grand nombre. Cependant, avec la mise en place d'un système de bridage considéré sur E1, E2 et E4

Espèces	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial	Nombre de cas de mortalité en 2023	Nombre de cas de mortalité en 2024	Analyse comparative
	transits printaniers, 79% lors des transits automnaux et 18% en période de mise-bas			(hypothèse retenue dans l'étude d'impact), le risque de collision était jugé non significatif. Le suivi de mortalité a permis d'identifier un risque modéré pour l'espèce, notamment en période automnale lorsque l'activité est relativement forte. Le maintien du bridage en place permettrait de réduire ce risque.
Pipistrelle de Nathusius	Risque non significatif / Espèce contactée à l'année en effectif important, 13% des contacts de chiroptères en période de mise-bas	0	1	Le suivi de mortalité a permis d'identifier un risque modéré pour l'espèce, notamment en période automnale lorsque l'activité est relativement forte. Le maintien du bridage en place permettrait de réduire ce risque.
Pipistrelle de Kuhl	Risque non significatif / Espèce contactée à l'année en effectif modéré, 12% des contacts de chiroptères lors des transits printaniers	1	0	L'étude d'impact a révélé de faibles effectifs. Toutefois, il s'agit d'une espèce assez sensible à l'éolien (écologie et comportement similaire à la Pipistrelle commune). Le suivi de mortalité et le suivi en altitude mettent en évidence un certain risque de collision en période de migration automnale (cf. Figure 37). A noter cependant que la forte activité relevée à l'automne pour le groupe Nathusius/Kuhl est due en majorité à l'espèce Nathusius.
Noctule de Leisler	Risque non significatif / Groupe Noctule Sp. contacté en période de mise bas	6	2	Cette espèce est une des plus sensibles à l'éolien, toutefois elle avait été identifiée en très faible nombre lors de l'étude d'impact. Le risque de collision était donc considéré comme non significatif. Avec 2 individus trouvés lors du suivi de mortalité 2024 et une activité très forte en toutes saisons, le risque de collision est jugé fort. Le maintien du bridage en place permettrait de réduire ce risque.
Noctule commune	Niveau d'impact Faible / Espèce contactée lors des transits printaniers et la période mise-bas	1	0	Il s'agit d'une espèce couramment victime de collisions/barotraumatismes avec les éoliennes mais dont l'activité est très faible dans l'aire d'étude.

De manière générale, l'étude d'impact n'avait pas relevé de sensibilité particulière au risque de collision aussi bien pour les oiseaux que pour les chiroptères, excepté pour le Milan royal (risque faible).

Le suivi de mortalité en 2023 avait confirmé le risque identifié pour les oiseaux en période de migration, notamment pour le Milan royal (1 plumée découverte en migration postnuptiale 2023).

Un système de bridage agricole est déjà en place depuis 2023. Pour couvrir davantage cette espèce (et les espèces de gabarit équivalent et supérieur), et au vu de la complexité de la mise en place d'un bridage agricole conventionné du fait du parcellaire complexe et de l'implication de nombreux exploitants, un dispositif de SDA (système de détection de l'avifaune) sera implémenté en avril 2025.

Le suivi a également montré un risque de collision qui demeure pour la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius et la Noctule de Leisler. Ce risque semble particulièrement important en période automnale, lorsque les individus sont les plus actifs, se déplaçant sur de plus grandes distances et à de plus hautes altitudes.

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

Rappels : Les enregistrements acoustiques en nacelle ont été réalisés au niveau de l'éolienne E3 entre le 1^{er} mars et fin novembre 2024. Le nombre de nuits d'enregistrement des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de 275 nuits. Le suivi de mortalité a permis de découvrir 4 chiroptères dont deux au niveau de l'éolienne E3.

2.3.2.1 Comparaison de la phénologie entre suivis mortalité et acoustique

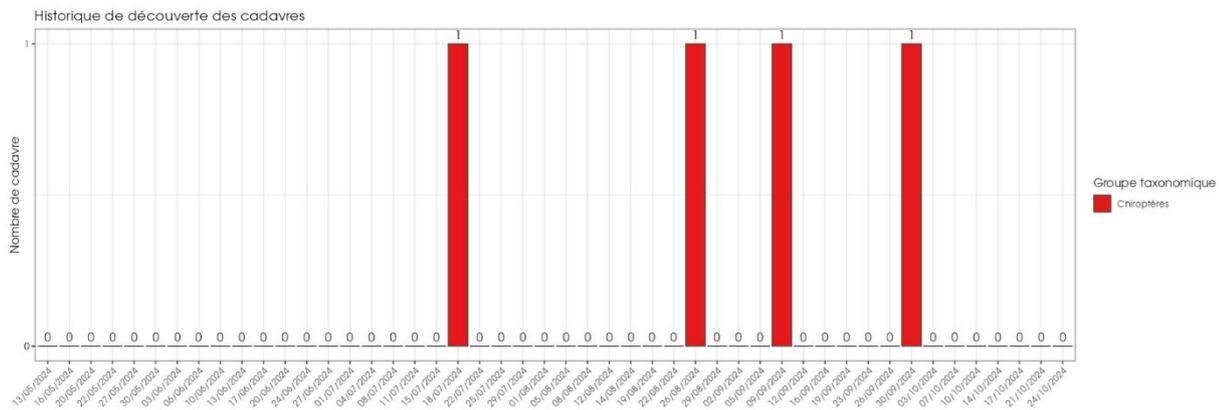


Figure 70 : Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc d'Allerey

Le nombre global de cadavres de chiroptères découverts durant le suivi de mortalité est faible (n = 4). Les découvertes se sont déroulées de juillet à début octobre.

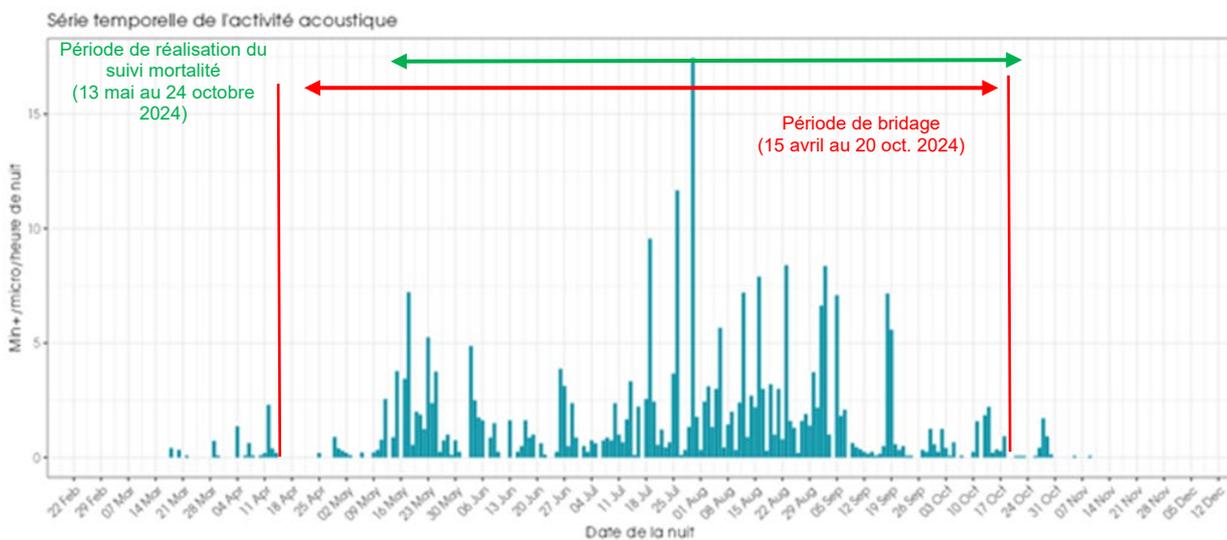


Figure 71 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E3 sur la période de réalisation du suivi mortalité

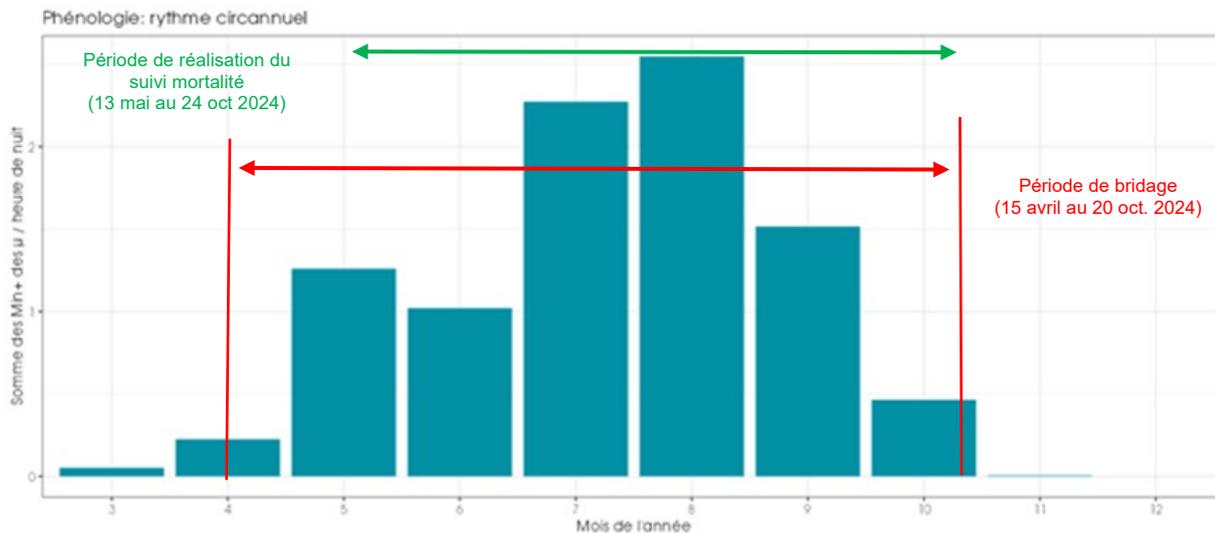


Figure 72 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E3 d'Allerey sur la période de réalisation du suivi mortalité en 2024.

On observe une activité des chauves-souris en altitude entre mars et novembre. L'activité sur les mois de mars et novembre apparaît très faible en 2024. L'activité la plus importante est observée au cours des mois de mai à septembre. On observe un pic d'activité en août.

On observe donc une activité des chauves-souris en altitude en période de migration printanière, de mise-bas et également en période de migration automnale (août et septembre).

La phénologie des découvertes de cadavres et celle de l'activité acoustique en altitude concordent relativement bien. En effet, le Pipistrelle commune a été découverte en juillet, période d'envol des jeunes dont une population locale doit exister à proximité. Les espèces migratrices que sont la Pipistrelle de Nathusius et la Noctule de Leisler ont été découvertes entre août et octobre, période de migration. On note lors du premier pic d'activité des chauves-souris, enregistré en mai 2024, qu'aucune découverte de chauves-souris n'a été réalisée.

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



Figure 73 : Cortège d'espèces de chiroptères découvert lors du suivi de mortalité du parc éolien d'Allerey

Pour le suivi de mortalité, les observations ont concerné la Noctule de Leisler (n=2) en période de migration automnale, la Pipistrelle de Nathusius (n=1) et la Pipistrelle commune (n=1).

Tableau 43 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 99 m d'altitude au niveau de l'éolienne E3.

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>	98	0,90%	39	1,15%
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	5820	53,20%	1991	58,75%
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	9	0,08%	4	0,12%
Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées <i>Eptesicus serotinus</i> / <i>Nyctalus</i> sp.	1095	10,01%	499	14,72%
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	1562	14,28%	370	10,92%
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	671	6,13%	143	4,22%
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Nathusius <i>Pipistrellus kuhlii</i> / <i>P. nathusii</i> .	1683	15,38%	342	10,09%
Pipistrelle pygmée <i>Pipistrellus pygmaeus</i>	2	0,02%	1	0,03%
Total	10940	100,00%	3389	100,00%

Pour le suivi acoustique, les espèces les plus fréquemment contactées sont la Noctule de Leisler (59%), suivie du groupe des sérotines / noctules (15%) puis de la Pipistrelle commune (11%) et du couple d'espèces Pipistrelles de Kuhl / de Nathusius (10%). Seulement 1% de contacts a été rattaché à la Noctule commune.

Les espèces découvertes dans le cadre du suivi mortalité ont également été détectées lors du suivi acoustique. De plus, l'espèce la plus représentée dans les résultats des écoutes est également celle qui a été découverte le plus souvent lors du suivi mortalité (Noctule de Leisler). Les deux espèces ou groupe d'espèces qui suivent sont également celles qui ont été découvertes lors du suivi mortalité.

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 2024, l'activité des chauves-souris est généralement plus importante en début de nuit (0 à h+2) mais on observe quelques regains d'activité en milieu de nuit et fin de nuit en période de migration automnale.

■ Groupe Sérotine commune / Noctule de Leisler / Noctule commune

La **Noctule de Leisler** est particulièrement active sur le site. Pour rappel, elle représente plus de 59 % des minutes positives enregistrées. Elle est recensée tout au long de la période d'activité des chiroptères en altitude, de mars à novembre. Elle a une activité plus importante en altitude aux périodes de migration printanière et automnale mais reste très présente en période estivale.

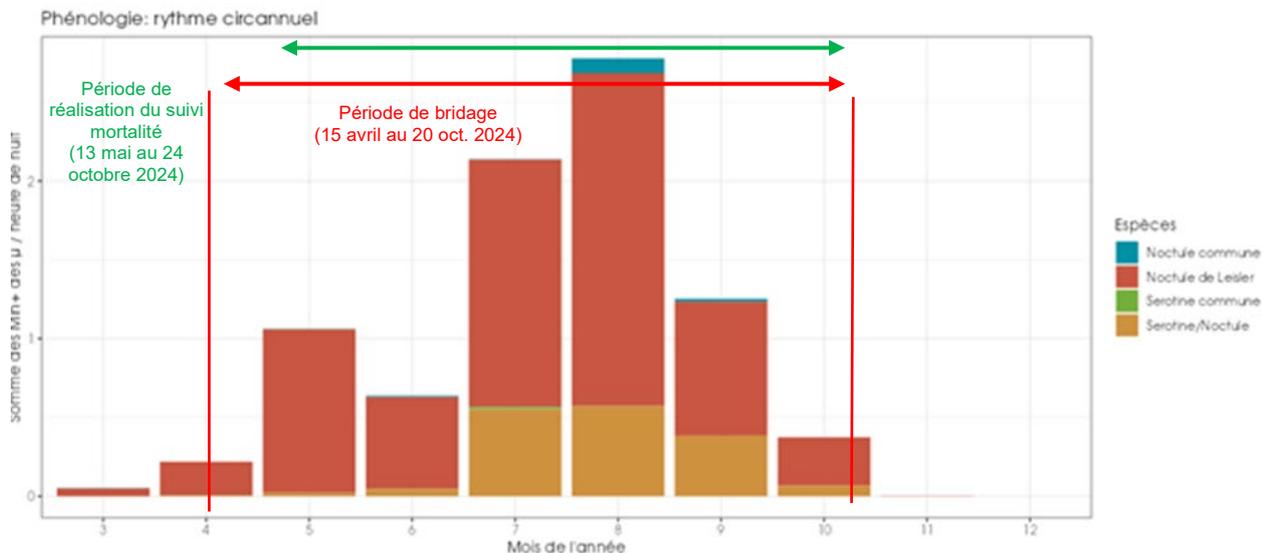


Figure 74 : Eolienne E3 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Noctules et Sérolines en 2024.

C'est bien au cours de la saison automnale que des cas de mortalité de cette espèce ont été recensés, soit à la fin aout et à la fin septembre 2024.

■ **Groupe Pipistrelle commune / Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius**

Pour rappel, la **Pipistrelle commune** représente 11 % du total des minutes positives obtenues. L'activité de la Pipistrelle commune apparait brusquement au mois de mai, elle reste importante jusqu'au mois d'octobre avec deux pics d'activité importants, le premier en juillet et le second en septembre.

La Pipistrelle de Kuhl ainsi que celles non identifiées à l'espèce représentent 14 % des minutes positives enregistrées en altitude en 2024. La Pipistrelle de Nathusius n'a pas été identifiée avec certitude mais doit représenter une partie non négligeable de l'activité à l'automne étant donné que cette espèce est connue pour migrer.

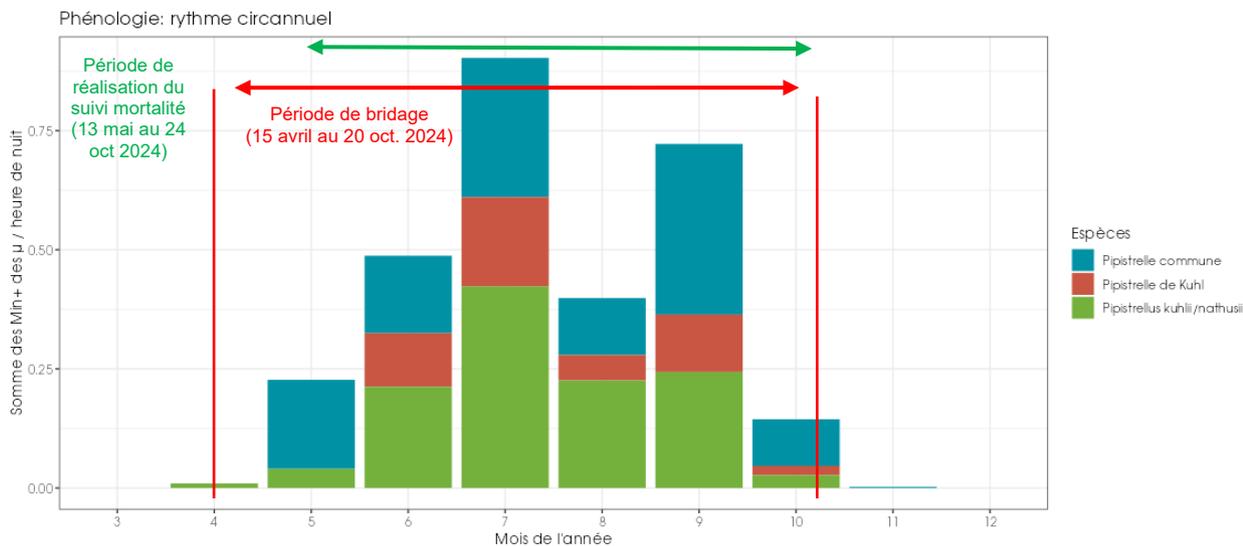


Figure 75 : Eolienne E3 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les pipistrelles en 2024.

Conformément à la phénologie de l'espèce, un cadavre de Pipistrelle commune a bien été découvert au cours de sa première période de pic d'activité, en juillet. La Pipistrelle de Nathusius a été découverte en période de migration, en septembre, lors du second pic d'activité de l'espèce.

Les bilans de la phénologie des découvertes de cadavres est présenté dans le tableau ci-dessous (Tableau 44 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce).

Tableau 44 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce

Date	18/07	26/08	09/09	30/09	Total général
Période	Mise-bas	Migration automnale			
Bridage	Bridage actif				
Noctule de Leisler		1		1	2
Pipistrelle de Nathusius			1		1
Pipistrelle commune	1				1
Total général	1	1	1	1	4

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

Les espèces découvertes durant le suivi de mortalité correspondent aux principales espèces identifiées durant le suivi acoustique. L'espèce la plus contactée en altitude a été la Noctule Leisler et elle est également l'espèce la plus régulièrement identifiée lors du suivi mortalité. De même, les espèces ou groupes les plus régulièrement enregistrés en altitude après les sérotines / noctules sont la Pipistrelle commune et les Pipistrelles de Kuhl / Nathusius qui ont également été identifiés lors du suivi mortalité.

De plus, au niveau de la phénologie, la découverte des cadavres de Noctule de Leisler correspond aux principaux pics d'activité acoustique de l'espèce. Pour la Pipistrelle de Nathusius, on peut penser que la majorité des contacts du groupe la concernant en période de migration automnale lui sont attribués du fait du caractère migratoire de cette espèce contrairement à la Pipistrelle de Kuhl. Pour la Pipistrelle commune, un pic d'activité est observé en juillet en même temps que la découverte du cadavre.

Sur les 4 chiroptères retrouvés durant le suivi de mortalité, un seul cadavre a été retrouvé au niveau de l'éolienne E3 équipée de l'enregistreur automatisé.

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 chiroptères 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, nous avons fait le choix de regrouper les observations de Pipistrelle de Nathusius avec le groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius.

Pour cette analyse spécifique, toutes les données de chauves-souris enregistrées en 2023 et en 2024 sont utilisées pour les calculs. Ces contacts sont tous jugés à risque car présents dans ou à proximité du volume de brassage des pales.

Le fonctionnement du parc éolien d'Allerey est déjà soumis à une mesure de bridage en faveur des chiroptères. Les caractéristiques de ce dernier sont données dans le tableau ci-dessous :

Tableau 45 : Paramètre de bridage conventionnel pour le parc éolien d'Allerey.

Période	Du 15 avril au 31 juillet	Du 1 ^{er} août au 20 octobre
Eoliennes concernées	Toutes les turbines	Toutes les turbines
Vitesse de vent nacelle (m/s)	≤ 6 m/s	≤ 6 m/s
Température ambiante nacelle (°C)	≥ 10°C	≥ 10°C

Période	Du 15 avril au 31 juillet	Du 1 ^{er} août au 20 octobre
Période de la nuit pour les éoliennes concernées	Au coucher du soleil et pendant les 8 premières heures de la nuit	Du coucher au lever du soleil
Conditions de précipitations préconisées*	≤ 0,2 mm/h	≤ 0,2 mm/h

*Ce paramètre a bien été intégré pour l'analyse des données acquises en 2024 mais il n'a pas été appliqué pour les données de 2023, en l'absence de donnée. Les pourcentages de couverture de l'activité sont donc légèrement surestimés en 2023. En effet, les conditions météorologiques étant cumulatives, si les conditions de température et de vent sont rassemblées pour déclencher un bridage mais qu'il pleut, ce dernier n'est pas déclenché. Or nous n'avons pas accès aux minutes positives qui se retrouvent ainsi en dehors de la couverture du bridage en 2023. A titre d'information, ce sont 20 minutes positives qui ont été enregistrées dans ces conditions en 2024 dont deux de *Noctule commune*, neuf de *Noctule de Leisler*, cinq de *Pipistrelle de Kuhl/Nathusius* et quatre de *sérotine/noctule*.

Le tableau ci-dessous présente l'évaluation des paramètres du bridage actuellement en place sur le parc éolien d'Allerey, en utilisant les données d'activité des chiroptères acquises au niveau de la nacelle de l'éolienne E3, en 2023 et en 2024.

Tableau 46 : Comparaison d'efficacité du bridage mis en place à partir des données 2024 en minute positive

Evaluation du plan de bridage		
Période de mise en service du bridage	Du 15 avril au 31 juillet	Du 1 ^{er} août au 20 octobre
Seuil de température	Par des températures supérieures ou égales à 10°C	
Seuil de vent	Par des vitesses de vents inférieures ou égales à 6 m/s	
Conditions de précipitations préconisées	≤ 0,2 mm/h (paramètre testé que sur les données 2024 en l'absence de données pour 2023)	
Nombre d'heures durant la nuit	Au coucher du soleil et pendant les 8 premières heures de la nuit	Du coucher du soleil jusqu'au lever du soleil
Proportion d'activité chiroptérologique toutes espèces (en %) couverte par le modèle sur la période concernée.	89,2 %	
Nombre de minutes positives restant à risque.	557 minutes sur 5 181 toutes espèces confondues	
Proportion d'activité de Noctule de Leisler couverte par les arrêts machines sur l'ensemble de la période concernée	88,2 %	
Nombre de minutes positives restant à risque	366 minutes sur 3 109 minutes de présence de <i>Noctule de Leisler</i>	
Proportion d'activité de Noctule commune couverte par les arrêts machines sur l'ensemble de la période concernée	87,6 %	
Nombre de minutes positives restant à risque	11 minutes sur 89 minutes de présence de <i>Noctule commune</i>	
Proportion d'activité de Pipistrelle commune couverte par les arrêts machines sur l'ensemble de la période concernée	87,0 %	
Nombre de minutes positives restant à risque	82 minutes sur les 633 minutes de présence de <i>Pipistrelle commune</i>	
Proportion d'activité de Pipistrelle de Kuhl / Nathusius couverte par les arrêts machines sur l'ensemble de la période concernée	96,5 %	
Nombre de minutes positives restant à risque	28 minutes sur les 793 minutes de présence de <i>Pipistrelle de Kuhl / Nathusius</i>	

Le bridage mis en œuvre permet une bonne couverture de l'activité des chauves-souris que ce soient toutes espèces confondues ou pour les principales espèces de haut vol. Néanmoins, certains taux de couverture sont inférieurs aux 90 % recommandés, notamment pour la *Noctule de Leisler* dont deux cadavres ont été découverts en août et septembre 2024, et qui présente une activité très importante.

3 Mesures correctives et conclusion

3.1 Mesures correctives

3.1.1 Pour les chiroptères

L'application des paramètres du bridage recommandé à l'issue du suivi de 2023 font apparaître une baisse de la mortalité brute et de la mortalité estimée en 2024, en comparaison avec le suivi précédent. Le taux de couverture de ce bridage est considéré comme bon avec les données de 2024. Néanmoins, des ajustements mineurs permettraient de renforcer cette couverture et d'atteindre notamment les 90 % de l'activité de la Noctule de Leisler. Rappelons que deux cadavres de cette espèce ont été constatés au cours du suivi de la mortalité de 2024.

Le bridage suivant est donc proposé, reprenant les mêmes paramètres que le scénario retenu à l'issue du suivi de 2023 mais étendant sa période d'application du 1^{er} avril au 31 octobre, avec les paramètres suivants :

- Du 1^{er} avril au 31 juillet : Vent : $\leq 6\text{m/s}$; Température : $\geq 10^\circ\text{C}$; Du coucher du soleil en l'absence de précipitations (inférieures à 0,2 mm/h) et pendant les 8 premières heures de la nuit ;
- Du 1^{er} août au 31 octobre : Vent : $\leq 6\text{m/s}$; Température : $\geq 10^\circ\text{C}$; Du coucher au lever du soleil et en l'absence de précipitations (inférieures à 0,2 mm/h).

Ce bridage fera à nouveau l'objet d'une évaluation de son efficacité lors du suivi de la mortalité et de l'activité des chiroptères en altitude de 2025, prévu par l'arrêté préfectoral en vigueur. Les paramètres sont détaillés ci-dessous, associés aux taux de couverture qu'ils permettent d'atteindre. Pour observer la plus-value de ce nouveau scénario par rapport au précédent, il est possible de se reporter au Tableau 46.

Tableau 47 : Scénario de bridage proposé sur la base des données acquises en 2024

Evaluation du plan de bridage		
Période de mise en service du bridage	Du 1 ^{er} avril au 31 juillet	Du 1 ^{er} août au 31 octobre
Seuil de température	Par des températures supérieures ou égales à 10°C	
Seuil de vent	Par des vitesses de vents inférieures ou égales à 6 m/s	
Conditions de précipitations préconisées	$\leq 0,2\text{ mm/h}$ (paramètre testé que sur les données 2024 en l'absence de données pour 2023)	
Nombre d'heures durant la nuit	Au coucher du soleil et pendant les 8 premières heures de la nuit	Du coucher du soleil jusqu'au lever du soleil
Proportion d'activité chiroptérologique toutes espèces (en %) couverte par le modèle sur la période concernée. <i>Nombre de minutes positives restant à risque.</i>	91,1 % 459 minutes sur 5 181 toutes espèces confondues	
Proportion d'activité de Noctule de Leisler couverte par les arrêts machines sur l'ensemble de la période concernée <i>Nombre de minutes positives restant à risque</i>	90,6 % 291 minutes sur 3 109 minutes de présence de Noctule de Leisler	

Proportion d'activité de Noctule commune couverte par les arrêts machines sur l'ensemble de la période concernée <i>Nombre de minutes positives restant à risque</i>	87,6 % 11 minutes sur 89 minutes de présence de Noctule commune
Proportion d'activité de Pipistrelle commune couverte par les arrêts machines sur l'ensemble de la période concernée <i>Nombre de minutes positives restant à risque</i>	89,6 % 66 minutes sur les 633 minutes de présence de Pipistrelle commune
Proportion d'activité de Pipistrelle de Kuhl / Nathusius couverte par les arrêts machines sur l'ensemble de la période concernée <i>Nombre de minutes positives restant à risque</i>	97,0 % 24 minutes sur les 793 minutes de présence de Pipistrelle de Kuhl / Nathusius

Ainsi ce nouveau scénario de bridage permet d'atteindre le seuil de 90 % d'activité des Noctules de Leisler couverte. Pour les espèces dont le nombre de minutes positives est très faible, ce raisonnement par pourcentage de couverture est moins applicable et occulte le fait que le nombre de minutes restant à risque est très faible (ex. la Noctule commune ici).

En regroupant les données des suivis réalisés en 2023 et 2024, malgré certaines différences méthodologiques (notamment l'intégration du facteur précipitation en 2024), l'objectif était d'atténuer les variations interannuelles de l'activité des chiroptères et des conditions météorologiques, qui influencent en partie les taux de couverture observés. Ces fluctuations sont déjà perceptibles à travers la comparaison des résultats de l'évaluation du bridage entre 2023 et 2024 (Cf. Tableau 46). Le suivi de la mortalité en 2025, mené sur la même période, permettra de confirmer l'efficacité de cette mesure sur la réduction de la mortalité des chauves-souris.

3.1.2 Pour les oiseaux

Dans le contexte particulier du parcellaire très morcelé du parc éolien d'Allerey, la décision de passer d'un bridage agricole à un bridage dynamique a été prise par RWE. Ainsi, l'intégralité du parc sera couverte par un SDA (système de détection de l'avifaune) en avril 2025. Toutes les éoliennes seront donc équipées de caméra. Ce dispositif aura pour cible principale le Milan royal (et toute espèce de gabarit considéré comme équivalent). Ce dernier fonctionnera toute l'année et couvrira donc bien la période postnuptiale, présentant le plus de risque pour l'espèce.

En cas de dysfonctionnement du dispositif, RWE s'engage à réaliser un bridage diurne du parc éolien.

Ce dispositif fera l'objet d'un suivi afin de tester son efficacité. Ce suivi sera double :

- Test de la réaction du dispositif à l'aide d'un drone lors de son installation, en avril 2025 ;
- Biomonitoring au cours des deux périodes présentant le plus de risque pour le Milan royal (deux semaines de suivi en période de nidification et deux semaines en période de migration postnuptiale).

Cette mesure corrective se veut plus sûre que le bridage agricole, permettant de couvrir les passages de l'espèce en dehors de tous travaux agricoles. Elle permet également de s'affranchir du risque de non-respect des conventions signées avec les exploitants agricoles.

Les résultats du suivi de 2024 mettent en avant la nécessité de continuer d'appliquer des mesures de réduction d'impact préconisées, tant pour le Milan royal que pour les chiroptères.

3.1.3 Concernant la précision des estimations de la mortalité

Pour aller encore plus loin, la précision des estimations étant fortement dépendante des coefficients correcteurs et des résultats des tests de persistance et d'efficacité de recherche, toute mesure visant à améliorer ces derniers permettrait d'augmenter la précision des estimations.

Concernant l'efficacité de recherche et la surface prospectable, tous deux dépendants de la couverture du sol (type d'occupation, hauteur, recouvrement, etc.), elles dépendent des pratiques agricoles dont la maîtrise est trop complexe dans le cas du parc éolien d'Allerey. En effet, le parcellaire y est très morcelé au pied des éoliennes, multipliant donc de manière importante le nombre d'exploitants concernés (ainsi que les types de culture et les pratiques). Cet axe d'amélioration des estimations ne peut donc être retenu.

De même, la persistance étant très faible sur le parc pour les deux années, une réduction du nombre de leurres posés (rats fraîchement décongelés), de 15 à 5 leurres par éolienne, permettrait éventuellement une persistance plus importante et donc des estimations plus précises (couplé au même effort de prospection établi en 2024, à savoir deux passages par semaine pendant la totalité du suivi). En effet, une densité importante de leurres permet d'augmenter la puissance statistique mais peut entraîner une corrélation entre les événements de prédation (« effet d'aubaine » pour les charognards et autres animaux qui s'en nourrissent, comme les insectes nécrophages), limitant l'indépendance des données et altérant les résultats.

3.2 Conclusions

En 2024, comme en 2023, et dans le cadre des demandes de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter le parc, un suivi de la mortalité et un suivi de l'activité des chiroptères en altitude ont été conduits. Ces suivis seront reconduits en 2025, toujours conformément à l'arrêté précité.

Le protocole mis en place dans le cadre de ce suivi mortalité, comprenant 48 passages des semaines 20 à 43, dépasse les prescriptions de l'arrêté d'exploitation du parc d'Allerey et le protocole national de 2018. L'augmentation du nombre de passages par semaine avait été décidé de façon à réduire les incertitudes associées à la disparition très rapide des cadavres sur le parc.

En 2024, ce sont 4 cadavres de chiroptères de trois espèces différentes et 6 cadavres d'oiseaux de cinq espèces différentes qui ont été découverts. **Aucune de ces espèces n'a un statut au-delà de « quasi-menacé »** sur l'une des listes rouges de référence (nationale ou régionale). Ce sont des espèces fréquemment recensées au cours des suivis mortalité.

Sur l'ensemble du suivi, les zones prospectées ont subi d'importantes évolutions de l'occupation du sol et de la hauteur de végétation, ce qui a constitué une contrainte forte dans la recherche de cadavres et eu une incidence sur les coefficients correcteurs de surfaces. Ces variations sont principalement dues aux activités et productions agricoles. De plus, la persistance est très faible sur l'ensemble du parc, avec des temps moyens d'environ 0,74 à 1,1 jour (selon la méthode d'estimation ; à noter que cette estimation peut être influencée par le nombre de cadavres déposés au cours du test, tel qu'indiqué dans le § 3.1.3 ci-dessus). Pour limiter l'effet de la prédation, le rythme de passage a été augmenté à deux passages par semaine tout au long du suivi. A ces coefficients correcteurs s'ajoute également le coefficient d'efficacité de recherche. Ainsi, les probabilités globales de détection calculées sont faibles et les estimations de mortalité qui intègrent ces facteurs sont impactés pour les oiseaux et les chauves-souris.

Concernant les oiseaux :

Les espèces d'oiseaux trouvées sont le Merle noir (plumée d'un individu), le Pigeon ramier (deux plumées de deux individus), l'Alouette des champs (plumée d'un individu), le Roitelet à triple bandeau (plumée d'un individu) et la Buse variable (plumée d'un individu), découvertes entre le 13 juin et le 24 octobre 2024.

En 2024, l'utilisation des formules d'estimation conduit à une mortalité de l'ordre de **63 à 118 individus** (IC 95 % : [26 ; 228] selon les formules) sur la période de suivi (contre 238 à 593 en 2023), soit une mortalité estimée entre **12,6 et 23,6 individus par éolienne**, selon les modèles. En se basant sur les analyses de l'estimateur GenEst, la médiane de la mortalité de l'avifaune sur l'ensemble du parc est d'environ **65 individus** [IC 95 % : 22 ; 127,6] en 2024 (en ne prenant que les éoliennes pour lesquelles au moins un cas de mortalité a été découvert). C'est l'éolienne E5 qui semble alors être la plus impactante.

En comparaison avec les suivis précédents, la mortalité brute comme la mortalité estimée a fortement réduit entre 2023 et 2024, passant de 11 à 6 cadavres découverts sur la même période de l'année. Les estimations passent de **374 [238 ; 593]** cadavres d'oiseaux **en 2023 à 63 [28 ; 132] en 2024 (formule de Huso)**.

Au regard de l'ensemble de ces résultats (mortalité brute et estimée) sur le suivi de 2024, l'impact du parc apparait proche des seuils de significativité. Au vu de la composition spécifique de la mortalité (seules deux espèces protégées et aucune espèce « vulnérable » ou dont les statuts seraient plus alarmants), **l'impact peut être jugé non significatif**. La mesure de bridage agricole en place jusqu'en avril 2025 sera remplacée par un SDA permettant de couvrir l'intégralité du parc d'Allerey en toute saison et ciblant le Milan royal. Ce dispositif sera testé et fera l'objet d'un suivi en 2025.

Concernant les chauves-souris :

Les espèces de chauves-souris trouvées sont la Noctule de Leisler (2 individus), la Pipistrelle commune (1 individu) et la Pipistrelle de Nathusius (1 individu), recensées entre le 18 juillet et le 30 septembre 2024. La Noctule de Leisler, la plus fréquente au cours du suivi de la mortalité, est également l'espèce la plus représentée dans les suivis de l'activité en altitude. Elle est active toute l'année, mais avec des pics en période de migration automnale, époque à laquelle les cas de mortalité ont été constatés.

En 2024, l'utilisation des formules d'estimation conduit à une mortalité la plus probable de l'ordre de **42 à 79 cas** (IC 95 % : [14 ; 192] selon les formules) sur la période de suivi et l'ensemble du parc (contre 191 à 546 en 2023), soit une mortalité estimée entre **9,2 et 15,8 individus par éolienne, selon les modèles**. En se basant sur les analyses de l'estimateur GenEst, la mortalité estimée des chiroptères est d'environ **47 individus** [IC95% : 10 ; 102] (en ne prenant que les éoliennes pour lesquelles au moins un cas de mortalité a été découvert). C'est l'éolienne E1 qui semble alors la plus impactante.

En comparaison avec les suivis précédents, la mortalité brute comme la mortalité estimée a fortement réduit entre 2023 et 2024, passant de 8 à 4 cadavres découverts sur la même période de l'année. Les estimations passent de **352 [191 ; 546]** cadavres de chiroptères **en 2023 à 50 [16 ; 111] en 2024 (formule de Huso)**.

Ces chiffres sont proches des bornes hautes mentionnées par la bibliographie. **Au vu des espèces découvertes au cours du suivi de mortalité en 2024, ce rapport conclut à l'absence d'impact significatif** mais préconise d'augmenter légèrement le taux de couverture du bridage actuel pour les chiroptères afin d'assurer une absence d'impact significatif dans

la durée, les estimés étant proches de la significativité. Le bridage en place au cours du suivi permet une couverture importante de l'activité des chiroptères mais ce rapport propose une extension de ce bridage afin de couvrir une plus grande partie de la période d'activité des chiroptères et notamment de la Noctule de Leisler, découverte deux fois au cours du suivi de la mortalité (en août et en septembre 2024). Ce bridage révisé en utilisant les données de 2023 et de 2024 permet en effet de couvrir 91,1 % de l'activité de tous les chiroptères confondus sur ces deux années (4 722 couvertes sur 5 181 enregistrées). Ce sont également 90,6 % des minutes positives attribuées à de la Noctule de Leisler qui sont couvertes (soit 2 818 minutes positives sur 3 109 enregistrées). Pour la Noctule commune, ce sont 11 minutes à risque qui ne sont pas couvertes par ce scénario de bridage sur 89 enregistrées entre 2023 et 2024. Le suivi reconduit en 2025 permettra alors de suivre l'efficacité de cette mesure.

Au regard de l'analyse de cette seconde année de suivi sur le parc éolien d'Allerey, il apparaît que l'impact est non significatif en 2024 pour les chauves-souris comme pour les oiseaux.

Pour les chauves-souris, la mesure de bridage actuellement en place semble donc être efficace et doit être reconduite avec une petite modification (extension de la période couverte) afin d'augmenter son taux de couverture de l'activité de la Noctule de Leisler notamment. Cette mesure sera évaluée avec les données du suivi de 2025 et devra assurer une absence durable d'impact significatif du parc sur les chiroptères.

La mesure proposée lors du suivi de 2023 pour le Milan royal sera effectivement mise en place en avril 2025 avec l'implémentation d'un SDA sur l'intégralité du parc, ciblant cette espèce. Ce dispositif couvrira l'ensemble du cycle biologique de l'espèce et fera l'objet de tests et d'un suivi d'efficacité. Il remplacera le bridage agricole qui sera maintenu en attendant.

Enfin, des mesures se rapportant au suivi de la mortalité sont également proposées pour diminuer les niveaux des incertitudes (principalement la réduction du nombre de rats déposés dans le cadre du suivi de la persistance).

4 Bibliographie

- ④ 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.
- ④ 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.
- ④ ARNETT E. B., ERICKSON W., KERNS 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.
- ④ 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.
- ④ 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.
- ④ 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.
- ④ BARATAUD, M. 2020. Écologie acoustique des Chiroptères d'Europe. Identification des espèces, Études de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope, Mèze ; Museum National D'histoire Naturelle, Paris (Collection Inventaires et biodiversité), 344 P.
- ④ 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.
- ④ 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.
- ④ 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. E1966.
- ④ BROWN R. ET AL. (2014). Traces et indices d'oiseaux ; pistes, nids, plumes, crânes... Delachaux et Niestlé. 333 p.
- ④ 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>.
- ④ 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.
- ④ 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.
- ④ 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.
- ④ DÜRR, T. (2023). Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe.
- ④ 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.
- ④ FRAIGNEAU C. (2007). Reconnaître facilement les plumes – collecter, identifier, interpréter, conserver. Delachaux et Niestlé. 192 p.
- ④ FRAIGNEAU C. (2017). Identifier les plumes des oiseaux d'Europe occidentale. Delachaux et Niestlé. 400 p.
- ④ 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 SFPEM, 2016. Diagnostic chiroptérologique des projets éoliens terrestres Actualisation 2016 des recommandations SFPEM, 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, ETTERTSON 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, Méze, 13 p.
- MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE (MEDDE), 2015, Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestre, Novembre 2015, 40p.
- MITCHELL-JONES A.J., AMORI G., BOGDANOWICZ W., KRYŠTUFEK 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.
- RABIE, P., RISER-ESPINOZA, D., STUDYVIN, J., DALTHORP, D., & HUSO, M., 2021. Performance of the GenEst mortality estimator compared to the Huso and Shoenfeld estimators. American Wind Wildlife Institute.
- 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.

- ④ 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.
- ④ SIMONIS, J., DALTHORP, D., HUSO, M., MINTZ, J., MADSEN, L., RABIE, P., and STUDYVIN, J., 2018, GenEst user guide—Software for a generalized estimator of mortality: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 7, chap. C19, 72 p., <https://doi.org/10.3133/tm7C19>.
- ④ SMALLWOOD, K. Shawn. Estimating wind turbine-caused bird mortality. The Journal of Wildlife Management, 2007, vol. 71, no 8, p. 2781-2791.
- ④ 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.
- ④ 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.
- ④ 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 ABEL J., BABSKI S.-P., BOUZENDORF F. et BROCHET A.-L., 2015 - Liste rouge régionale des oiseaux nicheurs menacés en Bourgogne. Etude et protection des oiseaux en Bourgogne, LPO Côte-d'Or. 16p.
- ④ SHNA, IUCN, 2015 - Liste rouge des chauve-souris de la région Bourgogne.
- ④ UNION INTERNATIONALE POUR LA CONSERVATION DE LA NATURE FRANCE, MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, SOCIÉTÉ FRANÇAISE POUR L'ÉTUDE 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, 2023: <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwarte/arbeitschwerpunkt-entwicklung-und-umsetzung-von-schutzstrategien/auswirkungen-von-windenergieanlagen-auf-voegel-und-fledermaeuse/#>
- ④ SOCIÉTÉ FRANÇAISE POUR L'ÉTUDE ET LA PROTECTION DES MAMMIFÈRES - <http://www.sfepm.org>.
- ④ ECOLOGIE ACOUSTIQUE DES CHIROPTÈRES - <http://ecologieacoustique.fr/>

5 Annexes

Annexe I : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

I.1 Tableau récapitulatif des observations de cadavres découverts en 2023

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne
02/05/2023	E6	<i>Alauda arvensis</i>	Alouette des champs	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	12 m
23/05/2023	E2	<i>Lanius collurio</i>	Pie-grièche écorcheur	Frais	Adulte	Mâle	Collision avec mât	14 m
23/05/2023	E2	<i>Sylvia borin</i>	Fauvette des jardins	Frais	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	14 m
30/05/2023	E2	<i>Phylloscopus collybita</i>	Pouillot véloce	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	1 m
11/07/2023	E5	<i>Buteo buteo</i>	Buse variable	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Inconnue	25 m
18/07/2023	E5	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Sec	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	15 m
25/07/2023	E5	<i>Cuculus canorus</i>	Coucou gris	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	23 m
14/08/2023	E1	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Frais	Indéterminé	Mâle	Barotraumatisme	37 m
14/08/2023	E5	<i>Nyctalus noctula</i>	Noctule commune	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	20 m
22/08/2023	E2	<i>Ficedula hypoleuca</i>	Gobemouche noir	Frais	Adulte	Femelle	Barotraumatisme	30 m
05/09/2023	E1	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Frais	Indéterminé	Mâle probable	Barotraumatisme	50 m
05/09/2023	E2	<i>Buteo buteo</i>	Buse variable	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Inconnue	45 m
05/09/2023	E6	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Frais	Indéterminé	Mâle probable	Barotraumatisme	50 m
19/09/2023	E2	<i>Delichon urbicum</i>	Hirondelle de fenêtre	Frais	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	45 m

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne
19/09/2023	E6	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Inconnue	5 m
19/09/2023	E5	<i>Lullula arborea</i>	Alouette lulu	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	35 m
19/09/2023	E5	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Sec	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	25 m
03/10/2023	E1	<i>Milvus milvus</i>	Milan royal	Plumée	Immature	Indéterminé	Inconnue	37 m
03/10/2023	E6	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	42 m
06/10/2023	E1	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Inconnue	6 m
10/10/2023	E6	<i>Accipiter nisus</i>	Épervier d'Europe	Frais	Adulte	Mâle	Collision avec pale	40 m

I.1 Tableau récapitulatif des observations de cadavres découverts en 2024

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne
13/06/2024	E5	<i>Columba palumbus</i>	Pigeon ramier	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	60 m
13/06/2024	E5	<i>Columba palumbus</i>	Pigeon ramier	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	45 m
08/07/2024	E2	<i>Alauda arvensis</i>	Alouette des champs	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	60 m
18/07/2024	E3	<i>Turdus merula</i>	Merle noir	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	20 m
18/07/2024	E1	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	31 m
26/08/2024	E3	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Frais	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	39 m
09/09/2024	E1	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Pipistrelle de Nathusius	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	5 m
19/09/2024	E5	<i>Buteo buteo</i>	Buse variable	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	25 m

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne
30/09/2024	E1	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	10 m
24/10/2024	E5	<i>Regulus ignicapilla</i>	Roitelet à triple bandeau	Frais	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	70 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 76 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018

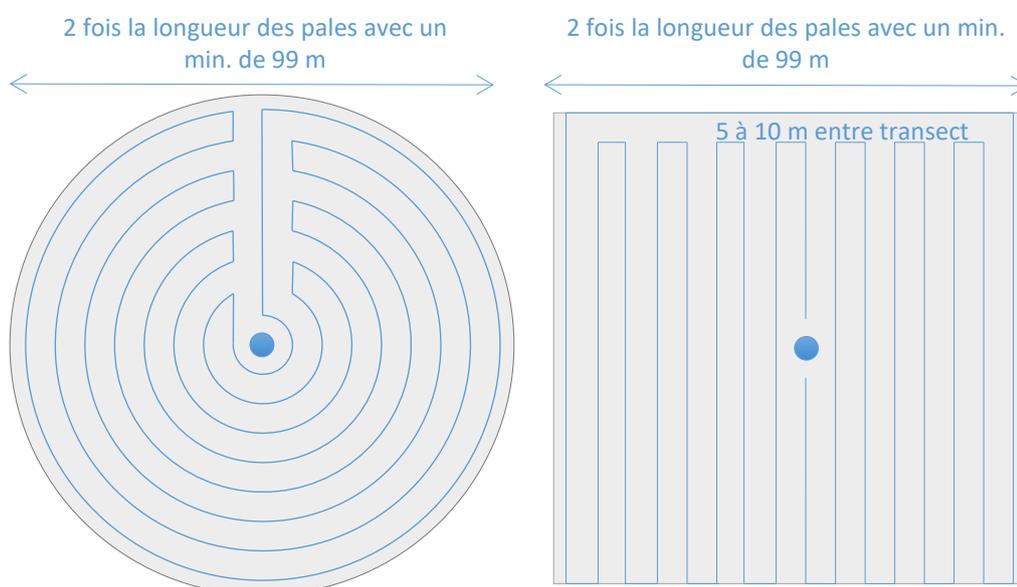


Figure 77 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).

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 prospectons.

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**.

Concernant la valeur **Nd**, la détermination du caractère 100% imputable aux éoliennes s'avère parfois difficile :

- Lorsqu'il y a barotraumatisme avéré ou section nette d'une partie du corps de l'individu (collision avec pale), la mort de l'individu est imputée à 100% à la présence de l'éolienne.
- En revanche, dans le cas de plumée notamment, il est très difficile de certifier à 100% que la mort de l'individu est imputable à l'éolienne, de même pour les cadavres retrouvés très dégradés.

Toutefois, lorsqu'un cadavre est retrouvé à proximité immédiate d'une éolienne, la probabilité que la cause de la mort soit liée à l'éolienne reste élevée. La question ici est de se demander si une présence de plumée est caractéristique d'un cadavre au même titre qu'un réel cadavre 'entier', et de quelle manière l'on doit les caractériser.

Il serait donc important dans les suivis de caractériser finement les plumées retrouvées dès lors qu'une observation de ce type est faite sur le terrain. Cette caractérisation peut se faire à travers une description de la densité de plumes, de la présence de fragment sur les plumes, de la période d'observation, de la distance à l'éolienne ou encore de la présence ou l'absence d'autres plumes aux alentours.

Dans le cadre du suivi du parc éolien d'Allerey, il a été fait le choix par principe de précaution de prendre en compte toutes les plumées dans les calculs. Cela peut engendrer une surestimation de la mortalité.

Notons que dans le cas des plumées de Buse variable ou de Milan royal retrouvées sur le parc, l'écologie des deux espèces montrent qu'il est peu probable que les individus se fassent attaquer par un prédateur au sol ou prendre dans une machine agricole, car ces espèces ne se posent que très rarement dans des prairies ou des cultures à végétation haute.

Par ailleurs, toutes les plumées exceptées celles du Milan royal ont été retrouvées en dehors des périodes d'ouverture générale de la chasse qui ont eu lieu entre le 17 septembre 2023 au 29 février 2024 fixée par l'arrêté préfectoral de Côte-d'Or, ce qui réduit la probabilité d'une mort provoquée par une balle de tir.

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 : Estimation de la mortalité par GenEst

V.1 Utilisation du DWP : « Density Weighted Proportion »

Une des particularités de cet estimateur est l'utilisation des « Density Weighted Proportion » (ou DWP). Ils correspondent à la fraction de la mortalité totale tombée dans la zone de prospection. En effet, la densité des cadavres n'est pas la même à toutes les distances d'une éolienne, mais elle augmente généralement sur une courte distance avant de diminuer jusqu'à 0 (Dalthorp et al. 2018). Une prise en compte minutieuse de ce facteur pourrait permettre à la fois d'assimiler la proportion de la surface échantillonnée mais également la proportion de cadavres tombés hors de la zone d'étude (cripping loss).

Ne pouvant pas obtenir une valeur précise et fiable des « crippling loss », nous avons seulement pris en considération la surface prospectée par éolienne (qui équivaut à une prise en compte du coefficient correcteur de surface), en fixant bien la valeur de « Fraction of Facility Surveyed » à 1, pour ne pas avoir de double prise en compte de la surface échantillonnée. Ce coefficient correspond à la fraction de la surface échantillonnée par éolienne, et s'obtient en faisant le ratio de la surface échantillonnée par la surface totale (échantillonnée + non échantillonnée), le tout par éolienne.

V.2 Efficacité de recherche (f)

L'efficacité de recherche aborde la question de la détection imparfaite des cadavres par les observateurs, pouvant varier en fonction de différents facteurs. GenEst intègre notamment un paramètre k qui décrit comment l'efficacité de recherche évolue à travers plusieurs recherches successives (soit la probabilité d'observer un même leurre lors d'un second passage). Dans le cas où des données de recherche multiples sont disponibles, GenEst utilise une procédure de maximum de vraisemblance pour estimer simultanément p et k . En cas de données de recherche unique (méthode du protocole national), l'estimation de p se réduit à une régression logistique. Dans la présente étude, la valeur k a été fixée à 0 dans le but d'obtenir une estimation pessimiste de la probabilité de détection. Cette approche de modélisation est préconisée et utilisée par Huso (Huso-censored estimator ; Rabie et al., 2021).

L'estimateur GenEst postule également une efficacité du chercheur égale à $1 - 1 / (2 * n)$ lorsque toutes les leurres sont découverts (par exemple, si les 10 leurres déposés sont toutes détectés, $p = 19/20$). Si aucun leurre n'est trouvé, GenEst postule que l'efficacité de recherche est égale à $1 / (2 * n)$.

Ces hypothèses introduisent un biais inconnu dans l'estimateur, mais généralement, elle sera moins biaisée que l'hypothèse simpliste selon laquelle $p = [0 | 1]$. Elle offre ainsi une évaluation plus réaliste de l'incertitude dans l'estimation de p (et de la mortalité totale) lorsque l'efficacité de recherche est parfaite ou imparfaite.

Pour affiner l'estimation de l'efficacité de recherche, des covariables ont été intégrées à la sélection de modèle : l'occupation du sol (OCS), la hauteur de végétation, la couverture végétale, la saison du test, la visibilité (variable prenant en compte la valeur la hauteur de végétation et le recouvrement et définie en 3 classes : faible, moyenne et forte) ainsi que l'identifiant de turbine. Toutes les covariables utilisées dans GenEst sont traitées sous format catégoriel. La sélection de modèles se réalise par le critère d'information d'Akaike corrigé (AICc).

V.3 Persistance des cadavres (s)

Une des autres particularités de l'estimateur GenEst, est l'obligation de fournir des informations supplémentaires sur les dates d'observations et de disparitions des cadavres à partir des colonnes « LastPresent » et « FirstAbsent ». La colonne « LastPresent » correspond au temps entre la pose du cadavre et le moment où il a été vu pour la dernière fois. La colonne « FirstAbsent » réfère au nombre de jours entre la pose du cadavre et la première fois il n'a plus été observé.

GenEst quantifie la persistance des cadavres au moyen de modèles de survie, évaluant diverses lois de distribution (« exponentiel », « weibull », « lognormal » et « loglogistic ») ainsi que différentes combinaisons de covariables. La sélection de modèles se réalise par le critère d'information d'Akaike corrigé (AICc).

V.4 Estimation de la mortalité

D'une manière similaire aux estimateurs classiques demandés dans le protocole, GenEst calcule la mortalité à partir d'une probabilité globale de détection, composée d'une estimation de la persistance, de la probabilité d'efficacité de recherche puis par une correction, par l'utilisation du DWP. Pour estimer la probabilité de détection globale, GenEst utilise un « calendrier de passage » (ou search schedule). Il permet de croiser les dates de prospection à chacun des passages sur les éoliennes et ainsi connaître et prendre en compte les irrégularités de passage lors du suivi. Il peut être important de prendre en considération ce biais, des recherches plus fréquentes dans le temps étant associées à des probabilités de détection plus élevées (Simonis et al., 2018). Une autre différence majeure de l'utilisation de GenEst réside dans le calcul des incertitudes. En effet, GenEst utilise une procédure de bootstraps paramétriques pour obtenir l'incertitude de la probabilité de détection et du nombre de cadavres (bootstraps non paramétriques pour Huso).

Il est important de notifier que certaines études ont observé une estimation de la probabilité de détection « globale » (*g*) légèrement supérieure à l'estimateur d'Huso (Rabie et al., 2021). De plus, par son fonctionnement, il n'est pas possible d'estimer la mortalité sur certaines éoliennes lorsque le nombre de cadavre est égal à 0, sans utilisation d'un logiciel annexe à GenEst (Evidence of Absence, l'estimation de la mortalité totale reste néanmoins attribuée à l'ensemble du parc).

V.5 Paramètres utilisés lors des analyses de données dans le logiciel GenEst

GENEST ANALYSIS	MODEL INPUT FOR ANALYSIS	VALUE
GENERAL INPUT	Number of iteration	1000
	Confidence level	0,95
	Carcass Class Column	/
SEARCHER EFFICIENCY	Observations	Search01
	Predictor Variables	Landcover, VegHeight, VegCover, Turbine, Visibility
	Fixed k	0
	Selected model	$p \sim \text{VegHeight}$
CARCASS PERSISTENCE	Last Time Present	LastPresent
	First Time Absent	FirstAbsent
	Predictor Variables	Turbine
	Distributions	exp
	Selected Distribution	exp
	Selected Location	$l \sim \text{constant}$
	Selected Scale	$s \sim \text{constant}$
MORTALITY ESTIMATION	Carcass ID Column	carclD
	Fraction of Facility Surveyed	1
	Density Weighted Proportion	Proportion de la surface échantillonnée par éolienne (voir 1,1.2 Utilisation du DWP : « Density Weighted Proportion »)
	Date Found	DateFound
	Search Schedule (SS) Variable	/
	Carcass Observation (CO) Variable	Turbine

Annexe VI : Définition de l'AIC et des intervalles de confiance 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 VII : Détails sur la méthodologie, les résultats et les biais concernant les référentiels mortalité Biotope

Répartition des données du référentiel selon les années

Les 'alluviums' mettent en évidence la continuité du suivi d'un site sur des années consécutives. Chaque année, les sites sont empilés par ordre décroissant du nombre de turbines suivies. Les sites suivis pour la première fois sont représentés en bleu clair

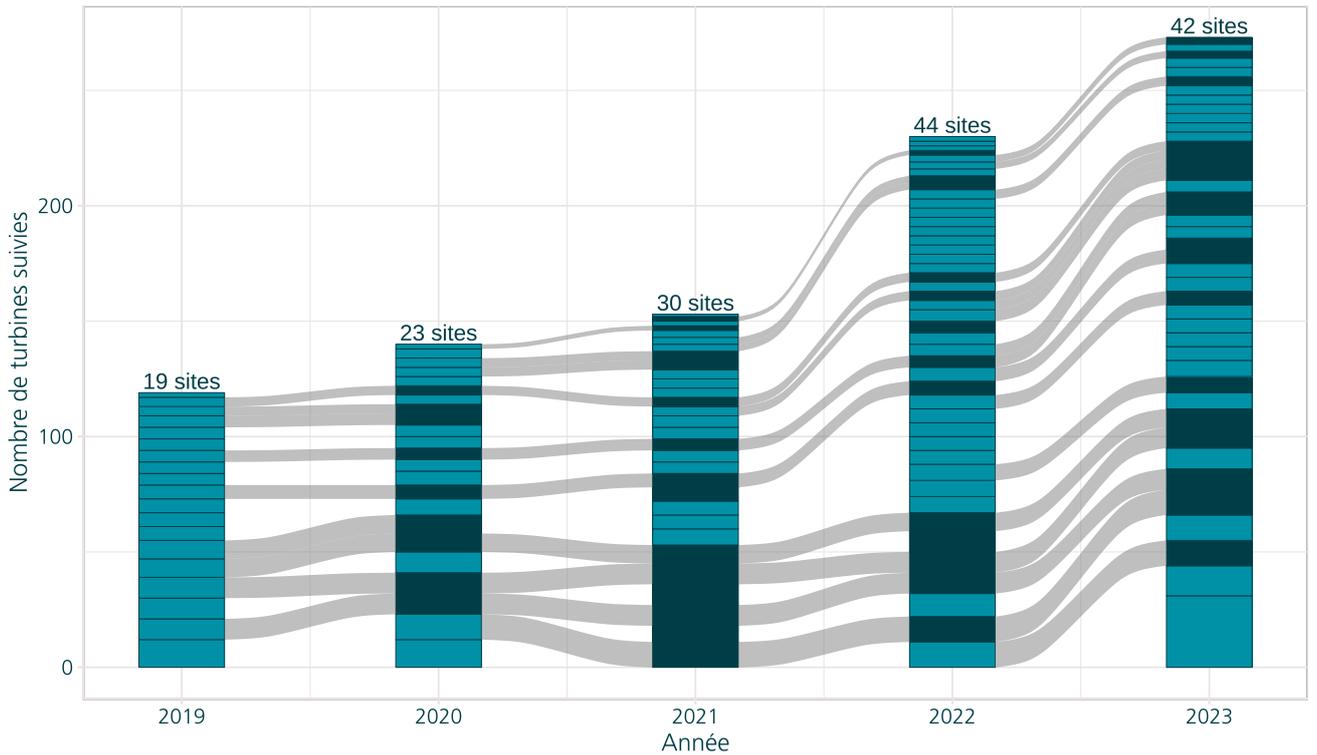


Figure 78 : Répartition des données du référentiel selon les années

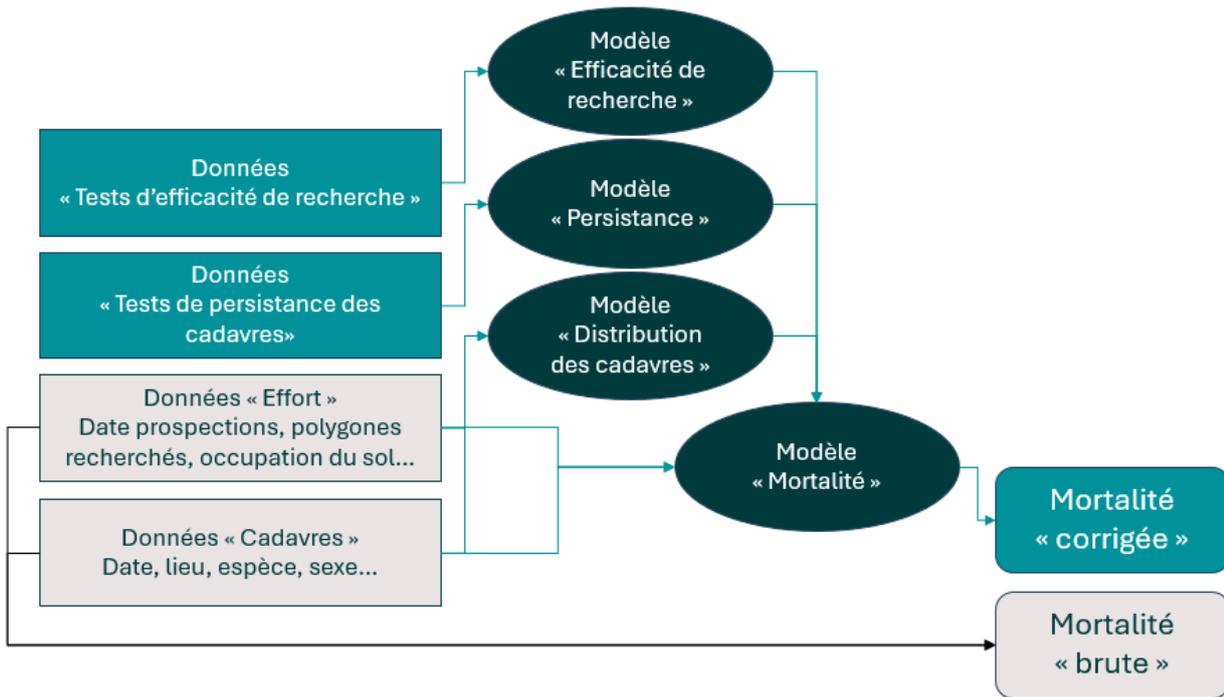


Figure 79 : Méthodologie simplifiée pour l'obtention des référentiels mortalités brute et corrigée

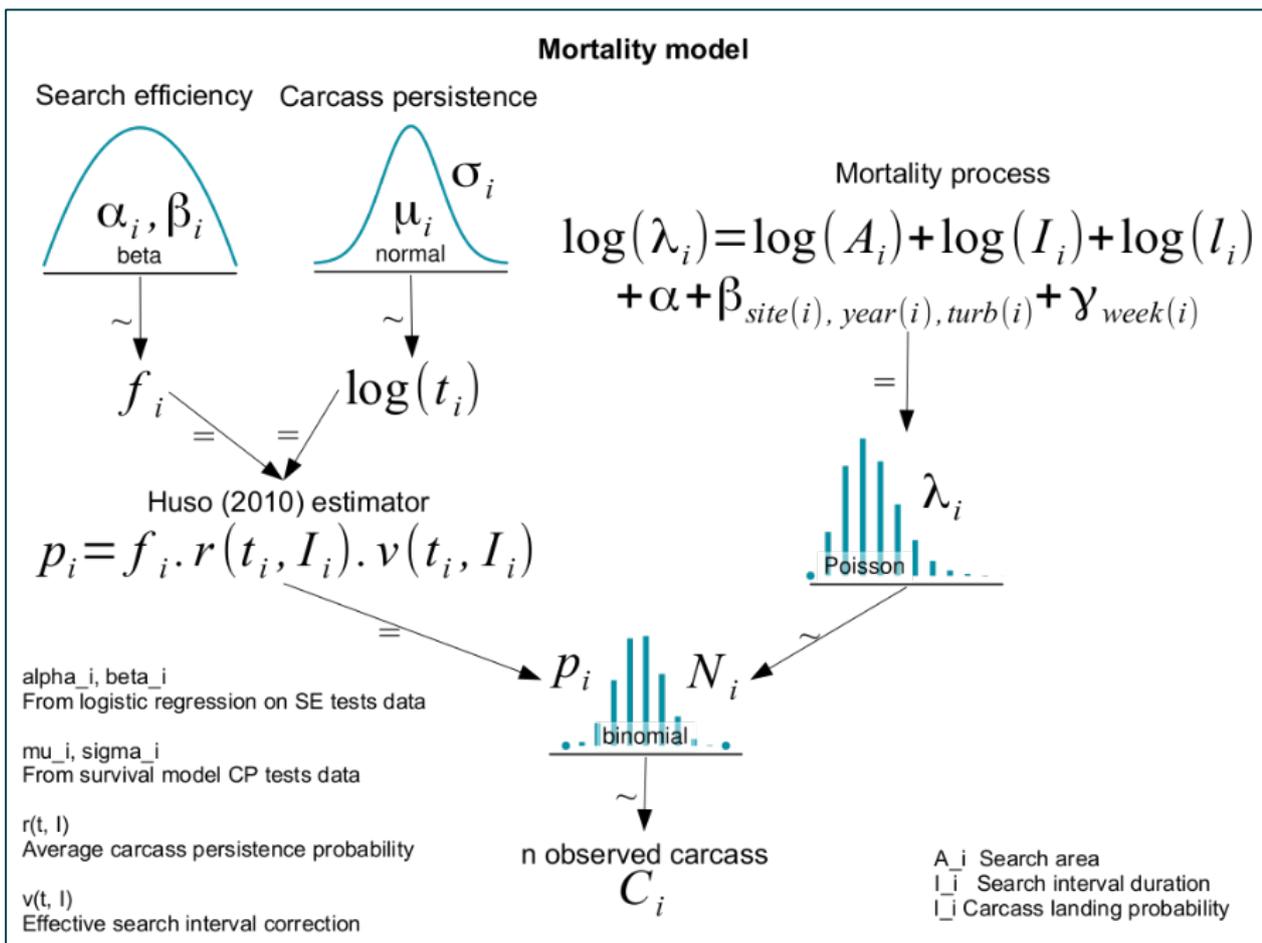


Figure 80 : Méthodologie détaillée de la modélisation du référentiel mortalité corrigée

Les biais d'interprétation concernant l'utilisation du référentiel mortalité corrigé

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

- *Persistence* : ajout d'effets aléatoires sites, turbines, années ; cadre bayésien et non fréquentiste, loi de distribution 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 concentrique le long de l'éolienne (pas suffisamment de données sur 1 parc pour le faire in-situ)
- *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 leurres 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 leurres, une dizaine d'OCS différentes, conditions environnementales propre au site d'étude, temporalité courte (1 année entre S20 et S43).

6 Index des tableaux, cartes et figures

Index des tableaux

Tableau 1 : Paramétrage de l'enregistreur(s) en hauteur	31
Tableau 2 : Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois sur l'ensemble de la période de suivi 2023 et 2024	32
Tableau 3 : Identification des espèces de chiroptères	34
Tableau 4 : Référentiel ActiChiro-Altitude utilisé pour cette étude	36
Tableau 5 : Prospections de terrain et informations météorologiques lors des passages de suivi de la mortalité en 2024	42
Tableau 6 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 4 tests).	44
Tableau 7 : Équipe de travail	45
Tableau 8 : Statuts de protection et de conservation des espèces de chiroptères recensées en hauteur sur le parc d'Allerey en 2024.	48
Tableau 9 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 99 m, en 2023 et en 2024	49
Tableau 10 : Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur en période printanière	51
Tableau 11 : Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur en période estivale	52
Tableau 12 : Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur en période automnale	53
Tableau 13 : Proportions des minutes positives obtenues en hauteur (99 m) en fonction de l'heure relative après le coucher du soleil	63
Tableau 14 : Proportions des minutes positives obtenues en hauteur (99 m) en fonction de la vitesse du vent	67
Tableau 15 : Proportions des minutes positives obtenues en hauteur (99 m) en fonction de la température	72
Tableau 16 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 09/08/2023 ; Dürr, 2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope 2023 pour des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine. Les valeurs entre parenthèses correspondent au nombre de cadavres brut.	84
Tableau 17 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien d'Allerey	85
Tableau 18 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 09/08/2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope 2023 pour des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine.	86
Tableau 19 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauves-souris touchées par le parc d'Allerey	87
Tableau 20 : Bilan de l'occupation du sol pour les cinq éoliennes sur l'ensemble de la période de suivi. Représentation en pourcentage des surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées par éolienne et pour le parc, sur l'ensemble de la période de suivi (48 passages).	88
Tableau 21 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 48 passages	93
Tableau 22 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les deux tests de persistance pour l'ensemble des éoliennes du parc. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.	93

Tableau 23 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations et interpolations) par type d'occupation du sol pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi. Les valeurs d'extrapolation renseignées à dire d'expert sont indiquées en gras.	95
Tableau 24 : Calcul de la proportion de surface prospectée par éolienne	99
Tableau 25 : Estimation de la détection médiane et des intervalles de confiance (95%) associées.	100
Tableau 26 : Estimation des persistances médianes et des intervalles de confiances associés (95%)	101
Tableau 27 : Estimation de la probabilité de détection générique pour l'ensemble des hauteurs de végétation	101
Tableau 28 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation	104
Tableau 29 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc d'Allerey sur la période du suivi	105
Tableau 30 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc d'Allerey sur la période du suivi	106
Tableau 31 : Estimation de la mortalité totale (tout groupe confondu) sur le parc d'Allerey en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)	108
Tableau 32 : Estimation de la mortalité de l'avifaune sur le parc d'Allerey en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)	109
Tableau 33 : Estimation de la mortalité des chiroptères sur le parc d'Allerey en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)	111
Tableau 34 : Comparaison des estimateurs de mortalités GenEst et Huso	112
Tableau 35 : Projection de la mortalité estimée par éolienne sur les quantiles de mortalité du référentiel mortalité Biotope	112
Tableau 36 : Evolution du coefficient correcteur surfacique entre 2023 et 2024 pour le parc d'Allerey	114
Tableau 37 : Comparaison des estimations de la persistance moyennes par année sur le parc d'Allerey	114
Tableau 38 : Résultats des estimations de la détection des cadavres pour chaque éolienne pour les 2 années de suivis.	115
Tableau 39 : Bilan des probabilités globales de détection par année et par éolienne en utilisant l'estimateur de Huso (2010).	116
Tableau 40 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des oiseaux au sein du parc d'Allerey entre 2021 et 2023	117
Tableau 41 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des chiroptères au sein du parc d'Allerey entre 2021 et 2023	119
Tableau 42 : Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité	123
Tableau 43 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 99 m d'altitude au niveau de l'éolienne E3.	129
Tableau 44 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce	131
Tableau 45 : Paramètre de bridage conventionnel pour le parc éolien d'Allerey.	131
Tableau 46 : Comparaison d'efficacité du bridage mis en place à partir des données 2024 en minute positive	132
Tableau 47 : Scénario de bridage proposé sur la base des données acquises en 2024	133

Index des figures

Figure 1 : Tableau d'évaluation des enjeux ornithologiques (Envol, 2016, 2017)	19
Figure 2 : Inventaire des espèces contactées (nombre de contacts, tous points d'écoute confondus dans l'aire d'étude) (Envol, 2016)	21
Figure 3 : Inventaire complet des espèces contactées par le SM2Bat+ par saison d'échantillonnage. (Envol 2016)	23
Figure 4 : Localisation de l'implantation du microphone en nacelle. © Biotope.	31

Figure 5 : Cumul des nouvelles espèces en fonction de l'effort d'échantillonnage du suivi en hauteur sur l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2024	33
Figure 6 : Illustration du processus de validation des enregistrements ultrasonores © Biotope	33
Figure 7 : Répartition spatiale des points-nuits pour le référentiel altitude 2024	36
Figure 8 : Exemple de distribution des niveaux d'activité issue du référentiel dédié pour l'étude	39
Figure 9. Schéma temporel de la vitesse du vent à 99 m sur l'éolienne E3 du parc d'Allerey, en 2023	40
Figure 10. Schéma temporel de la vitesse du vent à 99 m sur l'éolienne E3 du parc d'Allerey, en 2024	40
Figure 11. Schéma temporel de la température à 99 m sur l'ensemble du suivi mené sur l'éolienne E3 du parc d'Allerey, en 2023	41
Figure 12. Schéma temporel de la température à 99 m sur l'ensemble du suivi mené sur l'éolienne E3 du parc d'Allerey, en 2024	41
Figure 13. Schéma temporel de la pluviométrie à 99 m sur l'ensemble du suivi mené sur l'éolienne E3 du parc d'Allerey, en 2024	41
Figure 14 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope	44
Figure 15 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (99 m) au niveau de l'éolienne E3 de mars à octobre 2023	54
Figure 16 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (99 m) au niveau de l'éolienne E3 de mars à novembre 2024	54
Figure 17 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (99 m) au niveau de l'éolienne E3 de mars à octobre 2023	55
Figure 18 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (99 m) au niveau de l'éolienne E3 de mars à novembre 2024	56
Figure 19 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la Pipistrelle commune, en altitude sur l'éolienne E3 d'Allerey en 2023.	56
Figure 20 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la Pipistrelle commune, en altitude sur l'éolienne E3 d'Allerey en 2024.	57
Figure 21 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la paire Pipistrelle de Kuhl / de Nathusius, en altitude sur l'éolienne E3 d'Allerey en 2023.	58
Figure 22 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la paire Pipistrelle de Kuhl / de Nathusius, en altitude sur l'éolienne E3 d'Allerey en 2024.	58
Figure 23 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la Sérotine commune et les noctules, en altitude sur l'éolienne E3 d'Allerey en 2023.	59
Figure 24 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, la Sérotine commune et les noctules, en altitude sur l'éolienne E3 d'Allerey en 2024.	60
Figure 25 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, durant les mois de mars à mai en 2023 (à droite) et 2024 (à gauche)	61
Figure 26 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, durant les mois de juin et juillet en 2023 (à droite) et 2024 (à gauche)	61
Figure 27 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, durant les mois d'août à octobre en 2023 (à droite) et novembre en 2024 (à gauche)	62
Figure 28 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre mars et octobre 2023.	63
Figure 29 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre mars et novembre 2024.	63
Figure 30 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2023	65
Figure 31 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2023	65
Figure 32 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2024	66

Figure 33 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2024	67
Figure 34 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2023	68
Figure 35 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2024	68
Figure 36 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne (°C) en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2023	70
Figure 37 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne (°C) en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2023	70
Figure 38 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne (°C) en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2024	71
Figure 39 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne (°C) en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2024	71
Figure 40 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (99 m) en 2023	73
Figure 41 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (99 m) en 2024	73
Figure 42 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de pluviométrie nocturne (mm/h), en hauteur (99 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2024	75
Figure 43 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (99 m), au niveau de l'éolienne E3 du parc d'Allerey en 2024	75
Figure 44 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes pluviométrie nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (99 m) en 2024	76
Figure 45 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 99 m en 2023. Les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris	77
Figure 46 : 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 en 2023	77
Figure 47 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 99 m En 2024. Les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris	78
Figure 48 : 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 en 2024.	78
Figure 49 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien d'Allerey	80
Figure 50 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien d'Allerey	82
Figure 51 : Nombre de cadavres découverts par éolienne	82
Figure 52 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc d'Allerey. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.	83
Figure 53 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation. Le cercle noir correspond au rayon de prospection maximale de la zone échantillonnée.	83
Figure 54 : Projection du 'quantile de mortalité' en fonction de la mortalité brute du parc d'Allerey à travers la répartition empirique du nombre de cadavres découverts sur les parcs éoliens suivis par Biotope (de 2019 à 2023).	87
Figure 55 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi	90
Figure 56 : Occupation du sol pour les éoliennes E1, E2, E3, E5, E6 (de gauche à droite et de haut en bas) le 13 mai 2024 (premier passage à gauche) et le 24 septembre 2024 (passage 48 à droite)	91
Figure 57 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. En haut : évolution du pourcentage de surface prospectée par passage ; en bas : synthèse (boîte à moustaches) 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).	92

Figure 58 : Durées de persistance moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédation	93
Figure 59 : Représentation graphique du modèle sélectionné expliquant la probabilité de détection en fonction de la hauteur de la végétation et de l'éolienne.	99
Figure 60 : Courbe d'évolution des temps de persistance par éolienne (courbes de Kaplan-Meier)	101
Figure 61 : Estimation de la probabilité de détection (g) par unité retenue lors de la modélisation (hauteur de végétation – haut & Turbine - bas)	103
Figure 62 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien d'Allerey au cours du suivi de 2024 sur 164 jours	105
Figure 63 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien d'Allerey au cours du suivi de 2024 sur 164 jours	107
Figure 64 : Densité de probabilité de la mortalité totale et par éolienne sur le parc d'Allerey en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)	109
Figure 65 : Densité de probabilité de la mortalité de l'avifaune sur le parc et par éolienne sur le parc d'Allerey en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)	110
Figure 66 : Densité de probabilité de la mortalité des chiroptères sur le parc et par éolienne sur le parc d'Allerey en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)	111
Figure 67 : Projection de la mortalité estimée par turbine issue du parc d'Allerey sur la répartition empirique des estimations de mortalité du référentiel mortalité estimée de Biotope.	113
Figure 68 : Evolution de la mortalité estimée de l'avifaune selon les trois estimateurs entre chaque éolienne et les deux années de suivis.	117
Figure 69 : Evolution de la mortalité estimée des chiroptères selon les trois estimateurs entre chaque éolienne et les deux années de suivis.	119
Figure 70 : Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc d'Allerey	127
Figure 71 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E3 sur la période de réalisation du suivi mortalité	127
Figure 72 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E3 d'Allerey sur la période de réalisation du suivi mortalité en 2024.	128
Figure 73 : Cortège d'espèces de chiroptères découvert lors du suivi de mortalité du parc éolien d'Allerey	128
Figure 74 : Eolienne E3 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Noctules et Sérotines en 2024.	130
Figure 75 : Eolienne E3 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les pipistrelles en 2024.	130
Figure 76 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018	144
Figure 77 : Schéma de la surface-échantillon à prospector (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).	144
Figure 78 : Répartition des données du référentiel selon les années	150
Figure 79 : Méthodologie simplifiée pour l'obtention des référentiels mortalités brute et corrigée	151
Figure 80 : Méthodologie détaillée de la modélisation du référentiel mortalité corrigée	151

Index des cartes

Carte 1 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien d'Allerey	8
Carte 2 : Localisation des aires d'étude (Envol, 2017)	10
Carte 3 : Localisation des éoliennes du parc éolien d'Allerey	30



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

