



Ferme éolienne de IDS SAS

Parc éolien de Ids-Saint-Roch (18)

Suivi environnemental post-implantation de 2023
ciblé sur les chauves-souris et les oiseaux

Suivi d'activité des chiroptères en nacelle d'éolienne
Suivi de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux



Sarl EXEN
le Coustat, 116 route de Séverac,
12310 VIMENET
Tel : 05 81 63 05 99
Mail : ybeucher@exen.pro

Avril 2024

Parc éolien de Ids-Saint-Roch (18)

Suivi environnemental post-implantation de 2023
ciblé sur les chauves-souris et les oiseaux

Suivi d'activité des chiroptères en nacelle d'éolienne

Suivi de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux

- **Rédaction - relecture** : P. Bonifaci, A. Trinquier - A. Langlois,
- **Analyse des données, interprétations** : P. Bonifaci, A. Trinquier, A. Langlois,
- **Organisation, méthodes** : Y. Beucher, H. Caradec, A. Langlois, J. Mougnot,
- **Recherches de mortalité sur site** : A. Langlois, C. Cousin.

Avril 2024

SOMMAIRE

SOMMAIRE	3	3.3.1 Cortège d'espèces	23
TABLE DES ILLUSTRATIONS	6	3.3.2 Proportion d'espèces ou de groupes d'espèces	24
1 OBJET	9	3.3.3 Évolution saisonnière de l'activité par espèce (ou groupe d'espèces).....	25
2 CONTEXTE	10	3.3.4 Chronologie de l'activité au niveau de la nacelle d'éolienne E1.....	27
2.1 SITUATION DU PARC EOLIEN	10	3.3.5 Influence des conditions météorologiques	31
2.2 RAPPEL DES RESULTATS DES PRECEDENTS SUIVIS (2021-2022)	10	3.3.5.1 Influence de la vitesse du vent.....	31
2.2.1 Suivi post-implantation en 2021.....	10	3.3.5.2 Influence de la direction du vent.....	32
2.2.2 Suivi post-implantation en 2022.....	11	3.3.5.3 Influence de la température	33
3 SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES EN NACELLE D'EOLIENNE	13	3.3.6 Rythme d'activité nocturne	34
3.1 METHODOLOGIE	13	4 SUIVI DE LA MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX	35
3.1.1 Suivi automatisé en continu (passif) : généralités.....	13	4.1 OBJECTIFS DU SUIVI DE LA MORTALITE.....	35
3.1.2 Suivi passif depuis la nacelle de l'éolienne E1.....	13	4.2 METHODOLOGIE	35
3.1.2.1 Choix de l'éolienne équipée	13	4.2.1 Choix d'une méthode standardisée	35
3.1.2.2 Type d'enregistreur acoustique utilisé.....	13	4.2.2 Choix des périodes de suivis et fréquence des visites.....	36
3.1.2.3 Plage de suivi	15	4.2.3 Choix des éoliennes suivies	37
3.1.3 Traitement des données et évaluation de l'activité	16	4.2.4 Organisation des parcours de prospection	37
3.1.4 Référentiel de niveau d'activité.....	17	4.2.5 Recueil des données et destination des cadavres	40
3.1.5 Utilisation de l'espace par les chauves-souris et typologie des modes de vol	18	4.2.6 Détermination des coefficients correcteurs.....	41
3.2 LIMITES DE LA METHODOLOGIE	20	4.2.6.1 Organisation générale	41
3.2.1 Suivi passif (Batcorder depuis la nacelle).....	20	4.2.6.2 Test de l'efficacité du chercheur (ou « test de détection »).....	41
3.2.2 Difficultés d'identification acoustique de certaines espèces	20	4.2.6.3 Tests de disparition (ou « test de persistance »).....	42
3.2.3 Une détection divergente selon les espèces.....	21	4.2.7 Calculs	43
3.2.4 Autres limites de détection acoustique	21	4.2.7.1 Les formules utilisées	43
3.3 RESULTATS DES SUIVIS D'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE EN NACELLE (E1)	23	4.2.7.2 EolApp (Besnard et Bernard, 2018).....	45
		4.2.8 Evaluation des impacts du parc éolien de Ids-Saint-Roch.....	45

4.3	BILAN DE LA MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS.....	46	5.1	IMPACT SUR LES CHIROPTERES	62
4.3.1	<i>Bilan des mortalités par éolienne.....</i>	46	5.1.1	<i>Analyses quantitatives et comparaisons avec d'autres parcs éoliens</i>	62
4.3.2	<i>Taux de mortalité des chauves-souris</i>	46	5.1.2	<i>Analyses qualitatives des impacts sur les chiroptères.....</i>	63
4.3.2.1	Planning du suivi de la mortalité et évolution du type de végétation en 2023.....	46	5.2	IMPACT SUR L'AVIFAUNE.....	64
4.3.2.2	Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules).....	47	5.2.1	<i>Analyses quantitatives et comparaisons avec d'autres parcs éoliens</i>	64
❖	Paramètre p (formule d'Erickson adaptée)	47	5.2.2	<i>Analyses qualitatives des impacts sur l'avifaune</i>	64
❖	Paramètre Tm (formules de Erickson + Jones + Huso)	48	6	BILAN DE L'EFFICACITE DES MESURES CORRECTIVES EN 2023.....	66
4.3.2.3	Estimation de la mortalité avec nos tableurs EXCEL.....	49	6.1	REGULATION NOCTURNE DES MACHINES EN FAVEUR DES CHIROPTERES.....	66
4.3.2.4	Estimation de la mortalité avec l'application « EolApp »	50	6.1.1	<i>Rappel du pattern.....</i>	66
4.4	BILAN DE LA MORTALITE DES OISEAUX	51	6.1.2	<i>Mortalité brute et mortalité estimée en 2023, comparaisons avec 2022.....</i>	66
4.4.1	<i>Bilan des mortalités par éolienne.....</i>	51	6.1.3	<i>Vérification du dimensionnement de la régulation</i>	67
4.4.2	<i>Chronologies constatées et corrigées des mortalités d'oiseaux.....</i>	51	6.1.4	<i>Vérification de l'implantation du pattern de régulation en machine E1.....</i>	68
4.4.3	<i>Typologie des cas de mortalité découverts au sol.....</i>	53	6.2	SYSTEME DE DETECTION ET D'ARRET AUTOMATIQUE DIURNE DES MACHINES	70
4.4.4	<i>Relation espèce / éolienne.....</i>	53	7	PROPOSITION DE MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS	71
4.4.5	<i>Chronologie des mortalités, phénologies des espèces et tentatives d'interprétations.....</i>	54	7.1	MESURES CONCERNANT LES CHIROPTERES.....	71
4.4.6	<i>Interprétation par espèce</i>	55	7.1.1	<i>Optimisation du bridage nocturne des machines</i>	71
4.4.7	<i>Dispersion des cadavres sous les éoliennes</i>	57	7.2	MESURES CONCERNANT L'AVIFAUNE	72
4.4.8	<i>Taux de mortalité des oiseaux.....</i>	58	7.3	MESURES CONCERNANT LES CHIROPTERES ET LES OISEAUX.....	72
4.4.8.1	Planning du suivi de la mortalité et évolution du type de végétation en 2023.....	58	7.3.1	<i>Continuer à veiller à l'absence d'éclairage du parc.....</i>	72
4.4.8.2	Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules).....	59	7.3.2	<i>Continuer à veiller à l'étanchéité des caissons de ventilation</i>	72
❖	Paramètre p (formule d'Erickson adaptée)	59	7.3.3	<i>Continuer à limiter la fréquentation de la faune volante autour des éoliennes</i>	72
❖	Paramètre Tm (formules de Erickson + Jones + Huso)	59	8	MESURES REGLEMENTAIRES.....	74
4.4.8.3	Estimation de la mortalité avec nos tableurs EXCEL.....	60	8.1	SUIVI DE LA MORTALITE AU SOL ET SUIVI D'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE EN NACELLE.....	74
4.4.8.4	Calcul de la mortalité avec l'application EolApp.....	61	9	CONCLUSION.....	75
5	EVALUATION DES IMPACTS DU PARC EOLIEN D'IDS-SAINT-ROCH	62	9.1	SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES EN NACELLE D'EOLIENNE	75
			9.2	SUIVI DE LA MORTALITE DES CHIROPTERES ET DES OISEAUX.....	75

9.2.1	Concernant les chiroptères	75
9.2.2	Concernant les oiseaux	75
9.3	MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS ET MESURES REGLEMENTAIRES	75
10	BIBLIOGRAPHIE	76
11	ANNEXES	78
11.1	ANNEXE 1 : MODALITE DE DETERMINATION DES ESPECES	78
11.2	ANNEXE 2 : ABREVIATIONS ET ESPECES	79
11.3	ANNEXE 3 : FICHE DE RELEVÉ DE TERRAIN	80
11.4	ANNEXE 4 : DONNEES BRUTES DES RELEVÉS DE MORTALITE EXEN.....	82

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Carte de localisation du parc éolien	10	Figure 16 : Tableau de continuité de présence de chaque espèce (ou groupe d'espèces) au cours du suivi en continu en 2023, basée sur les données enregistrées en nacelle d'éolienne E1 (en sec d'activité moyenne sur 15 jours) (Mars-2 : seconde quinzaine du mois de mars ; les couleurs sont arbitraires mais les couleurs foncées représentent un niveau d'activité plus important).....	26
Figure 2 : Cliché d'exemple d'installation de Batcorder en nacelle avec micro à travers la paroi de la nacelle	13	Figure 17 : Graphique de la chronologie de l'activité (en secondes d'activité cumulée par nuit) par espèce ou groupe d'espèces relevés en nacelle d'éolienne E1	29
Figure 3 : Zone de couverture acoustique des Batcorders sous les nacelles d'éoliennes (modèle Enercon E72 en haut, modèle Vestas en bas)	14	Figure 18 : Zoom sur la chronologie de l'activité par espèce ou groupe d'espèces relevés en nacelle d'éolienne E1, avec adaptation de l'axe des ordonnées.....	30
Figure 4 : Distances de détection (min et max) pour des signaux de pipistrelles et noctules (20 et 40 KHz de fréquences)	14	Figure 19 : Corrélation inverse entre la vitesse du vent et l'activité cumulée des chauves-souris au niveau de l'éolienne E1 (sur la base des données relevées en 2023 par le Batcorder)	31
Figure 5 : Synthèse de la plage de fonctionnement du Batcorder installé en éolienne E1 et nombre d'enregistrements relevés	15	Figure 20 : Graphique présentant l'activité chiroptérologique totale (en haut à gauche), l'occurrence de chaque direction du vent (en haut à droite), l'activité régulière (en bas à gauche) et l'activité de pics (en bas à droite) relevés en nacelle d'éolienne E1.....	32
Figure 6 : Localisation de l'éolienne du parc de Ids-Saint-Roch et de l'emplacement du Batcorder (cadre orange)	15	Figure 21 : Décomposition de l'activité cumulée des chauves-souris en hauteur au niveau de l'éolienne E1 en fonction de la température relevée sur cette même éolienne et en parallèle des enregistrements d'activité	33
Figure 7 : Schéma caractérisant le paramètre « post-trigger » (ici configuré sur 400 ms)	16	Figure 22 : Décomposition de l'activité totale enregistrée (en seconde d'activité cumulée) en fonction de l'écart avec le lever ou le coucher du soleil et par groupe de vol (sur la base des données relevées en nacelle d'éolienne E1 en 2023)	34
Figure 8 : Référentiel EXEN de niveau d'activité pour une nuit mesurée par un Batcorder au sol (en secondes d'activité cumulée/ nuit).....	17	Figure 23 : Décomposition de l'activité moyenne enregistrée (en seconde d'activité cumulée moyenne par nuit) en fonction de l'écart avec le lever ou le coucher du soleil, du mois suivi et par groupe de vol (sur la base des données relevées en nacelle d'éolienne E1 en 2023).....	34
Figure 9 : Grille de hiérarchisation EXEN du niveau d'activité relevé par les Batcorders utilisés en hauteur (en secondes d'activité par nuit)	17	Figure 24 : Calendrier du suivi de la mortalité en 2023.....	36
Figure 10 : Schéma des différents types de vols des chauves-souris.....	19	Figure 25 : Schéma représentatif du transect de prospection théorique	37
Figure 11 : Exemple de recouvrements dans les signaux de plusieurs espèces (En haut : le groupe des Fréquences Modulées Aplanie >30KHz, en bas : le groupe des « Sérotules »).....	20	Figure 26 : Carte 1 de l'orientation des périmètres de prospection et des surfaces prospectées lors du suivi de la mortalité sous les éoliennes de Ids-Saint-Roch en 2023.....	38
Figure 12 : Liste des espèces de chiroptères par ordre d'émission décroissante, avec distances de détection et coefficient de détectabilité selon qu'elles évoluent en milieu ouvert ou en sous-bois (Barataud, 2015)	21	Figure 27 : Carte 2 de l'orientation des périmètres de prospection et des surfaces prospectées lors du suivi de la mortalité sous les éoliennes de Ids-Saint-Roch en 2023.....	39
Figure 13 : Analyse comparative des capacités de détection des principaux enregistreurs à ultrasons, selon la distance, l'angle d'émission et les différentes plages de fréquences ultrasonores (Adams & al. 2012).....	22	Figure 28 : Clichés des principaux critères utilisés pour la détermination des chauves-souris	40
Figure 14 : Tableau recensant l'ensemble des espèces contactées au cours du suivi en continu en 2023 (en blanc sont représentées les espèces dont la détermination reste incertaine, en gris les espèces contactées avec certitude).....	23	Figure 29 : Cliché d'exemple d'enfouissement d'une Pipistrelle de Kuhl (Pipistrellus kuhlii) par un couple de Nécrophore chasseur (Nicrophorus investigator), sous un autre parc	41
Figure 15 : Proportion d'activité par groupe d'espèces relevée au niveau du point d'enregistrement en continu sur l'éolienne E1 (En haut détail par espèces, en bas par groupes de vol)	24	Figure 30 : Clichés des peluches utilisées pour la réalisation des tests de détection (sur un autre site)....	42

Figure 31 : Clichés témoignant de la difficulté de perception des peluches dispersées (sur un autre site)42	Figure 51 : Photographie du cadavre d'Alouette des champs (adulte) retrouvé le 11 mai 2023 sous l'éolienne E1.....55
Figure 32 : Grille de calcul pour la définition du risque d'occurrence de la mortalité (Sensibilité*Nombre de mortalité brutes)..... 45	Figure 52 : Photographie du cadavre d'Alouette lulu retrouvée sous l'éolienne E6 le 11 septembre 202355
Figure 33 : Grille de calcul pour la définition du niveau d'impact théorique (Patrimonialité*Risque d'occurrence)..... 45	Figure 53 : Photographie du cadavre de Canard Colvert décapité découvert le 11 mai 2023 sous l'éolienne E355
Figure 34 : Tableau récapitulatif des proportions (%) de chaque niveau de difficulté de prospection parmi les secteurs prospectables et de la mortalité constatée pour chaque visite (en fin de tableau : moyenne des proportions de chaque niveau de difficulté de prospection sur la période de suivi et nombre total de chauves-souris retrouvées)..... 46	Figure 54 : Photographie du Faucon crécerelle retrouvé le 25 octobre 2023 sous l'éolienne E4.....56
Figure 35 : Tableau des résultats des tests de découverte et calcul du coefficient de détection d 47	Figure 55 : Photographie du cadavre de Merle noir retrouvé le 4 avril 2023 sous l'éolienne E1.....56
Figure 36 : Tableau des résultats des tests de persistance ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance..... 47	Figure 56 : Photographie du cadavre de Roitelet à triple bandeau découvert le 4 avril 2023 sous l'éolienne E456
Figure 37 : Proportion de chaque intervalle de visites et définition de l'intervalle pondéré (en jours) 47	Figure 57 : Cartes des données brutes de mortalité avifaunistique (2023).....57
Figure 38 : Schéma de calcul du « nombre de cadavres encore présents après « 1 jours » 48	Figure 58 : Tableau récapitulatif des proportions (%) de chaque niveau de difficulté de prospection parmi les secteurs prospectables et de la mortalité constatée pour chaque visite (en fin de tableau : moyenne des proportions de chaque niveau de difficulté de prospection sur la période de suivi et nombre total d'oiseaux retrouvés sous les éoliennes).....58
Figure 39 : Schéma des différents cercles concentriques utilisés pour le calcul du coefficient surfacique 48	Figure 59 : Tableau des résultats des tests de découverte et calcul du coefficient de détection d.....59
Figure 40 : Tableau détaillant les valeurs utilisées pour le calcul du coefficient surfacique a..... 49	Figure 60 : Tableau des résultats des tests de persistance ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance59
Figure 41 : Paramètres de calcul utilisés dans les équations 49	Figure 61 : Tableau détaillant les valeurs utilisées pour le calcul du coefficient surfacique a60
Figure 42 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2023..... 49	Figure 62 : Paramètres de calcul utilisés dans les équations60
Figure 43 : Paramètres à renseigner dans l'application « EolApp » 50	Figure 63 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 202360
Figure 44 : Sortie de l'application EolApp (IC : Intervalle de confiance) 50	Figure 64 : Paramètres à renseigner dans l'application « EolApp ».....61
Figure 45 : Bilan des mortalités relevées au sol en 2023 et répartition par éolienne.....51	Figure 65 : Sortie de l'application EolApp (IC : Intervalle de confiance) concernant uniquement les cadavres61
Figure 46 : Chronologie des découvertes d'oiseaux (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne en 2023 52	Figure 66 : Evaluation des niveaux d'impacts théoriques sur les chiroptères en 202363
Figure 47 : Tableau représentant les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux correspondant aux découvertes effectuées sous les éoliennes dans le cadre du suivi de la mortalité..... 53	Figure 67 : Evaluation des niveaux d'impacts théoriques sur l'avifaune en 2023.....65
Figure 48 : Répartition des découvertes par espèce d'oiseaux en 2023 53	Figure 68 : Pourcentage d'activité enregistré pour des vitesses de vent inférieures au seuil de régulation67
Figure 49 : Histogramme de la répartition des espèces découvertes par éolienne en 2023 53	Figure 69 : Pourcentage d'activité enregistré pour des températures supérieures au seuil de régulation67
Figure 50 : Répartition des découvertes d'oiseaux par espèce (effectifs constatés) à l'occasion du suivi mortalité au sol de 2023 54	

Figure 70 : Détail de l'activité cumulée relevée en dehors de conditions de bridage (à risque), lors de conditions de bridage (protégée), totale et pourcentage d'activité protégée, par groupe de vol (sur la base des données d'activité relevée en nacelle d'E1 en 2023) 68

Figure 71 : Activité cumulée relevée en condition de régulation, en fonction du tour-rotor d'E1 (sur la base des données d'activité relevée en nacelle d'E1 en 2023) 68

Figure 72 : Chronologie nocturne du fonctionnement de la régulation, sur l'éolienne E1 (extrait du rapport issu de Probat inspector (© OekoFor GbR ; <https://oekofor.shinyapps.io/probat-inspector/>) 69

Figure 73 : Cliché du spot lumineux présent au niveau de l'entrée à l'éolienne E1 de Ids-Saint-Roch 72

Figure 74 : Cliché des abords de l'éolienne E1 le 6 juillet 2023 (végétation haute)..... 73

Figure 75 : Cliché d'un nid localisé au-dessus de la porte d'accès de l'éolienne E4..... 73

Figure 76 : Planning prévisionnel des suivis environnementaux pour une année..... 74

1 OBJET

En 2021, la SAS Ferme éolienne de IDS a missionné le bureau d'études Ecosphère pour réaliser les suivis environnementaux réglementaires durant la première année d'exploitation du parc de Ids-Saint-Roch.

En 2022, la SAS Ferme éolienne de IDS a missionné la société EXEN, spécialisée dans l'étude de la faune sauvage et de ses rapports avec le développement éolien, pour réaliser un suivi environnemental post-implantation en 2022, afin de vérifier l'efficacité des mesures correctrices préconisées par Ecosphère pour cette seconde année d'exploitation. A l'issue du suivi, certaines problématiques de mortalité persistaient (notamment des noctules), nécessitant la révision des mesures correctives.

Pour s'assurer que la correction des mesures de réduction en 2022 soient efficaces pour diminuer l'impact du parc éolien de Ids-Saint-Roch sur la faune volante dès 2023, la SAS Ferme éolienne de IDS a de nouveau fait appel à la société EXEN pour effectuer un suivi de mortalité au sol et de l'activité chiroptérologique en nacelle en 2023.

L'objectif de ce troisième suivi post-implantation est donc de vérifier que les modifications du bridage nocturne des machines ont permis de réduire significativement la mortalité des noctules pour aboutir à un impact du parc éolien sur les chauves-souris non significatif.

Le présent document propose un bilan décomposé :

- des résultats du suivi de l'activité des chiroptères pour la campagne 2023 (entre mars et novembre),
- des résultats du suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris sous les éoliennes pour la campagne de 2023 (entre avril et octobre).

La synthèse des résultats de ces différentes missions doit permettre d'aboutir à une évaluation de l'efficacité des mesures mises en place, à une évaluation objective des impacts du parc éolien sur la faune volante et à la recherche de nouvelles mesures correctives, le cas échéant.

2 CONTEXTE

2.1 Situation du parc éolien

Le parc éolien de Ids-Saint-Roch est constitué de six éoliennes orientées dans un axe ouest-est. Les éoliennes sont de type Nordex N117 (puissance de 3 000 kW, diamètre de 116.8 m) et N131 (puissance de 3 000 kW, diamètre de 131 m). Le parc est situé sur la commune de Ids-Saint-Roch et de Touchay, dans le département du Cher (18). Sa mise en service date de juillet 2020.

Au niveau du parc et ses alentours, le paysage se caractérise par des milieux ouverts (culture ou prairie) bordés de haies bocagères et de secteurs boisés.

Figure 1 : Carte de localisation du parc éolien



2.2 Rappel des résultats des précédents suivis (2021-2022)

2.2.1 Suivi post-implantation en 2021

Un suivi post-implantation a été effectué par le bureau d'étude Ecosphère sur le parc éolien d'Ids-Saint-Roch en 2021. Les conclusions du rapport sont les suivantes :

« Au total, durant ce suivi 2021, 11 961 contacts de chauves-souris ont été enregistrés par le Batmode S+ au niveau de l'éolienne E1. Les espèces les plus contactées sont dans l'ordre la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle de Kuhl et la pipistrelle commune. Un nombre exceptionnel de contacts de Noctule commune a été recueilli durant l'année, avec un impressionnant pic au mois d'août. Les mois d'août et de septembre sont par ailleurs les plus largement fréquentés par l'ensemble des espèces de chiroptères. Les pipistrelles de Nathusius sont très peu représentées, avec seulement 0,33% des contacts totaux. [...] »

La mortalité constatée entre avril et octobre 2021 se compose ainsi de 34 individus :

- **12 oiseaux appartenant à 8 espèces** : 4 buses variables (sédentaires ou migratrices), 1 Epervier d'Europe (sédentaire ou migrateur), 1 Tourterelle des bois (sédentaire), 1 Martinet noir (migrateur), 2 Bruants proyers (sédentaires ou migrateurs), 1 Moineau domestique (sédentaire), 1 Gobemouche noir (migrateur) et 1 Rougegorge familier (migrateur probable) ;
- **22 chiroptères appartenant à 5 espèces** : 10 Pipistrelles communes (sédentaires), 2 Pipistrelle de Kuhl (sédentaires), 1 Pipistrelle de Nathusius (migratrice), 8 Noctules communes (sédentaires pour la plupart, possiblement quelques migratrices) et 1 Noctule de Leisler (statut indéterminé).

[...] Les résultats bruts de mortalité ont été corrigés selon 3 modèles statistiques (Erickson, Huso, Jones) à partir de nos calculs et de l'application « EolApp » développée par Besnard et Bernard (CEFE CNRS). Ils ont également été analysés à partir de l'application « GenEst », développée par Huso & Dalthorp (USGS). Les résultats obtenus avec cette seconde méthode ont été conservés car elle permet un ajustement plus fin aux conditions réelles de suivi. Ainsi, l'estimation de la mortalité réelle aboutit à des valeurs médianes de la mortalité d'environ **198 chiroptères (IC 80% : 104 – 276) et 85 oiseaux (IC 80% : 51 – 126) sur l'ensemble du suivi (avril-octobre). La mortalité est comprise entre 22 et 58 cadavres par éolienne, chauves-souris et oiseaux confondus.** Ces valeurs sont très importantes², d'autant plus avec un bridage (léger à moyen selon la période de l'année) en place.

[...] Le tableau ci-dessous résume les paramétrages de bridage mis en place courant 2021 et présente également les options mensuelles de brigade à appliquer à partir de 2022, en fonction du taux de protection à atteindre. Ce taux de protection à atteindre est un objectif qui permet une protection globale satisfaisante dont le niveau est proportionnel au niveau d'impact défini par mois. »

	Bridage en cours (2021)	Bridage à appliquer
Avril	Aucun bridage	4 m/s 8°C 9h30 après le coucher du soleil <i>Protection estimée : 60%, dont 66% de sérotules (soit 25 contacts, dont 25 sérotules)</i>
Mai	Aucun bridage	4,5 m/s 8°C 8h30 après le coucher du soleil <i>Protection estimée : 56%, dont 44% de sérotules (soit 24 contacts, dont 15 sérotules)</i>
Juin	Aucun bridage	3 m/s - Nuit complète (entre 8h et 8h30 après le coucher du soleil) <i>Protection estimée : 76%, dont 81% de sérotules (soit 246 contacts, dont 139 sérotules)</i>
Juillet	4 m/s 10°C 6h30 après le coucher du soleil <i>Protection estimée : 64%</i>	5,5 m/s 15°C Nuit complète (entre 8h et 9h après le coucher du soleil) <i>Protection estimée : 91%, dont 90% de sérotules (soit 462 contacts, dont 408 sérotules)</i>

² D'après la base de données interne d'Ecosphère, le niveau de mortalité de ce parc se situe parmi le quantile 80-100 des parcs étudiés. En d'autres termes, ce parc se situe dans les 20% des parcs avec le plus de mortalité corrigée pour les chiroptères comme pour les oiseaux.

2.2.2 Suivi post-implantation en 2022

Le suivi post-implantation de 2022 a été effectué par le bureau d'étude EXEN. Les conclusions du rapport sont les suivantes :

- **Mortalité avifaune**

Sur la période allant du 6 avril au 26 octobre 2022, **5 cadavres et 6 plumées** d'oiseaux furent retrouvés sous les éoliennes. Les cas de mortalité se répartissent de la façon suivante : 1 Alouette lulu (cadavre), **2 Buses variables** (cadavres), 1 Epervier d'Europe (cadavre), 1 Gobemouche noir (cadavre), 1 Pigeon ramier (1 plumée), 1 Faisan de Colchide et 2 Poules domestiques (plumées).

D'après les différentes méthodes de calcul (Erickson, Huso, Jones, application « EolApp »), nous obtenons un **taux de mortalité de l'ordre de 9 à 12 cas par éolienne et par an**, soit entre 54 et 72 mortalités par an pour le parc éolien d'Ids-Saint-Roch. **L'impact quantitatif est estimé à Faible à modéré par rapport à d'autres parcs éoliens et l'impact qualitatif varie de Faible à Faible à modéré, selon les espèces.**

Compte tenu des impacts relevés sur la Buse variable en 2021 et en 2022, il a été préconisé de mettre en place des systèmes vidéo et d'arrêt sur les éoliennes E1 et E4 du parc. Ces systèmes seront actifs :

- toute l'année pour prendre en compte la Buse variable pendant l'ensemble de leur cycle biologiques (en reproduction, hivernant et en migration) ainsi que les autres espèces de rapaces ;
- de l'aube (30 minutes avant le lever du soleil) à la tombée de la nuit (30 minutes après coucher du soleil).

- **Mortalité chiroptères**

Sur la même période, **4 cadavres** de chauves-souris furent retrouvés sous les éoliennes. Les cas de mortalité se répartissent de la façon suivante : **2 Noctules communes, 2 Noctules de Leisler.**

Avec les différents estimateurs de mortalité, nous aboutissons théoriquement à un résultat de l'ordre de **12 à 16 cas de mortalité par éolienne et par an**, soit entre 72 et 84 mortalités par an pour le parc éolien d'Ids-Saint-Roch.

Malgré une baisse de mortalité entre les deux années de suivi (2021-2022), celle-ci reste encore trop élevée du fait de la patrimonialité des espèces retrouvées (Noctule commune et Noctule de Leisler).

Ces cas de mortalité ne sont pas en rapport avec une mise en place défectueuse du bridage, mais avec un dimensionnement insuffisant de celui-ci. Afin d'éviter de nouvelles mortalités sur ces périodes, les conditions de bridages peuvent être adaptées sur la base de l'activité chiroptérologique en hauteur relevée sur la nacelle de l'éolienne E1, en 2022.

Il a été conseillé de modifier le pattern de régulation sur les mois de juin, de juillet et d'octobre. Les modifications proposées vont se porter sur le seuil de vitesse de vent (pour le mois de juin et celui de juillet) et les horaires de fonctionnement (uniquement pour octobre).

En 2023, le pattern de régulation devra se traduire par un arrêt automatique des éoliennes lorsque les conditions suivantes seront réunies :

- **Du 01 avril au 30 avril :**
 - Vitesse de **vent inférieure ou égale à 4 m/s** (à hauteur de moyeu) et,
 - Pour des **températures supérieures ou égales à 8°C** (à hauteur de moyeu) et,
 - Du **coucher du soleil à 1h avant le lever du soleil** (en tenant compte de l'éphéméride) et,
 - En l'absence de précipitation notable (pluie d'une durée > 15 min et précipitations > 5 mm/h),

- **Du 01 mai au 31 mai :**
 - Pour des vitesses de **vent inférieures ou égales à 4,5 m/s**,
 - Pour des **températures supérieures ou égales à 8°C**,
 - Du **coucher du soleil à 1h avant le lever du soleil** (en tenant compte de l'éphéméride) et,
 - En l'absence de précipitation notable (pluie d'une durée > 15 min et précipitations > 5 mm/h),

- **Du 01 juin au 30 juin :**
 - Pour des vitesses de **vent inférieures ou égales à 5 m/s**,
 - Du **coucher du soleil au lever du soleil** (en tenant compte de l'éphéméride) et,
 - En l'absence de précipitation notable (pluie d'une durée > 15 min et précipitations > 5 mm/h),

- **Du 01 juillet au 31 juillet :**
 - Pour des vitesses de **vent inférieures ou égales à 6 m/s**,
 - Pour des **températures supérieures ou égales à 15°C**,
 - Du **coucher du soleil au lever du soleil** (en tenant compte de l'éphéméride) et,
 - En l'absence de précipitation notable (pluie d'une durée > 15 min et précipitations > 5 mm/h),

- **Du 01 août au 31 août :**
 - Pour des vitesses de **vent inférieures ou égales à 6 m/s**,
 - Pour des **températures supérieures ou égales à 12°C**,
 - Du **coucher du soleil au lever du soleil** (en tenant compte de l'éphéméride) et,
 - En l'absence de précipitation notable (pluie d'une durée > 15 min et précipitations > 5 mm/h),

- **Du 01 septembre au 30 septembre :**
 - Pour des vitesses de **vent inférieures ou égales à 6,5 m/s**,
 - Pour des **températures supérieures ou égales à 12°C**,
 - Du **coucher du soleil au lever du soleil** (en tenant compte de l'éphéméride) et,

- En l'absence de précipitation notable (pluie d'une durée > 15 min et précipitations > 5 mm/h),

- **Du 01 octobre au 31 octobre :**
 - Pour des vitesses de **vent inférieures ou égales à 5,5 m/s**,
 - Pour des **températures supérieures ou égales à 10°C**,
 - Du **coucher du soleil au lever du soleil** (en tenant compte de l'éphéméride) et,
 - En l'absence de précipitations notables (pluie > 15 min et précipitations > 5mm/h).

Pour vérifier l'efficacité de ces mesures, un suivi de la mortalité au sol couplé à un suivi d'activité en nacelle ont été préconisés en 2023, entre début avril et fin octobre.

3 SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES EN NACELLE D'EOLIENNE

3.1 Méthodologie

3.1.1 Suivi automatisé en continu (passif) : généralités

La seule méthode pertinente à ce jour permettant une analyse croisée des mortalités et de l'activité des chiroptères est celle basée sur un suivi en continu de cette activité bioacoustique sur plusieurs mois, et à hauteur des nacelles. L'activité chiroptérologique est en effet toujours très hétérogène dans le temps (selon les saisons, d'une nuit à l'autre, et au sein d'une même nuit), ce qui implique d'éviter tout échantillonnage de suivi par périodes, par mois ou par nuits. Seul un suivi en continu sur le long terme (au moins sur la même période retenue pour le suivi de la mortalité) peut permettre d'apprécier une évolution fine de cette activité. C'est d'autant plus important que l'expérience montre (BEUCHER & KELM 2012) que certains pics d'activité parfois très importants et très ponctuels correspondent à certains pics de mortalités.

L'activité des chauves-souris est également très différente sur un gradient altitudinal (selon les types d'espèces, leurs comportements de chasse, la structure de végétation, les conditions météorologiques, les effets d'aérologie...). Si on cherche à percevoir un rapport de cause à effet entre activité et mortalité, il s'agira donc de chercher à suivre l'activité des chauves-souris au plus proche du secteur de risque, c'est-à-dire à hauteur du rotor des éoliennes.

Au-delà de la prise en compte des biais d'échantillonnage temporel ou altitudinal, reste la question de l'échantillonnage géographique. L'activité des chauves-souris s'organise aussi en fonction de la configuration du site, des types de milieux, des corridors de lisières, du contexte topographique et des phénomènes d'aérologie... et donc plus largement des fonctionnalités des différents secteurs pour les chiroptères.

3.1.2 Suivi passif depuis la nacelle de l'éolienne E1

3.1.2.1 Choix de l'éolienne équipée

Le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (MTES, 2018) précise qu'au minimum un point d'écoute pour 8 éoliennes doit être réalisé pour suivre l'activité chiroptérologique en nacelle. Le cahier des charges de consultation prévoyait la mise en œuvre d'un seul point d'enregistrement pour les 6 éoliennes que compte le parc de Ids-Saint-Roch, ce qui est conforme au protocole actuellement en vigueur.

L'éolienne choisie en 2023 pour l'installation d'un Batcorder fut l'éolienne E1 (soit la même qu'en 2022, dans une logique de comparaison interannuelle).

3.1.2.2 Type d'enregistreur acoustique utilisé

Pour suivre l'activité des chauves-souris en parallèle de la mortalité, un détecteur / enregistreur d'ultrasons de type *Batcorder* (1.0) a été utilisé. Au-delà de la qualité du matériel et des enregistrements acoustiques, ce type de matériel présente en effet différents modules et paramétrages possibles selon la destination du boîtier, et bénéficie dans tous les cas, de capacités d'autonomie pour des suivis en continu et de contrôles à distance très avantageuses par rapport aux autres systèmes aujourd'hui sur le marché.

Les paramètres utilisés au niveau des modules *Batcorders* autonomes sont les suivants :

- Qualité : 20
- Sensibilité : 27 db
- Déclenchement (et posttrigger) : 0 à 800 ms
- Plage de fréquences enregistrées : 14 kHz – 150 kHz
- Heure de déclenchement et de veille : 18h-8h (en heure locale)

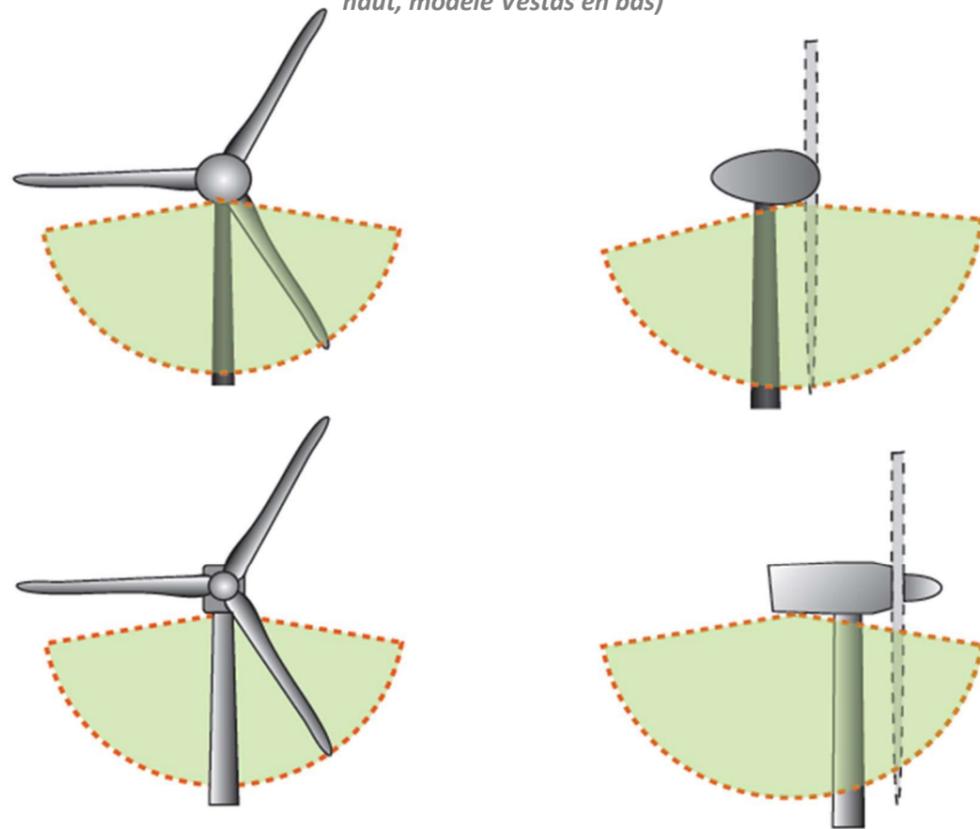
Au niveau de l'éolienne E1, il s'agissait de caractériser l'activité des chauves-souris dans ou à proximité de la zone de rotor de l'éolienne (principalement dans un demi-espace inférieur). Un module spécial éoliennes (WKA) est proposé par la société *ecoObs* comprenant :

- une alimentation en 220 V sur éolienne,
- une batterie de secours,
- un boîtier GSM permettant un contrôle à distance quotidiennement (envoi automatisé de SMS),
- un micro multidirectionnel adapté à la structure de nacelles en fibre de verre (micro disk qui traverse la paroi de la nacelle),
- un système d'accroche interne et d'antivibrations,
- un paramétrage particulier limitant la détection de bruits parasites machines de basse fréquence.

Figure 2 : Cliché d'exemple d'installation de *Batcorder* en nacelle avec micro à travers la paroi de la nacelle



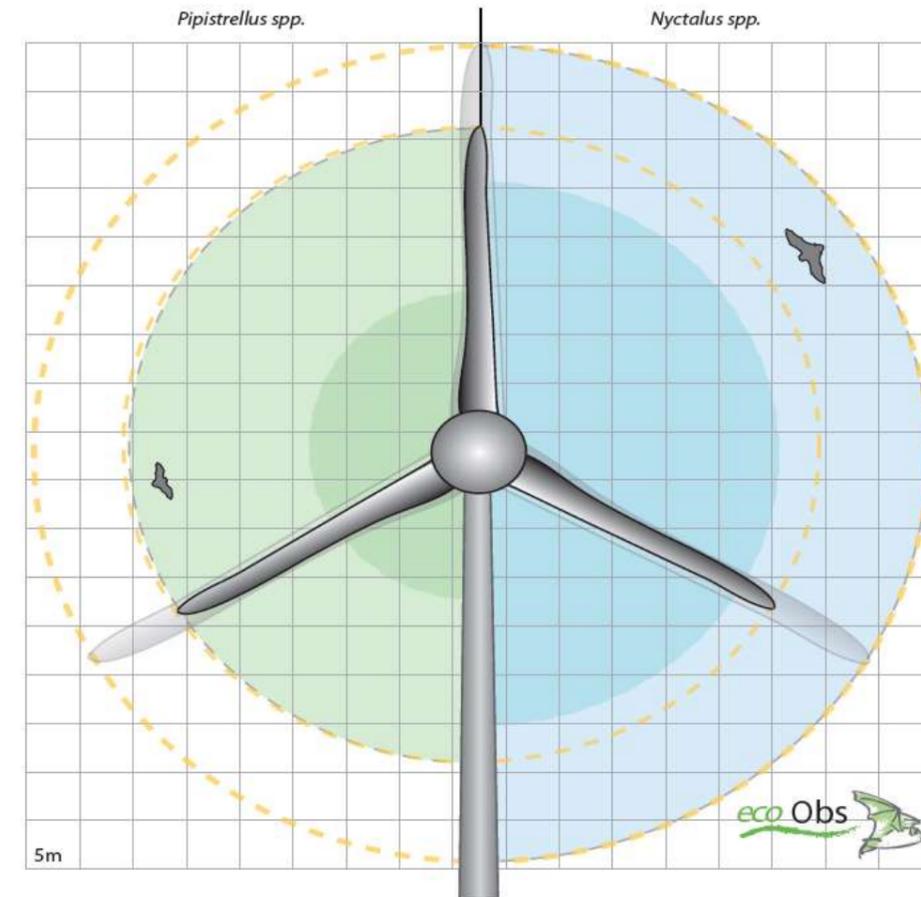
Figure 3 : Zone de couverture acoustique des Batcorders sous les nacelles d'éoliennes (modèle Enercon E72 en haut, modèle Vestas en bas)



L'efficacité des Batcorders placés sur nacelles d'éolienne a pu être testée au cours de plusieurs études pilote menées en Allemagne (ADOMEIT et al. 2009). Les tests ont été réalisés par comparaison des résultats de suivis optiques (stéréoscope à deux caméras infrarouges) et de suivis acoustiques (Batacorders). L'expérimentation a notamment montré que 83% des chiroptères qui rentrent dans le champ de rotation des éoliennes sont détectés par la méthode acoustique. Ces capteurs paraissent donc particulièrement adaptés à la caractérisation de l'activité des chiroptères autour des éoliennes. Il est évident que ces chiffres ne prennent pas en compte les biais liés à l'orientation du micro et aux obstacles acoustiques par rapport à la structure de la nacelle. Le ciblage du suivi vers la partie basse du rotor s'explique par le fait qu'il s'agit logiquement de la partie la plus meutrière du rotor (concernant à la fois des espèces de haut vol et des espèces de lisières ou de vols moins hauts selon le modèle d'éolienne). Ces chiffres ne distinguent pas non plus les variations de portées de détection selon les espèces (grandes espèces à grande portée d'émission et petites espèces à faible portée d'émission). Mais ils permettent de montrer la pertinence de la méthode. Ils permettent également de considérer que les résultats d'activité enregistrés seront sous-évalués d'environ 17% par rapport à la réalité.

Le schéma suivant propose une représentation des notions de distance de détection des ultrasons par l'enregistreur en nacelle selon les principales familles d'espèces concernées.

Figure 4 : Distances de détection (min et max) pour des signaux de pipistrelles et noctules (20 et 40 KHz de fréquences)



3.1.2.3 Plage de suivi

Le Batcorder fut installé du 23 mars au 22 novembre 2023. Le suivi en continu a donc permis de couvrir la période printanière, la période estivale, la période automnale et une partie de la période hivernale en 2023, sur une éolienne du parc de Ids-Saint-Roch. Aucun problème technique n'a été relevé. Ainsi, 244 nuits efficaces ont été suivies, représentant 3 416 heures d'enregistrement.

Cela représente un total de 7 155 données ultrasonores à analyser dont 6 767 correspondent à des contacts de chiroptères, les autres enregistrements provenant de parasites acoustiques (notamment liés à l'éolienne elle-même, ou pour tester l'efficacité du micro du Batcorder).

Le tableau ci-dessous fait la synthèse de ces éléments :

Figure 5 : Synthèse de la plage de fonctionnement du Batcorder installé en éolienne E1 et nombre d'enregistrements relevés

Emplacement du Batcorder (version 1.0)	Date d'intervention	Type d'intervention	Nombre total de séquences enregistrées	Nombre de séquences enregistrées correspondant à des chiroptères
Nacelle d'E1	23/03/2023	Installation	7 155	6 767
	22/11/2023	Désinstallation		

Figure 6 : Localisation de l'éolienne du parc de Ids-Saint-Roch et de l'emplacement du Batcorder (cadre orange)

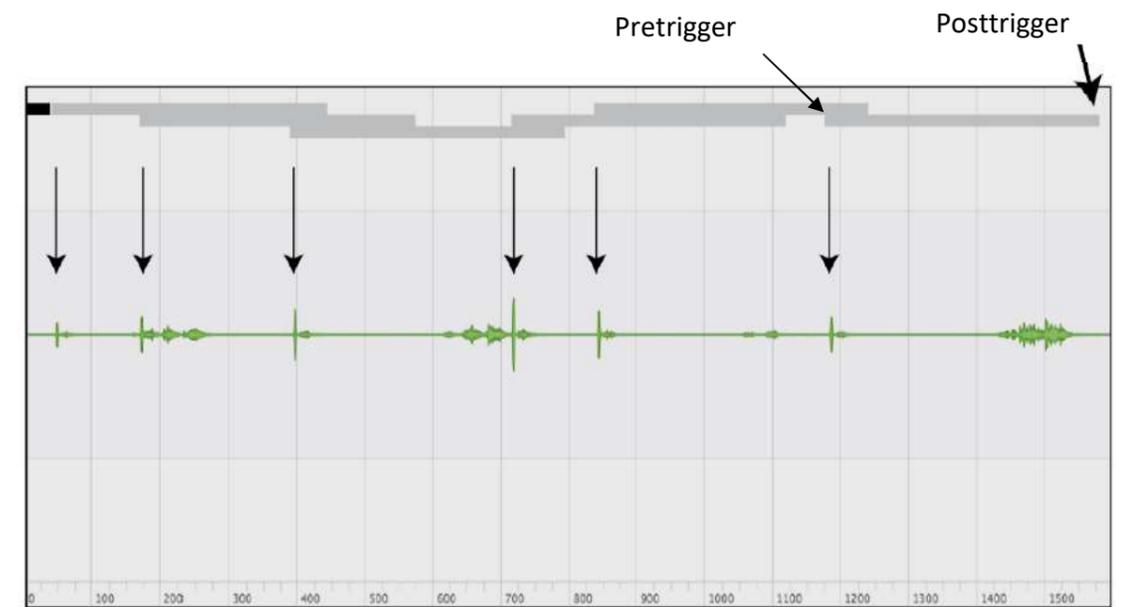


3.1.3 Traitement des données et évaluation de l'activité

Un autre intérêt du système Batcorder réside aussi dans la facilité d'analyse des données, ce qui est particulièrement appréciable pour des plages d'enregistrements de plusieurs dizaines de milliers de séquences lorsque c'est le cas. Les séquences sonores des chauves-souris ont été enregistrées et sauvegardées numériquement sur une carte SDHC. Ces enregistrements sont ensuite gérés et traités par les logiciels *bcAdmin* et *batIdent*. Les espèces sont déterminées par comparaison statistique des ultrasons enregistrés avec les références d'une large sonotèque d'espèces du Paléarctique occidental. Le logiciel libre « R » est l'outil d'interface statistique utilisé à cet égard. Dans un premier temps, si l'analyse automatique ne permet pas de déterminer l'espèce pour tous les contacts, un classement des enregistrements est proposé par groupes d'espèces en fonction de la typologie des signaux. L'analyse manuelle (identification ou vérification) de l'ensemble des sons est réalisée par la suite, très facilement grâce aux nombreuses fonctions du logiciel *bcAnalyze*. L'ensemble des outils proposés par EcoObs prennent régulièrement en compte l'évolution de la connaissance sur l'écologie acoustique des chiroptères en Europe et notamment en France.

Le Batcorder enregistre des séquences pour chaque contact de chiroptère. Mais comme tout enregistreur automatique, selon la récurrence des signaux, ils peuvent être amenés à décomposer le passage d'un individu sur plusieurs séquences, notamment lorsque la récurrence est faible (l'intervalle de temps entre chaque signal émis est important). Il s'agit alors de veiller à ne pas considérer ces différentes séquences comme plusieurs passages distincts, mais bien comme celui d'un individu émettant des signaux espacés dans le temps. C'est notamment important à prendre en compte pour valoriser des notions de rythme (régularité des intervalles entre signaux successifs), ou d'alternance (alternance de la structure des signaux entre Quasi-Fréquence Constante (QFC) / Fréquence modulée aplanie (Fmap)), notions souvent essentielles pour faciliter la distinction de certaines espèces. La configuration du matériel peut donc permettre de limiter ce biais. Il s'agit notamment de faire le choix d'une valeur importante du paramètre « post-trigger », qui se définit comme le temps maximal suivant un signal ultrason à partir duquel l'enregistreur stoppe l'enregistrement si aucun autre nouvel ultrason n'est perçu. Le schéma suivant caractérise ce paramètre, configuré ici pour une valeur de 400 ms.

Figure 7 : Schéma caractérisant le paramètre « post-trigger » (ici configuré sur 400 ms)



Pour comparer l'activité mesurée entre plusieurs sites, il est donc important de garder les mêmes valeurs de paramètres pour chaque enregistreur et tout au long du suivi annuel.

La comparaison fine des niveaux d'activité entre plusieurs types de matériels est toutefois délicate au vu de la diversité des types d'enregistreurs disponibles sur le marché (Batacorder, SM2 bat, EM3, Batlogger, Anabat...), avec des caractéristiques techniques et possibilités de paramétrages tout aussi diversifiées, sans compter les biais d'étalonnage des micros. Ce constat a déjà fait l'objet de débats au niveau national (Rencontres nationales de la SFEPM de Bourges de 2012). Certaines méthodes de simplification de l'analyse telles que la « Minute positive » sont proposées pour rendre plus homogène la perception des niveaux d'activité perçus par les différents matériels. Mais, si statistiquement ce type de méthode permet de rendre plus objective la comparaison de niveau d'activité entre les différents outils disponibles, elle engendre une perte importante d'information parfois essentielle pour caractériser un risque dans le cadre d'un projet éolien. En effet, elle lisse considérablement les courbes chronologiques d'activité des chauves-souris et perd l'information d'une activité à plusieurs individus en simultanée. Or, pour des espèces patrimoniales et potentiellement sensibles à l'éolien qui ont l'habitude d'évoluer parfois en groupes (Molosse de Cestoni, Vespère de Savi...), ce type de détails est important à noter. Dans ce cas précis, les rushes ponctuels de transit de minioptères de Schreibers ne pourraient être perçus avec ce type d'analyse. Finalement, pour permettre l'analyse critique la plus objective et limiter l'influence du paramétrage (post-trigger notamment), il nous semble évident de baser plutôt l'analyse de l'activité sur la durée des séquences plutôt que sur leur nombre. L'activité mesurée par le Batacorder sera donc exprimée en durée de contacts cumulée par unité de temps (par exemple : 2,3 secondes d'activité d'une espèce par heure ou par nuit).

3.1.4 Référentiel de niveau d'activité

L'appréciation des niveaux d'activité est basée sur un référentiel issu du retour d'expérience EXEN à partir de nombreux autres sites suivis dans les mêmes conditions depuis 2009 avec le Batcorder et le même protocole d'étude.

Pour ce référentiel, au niveau du sol, le seuil de 300 secondes d'activité cumulée par nuit représente une valeur moyenne. À titre d'information, les niveaux d'activité nocturne les plus forts relevés à ce jour sont de l'ordre de plus de 10 000 secondes d'activité sur une nuit, pour un secteur de chasse plurispécifique (zone humide) ayant été fréquenté presque toute la nuit en continu par plusieurs individus.

Figure 8 : Référentiel EXEN de niveau d'activité pour une nuit mesurée par un Batcorder au sol (en secondes d'activité cumulée/ nuit)

Niveau d'activité	Secondes d'activité par nuit
Très faible	0 - 50
Faible	50 - 100
Faible à modéré	100 - 200
Modéré	200 - 300
Modéré à fort	300 - 500
Fort	500 - 1000
Très fort	>> 1000

Pour l'activité en hauteur (en nacelle d'éolienne), l'appréciation des niveaux a été construit de la même manière, mais les niveaux d'activité nocturnes sont bien plus faibles en général.

Figure 9 : Grille de hiérarchisation EXEN du niveau d'activité relevé par les Batcorders utilisés en hauteur (en secondes d'activité par nuit)

Niveau d'activité	Secondes d'activité par nuit
Très faible	0 - 2,5
Faible	2,5 - 5
Faible à modéré	5 - 10
Modéré	10 - 50
Modéré à fort	50 - 100
Fort	100 - 200
Très fort	>> 200

3.1.5 Utilisation de l'espace par les chauves-souris et typologie des modes de vol

Au sein du taxon des chiroptères, les espèces présentent des types de vols variés selon leurs comportements (alimentaire, social, migratoire...), leur statut biologique (migration, parturition...), les opportunités alimentaires, la position des proies, les conditions météorologiques (essaimage d'insectes, effets d'aérodynamique, effet paravent des lisières...).

De façon générale, on distinguera (cf. Figure 10) :

- Une **activité de chauves-souris proche du sol**. Toutes les espèces peuvent voler bas, au moins ponctuellement (en chasse ou pour s'abreuver),
- Une **activité de chauves-souris en plein ciel**. Seule une partie du cortège d'espèce est amenée à voler haut (et notamment à hauteur de rotor d'éolienne ou au-delà), soit ponctuellement (en phase migratoire, ou selon les conditions et opportunités alimentaires), soit régulièrement (espèces de haut-vol). Les modalités de détermination des espèces sont présentées dans l'Annexe 2.

Six groupes d'espèces peuvent être ainsi dissociés selon leurs types de vols. Il s'agit :

- **Du groupe des espèces de lisière** qui comprend l'ensemble des pipistrelles, la Sérotine commune et les Oreillard sp. Ce groupe d'espèces évolue généralement à de faibles hauteurs de vol (moins de 50 m) en suivant les éléments structurants du paysage (lisières de boisement, haies, chemins...), et en s'appuyant sur ces corridors linéaires comme supports d'écholocation. Ce groupe d'espèces est toutefois capable de se « déconnecter » ponctuellement de ces corridors de déplacement et voler ainsi plus en hauteur, voire en plein ciel, notamment pour exploiter des opportunités alimentaires. Ce serait notamment le cas lors de poursuites en altitude d'essaimage d'insectes lors de conditions particulières (phénomènes d'aérodynamique au moment des phénomènes de reproduction des insectes-proies),
- **Du groupe des espèces de haut-vol en période de migration/transit**, qui comprend la Pipistrelle de Nathusius et le Minioptère de Schreibers. Ces deux espèces semblent présenter un comportement similaire aux autres pipistrelles lors de leurs vols réguliers de chasse (espèces de lisière). Mais en phases de transits migratoires (printemps et automne), elles peuvent être amenées à prendre de l'altitude pour s'affranchir des contraintes de relief et de végétation,
- **Du groupe des espèces de haut-vol**, qui vole donc généralement en plein ciel, et qui comprend l'ensemble des noctules (Noctule de Leisler, Noctule commune et Grande noctule), le Vespère de Savi, le Molosse de Cestoni et la Sérotine bicolore. Ces espèces utilisent des secteurs plus

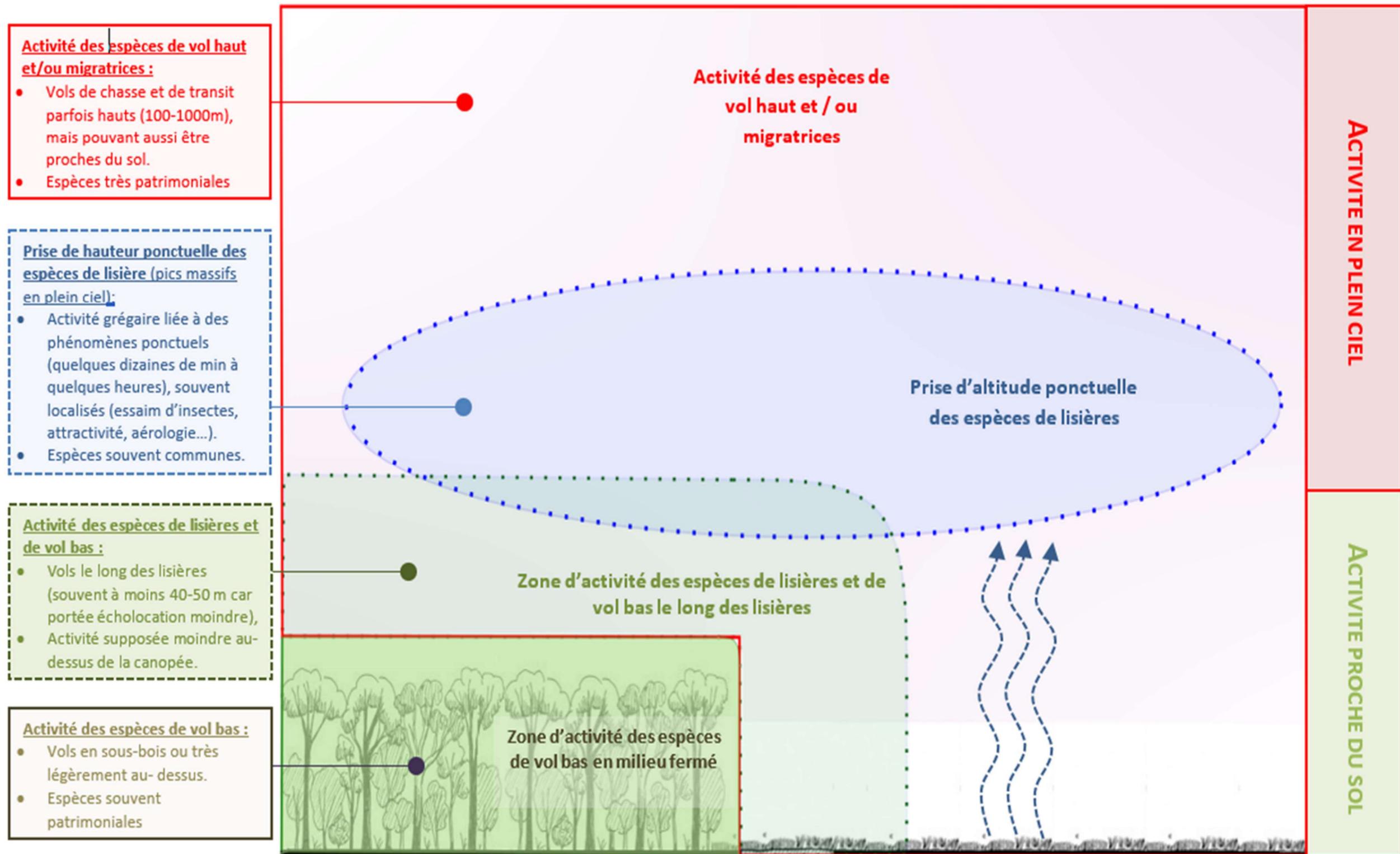
ouverts et évoluent régulièrement en plein ciel tout au long de leur phase d'activité (en chasse, lors de comportements sociaux ou en phases de transits migratoires),

- **Du groupe des espèces de vol bas** qui comprend la Barbastelle d'Europe, les rhinolophidés et le groupe des Murins sp. Il s'agit d'espèces surtout liées aux milieux fermés (forestiers) voire de lisière, mais dont les caractéristiques de vol ne les entraînent que très rarement à des hauteurs importantes.

Les caractéristiques bioacoustiques des chauves-souris sont très liées aux comportements de vols et à l'environnement des individus (évolution des types et fréquences des signaux ultrasonores selon les milieux plus ou moins encombrés). Ils sont donc aussi très dépendants des comportements de vols plus ou moins en hauteur. Au regard de ces éléments et compte tenu des possibilités de recouvrements acoustiques limitant la détermination jusqu'à l'espèce, des groupes intermédiaires sont donc distingués des groupes précédents. Il s'agit :

- **Du groupe des espèces de vol haut ou de lisière**, qui comprend le groupe des « Nyctaloid ou des Nycmi (regroupement de la Sérotine commune, Noctule commune et Noctule de Leisler) » qui peuvent correspondre soit à la Sérotine commune (espèce de lisière) soit à des noctules ou à la Sérotine bicolore (espèces de vol haut), et le groupe « Ptief » correspondant soit à la Pipistrelle de Kuhl (espèce de lisière), soit au Vespère de Savi (espèce de vol haut),
- **Du groupe des espèces de vol haut en migration/transit ou de lisière**, qui comprend le groupe des Pmid correspondant soit à la Pipistrelle de Nathusius (espèce de vol haut en migration/transit), soit à la Pipistrelle de Kuhl (espèce de lisière) ou encore le groupe des Phoch (Pipistrelle commune, Pipistrelle pygmée ou Minioptère de Schreibers).

Figure 10 : Schéma des différents types de vols des chauves-souris



3.2 Limites de la méthodologie

Les limites évoquées ci-après sont communes à l'ensemble des expertises chiroptérologiques reposant sur des méthodes et outils d'analyse ultrasonore des chiroptères.

3.2.1 Suivi passif (Batcorder depuis la nacelle)

Si le suivi passif permet une appréciation de l'évolution de l'activité des chauves-souris dans le temps, cette perception de l'activité reste localisée dans l'espace aux distances de perception de chaque enregistreur (selon les espèces : entre 5m et 200m).

Théoriquement, on considère qu'un Batcorder placé à hauteur de nacelle peut très bien enregistrer des sons d'individus volant à quelques mètres du sol s'il s'agit d'espèces à grande portée d'émission (Noctules notamment, qui peuvent émettre à plus de 100 m). Et inversement, un Batcorder au sol (ou en canopée) peut enregistrer des passages d'individus évoluant à haute altitude.

Avec une position à hauteur de moyeu, on peut penser que cette hauteur permet globalement de s'affranchir des risques de contacts de pipistrelles évoluant proches du sol ou le long des lisières (portée d'écholocation de l'ordre de 30 à 40 m). Cela permet théoriquement de distinguer une activité de lisières sous les éoliennes d'une activité de plein ciel. Autrement dit, pour les pipistrelles, les contacts enregistrés au niveau du Batcorder devraient plutôt témoigner d'une activité de prise d'altitude, comportement révélateur d'une situation particulière (conditions climatiques, phénomène d'aérodynamique, émergence d'insectes...) et qu'il est particulièrement important à prendre en compte pour quantifier les risques ponctuels vis-à-vis d'un projet éolien ou d'un parc éolien en exploitation.

Enfin, la qualité, l'usure et le calibrage des micros interviennent aussi sur la quantité d'enregistrements réalisés par les Batcorders. Pour limiter ce biais, l'ensemble des micros du parc de Batcorder du bureau d'étude EXEN est renvoyé chaque hiver au constructeur EcoObs pour un test et un recalibrage.

3.2.2 Difficultés d'identification acoustique de certaines espèces

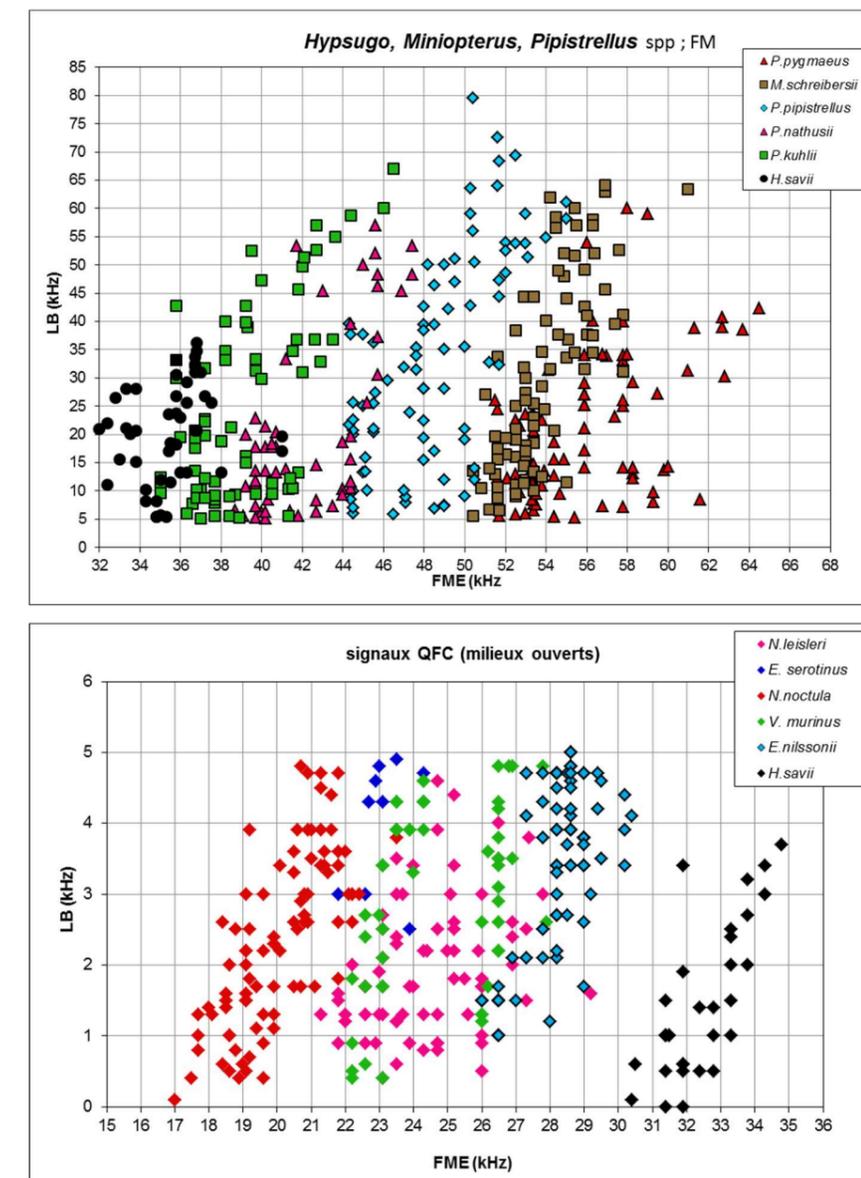
L'identification acoustique des chiroptères est une science encore en évolution et qui bénéficie d'avancées récurrentes ces dernières années. La plupart des espèces peuvent être déterminées précisément.

Toutefois, il faut reconnaître que certaines d'entre elles émettent des ultrasons à des fréquences très proches, et aux caractéristiques acoustiques comparables dans certaines conditions. C'est par exemple le cas des difficultés de différenciation entre *Myotis myotis* et *Myotis blythii* (Barataud, 2015). C'est aussi souvent le cas de certains petits murins, où l'analyse ne peut se faire bien souvent qu'à l'oreille (caractéristiques acoustiques non décelables sur sonogramme), ce qui implique un niveau d'expertise supplémentaire de la part du chiroptérologue.

Dans le cadre d'un parc éolien, ce biais de distinction acoustique de certaines espèces est peu pénalisant, car la plupart des difficultés concerne des petites espèces à faible hauteur de vol et donc assez peu concernées par les risques de mortalité au niveau des rotors. Aussi, lorsque des données de ce type d'espèces apparaissent dans les bases enregistrées sur le long terme, leur relative rareté permet d'y porter une attention particulière. Certaines séquences, notamment les myotis, ne sont pas toujours déterminées jusqu'au niveau de l'espèce.

Ci-dessous, sont représentés deux exemples de recouvrements dans les mesures des signaux pour des espèces telles que les « Sérotules » (sérotines et noctules) ou même des espèces plus communes comme les « Pipistrelles ».

Figure 11 : Exemple de recouvrements dans les signaux de plusieurs espèces (En haut : le groupe des Fréquences Modulées Aplanie >30KHz, en bas : le groupe des « Sérotules »)



3.2.3 Une détection divergente selon les espèces

La détection des chiroptères n'est pas uniformément efficace pour toutes les espèces. Certaines espèces dont les signaux sont courts et dans les hautes fréquences (les « petits » murins) sont beaucoup moins bien détectées que des espèces dont les signaux sont longs et dans les basses fréquences (les noctules) qui peuvent être détectées à plus de 100m. Pour remédier à ce problème, nous appliquons un coefficient de détectabilité présenté au niveau de la figure suivante. Mais ce coefficient ne peut s'appliquer que si l'espèce a été contactée au moins une fois. Avec ce coefficient, on va donc corriger une partie de ce biais, mais on ne l'élimine pas complètement. Par conséquent, comme nous l'avons vu précédemment, les espèces non contactées ne sont pas forcément absentes du site. Il est possible qu'elles n'aient tout simplement pas été détectées. Toutefois, avec l'échantillon de visites et surtout le nombre de données issu des enregistrements en continu sur le long terme, si une espèce réellement présente sur le site n'est pas détectée, c'est que son activité n'est pas importante localement.

Figure 12 : Liste des espèces de chiroptères par ordre d'émission décroissante, avec distances de détection et coefficient de détectabilité selon qu'elles évoluent en milieu ouvert ou en sous-bois (Barataud, 2015)

Milieu ouvert ou semi-ouvert				Sous-bois			
Intensité d'émission	Espèces	Distance de détection (m)	Coefficient de détectabilité	Intensité d'émission	Espèces	Distance de détection (m)	Coefficient de détectabilité
Très faible à faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5,00	Très faible à faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5,00
	<i>Rhinolophus ferr./eur./meh.</i>	10	2,50		<i>Plecotus spp.</i>	5	5,00
	<i>Myotis emarginatus</i>	10	2,50		<i>Myotis emarginatus</i>	8	3,13
	<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,50		<i>Myotis nattereri</i>	8	3,13
	<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,50		<i>Rhinolophus ferr./eur./meh.</i>	10	2,50
	<i>Myotis brandtii</i>	10	2,50		<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,50
	<i>Myotis daubentonii</i>	15	1,67		<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,50
	<i>Myotis nattereri</i>	15	1,67		<i>Myotis brandtii</i>	10	2,50
	<i>Myotis bechsteinii</i>	15	1,67		<i>Myotis daubentonii</i>	10	2,50
Moyenne	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67	Moyenne	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67
	<i>Myotis blythii</i>	20	1,25		<i>Myotis blythii</i>	15	1,67
	<i>Myotis myotis</i>	20	1,25		<i>Myotis myotis</i>	15	1,67
	<i>Plecotus spp.</i>	20	1,25		<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	20	1,25
	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	25	1,00		<i>Miniopterus schreibersii</i>	20	1,25
	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1,00		<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1,00
	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1,00		<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1,00
	<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1,00		<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1,00
Forte	<i>Miniopterus schreibersii</i>	30	0,83	Forte	<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1,00
	<i>Hypsugo savii</i>	40	0,63		<i>Hypsugo savii</i>	30	0,83
Très forte	<i>Eptesicus serotinus</i>	40	0,63	Très forte	<i>Eptesicus serotinus</i>	30	0,83
	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50		<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50
	<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,50		<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,50
	<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,50		<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,50
	<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31		<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31
	<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25		<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25
	<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17		<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17
<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17		

3.2.4 Autres limites de détection acoustique

Les inventaires acoustiques ne prétendent jamais à réaliser une vision exhaustive de l'activité des chiroptères sur un site d'étude. Au-delà des limites de détection acoustiques évoquées précédemment liées à l'émission ultrasonore des espèces elles-mêmes (portée d'émission divergente, direction de la source d'émission...), il faut aussi reconnaître des limites de détection liées à un ensemble d'autres facteurs comme :

- La présence d'**obstacles acoustiques** entre la source ultrasonore et le micro. Pour l'enregistreur placé au niveau de l'éolienne, nous avons vu que la configuration de la nacelle et la position du micro permettent de percevoir un angle de détection plus ou moins variable.
- La présence possible de **parasites acoustiques** comme ceux liés à l'activité d'orthoptères (criquets, sauterelles) plus ou moins actifs selon les périodes de l'année et les sites et qui peuvent limiter la perception d'éventuels signaux de chiroptères émis aux mêmes bandes de fréquences. Ici, il s'agit surtout de parasites liés aux éoliennes elles-mêmes.
- Les **facteurs climatiques** qui jouent non seulement sur l'activité des chiroptères, mais aussi sur les capacités de détection (parasitages acoustiques par l'ambiance ultrasonore générée par un vent fort ou la présence de pluie...).

Enfin, du côté de la réception du signal ultrasonore et de son analyse, le **type de matériel de détection ultrasonore** utilisé présente une diversité d'autres biais méthodologiques dont chaque utilisateur doit avoir conscience pour l'interprétation des résultats. On peut évoquer :

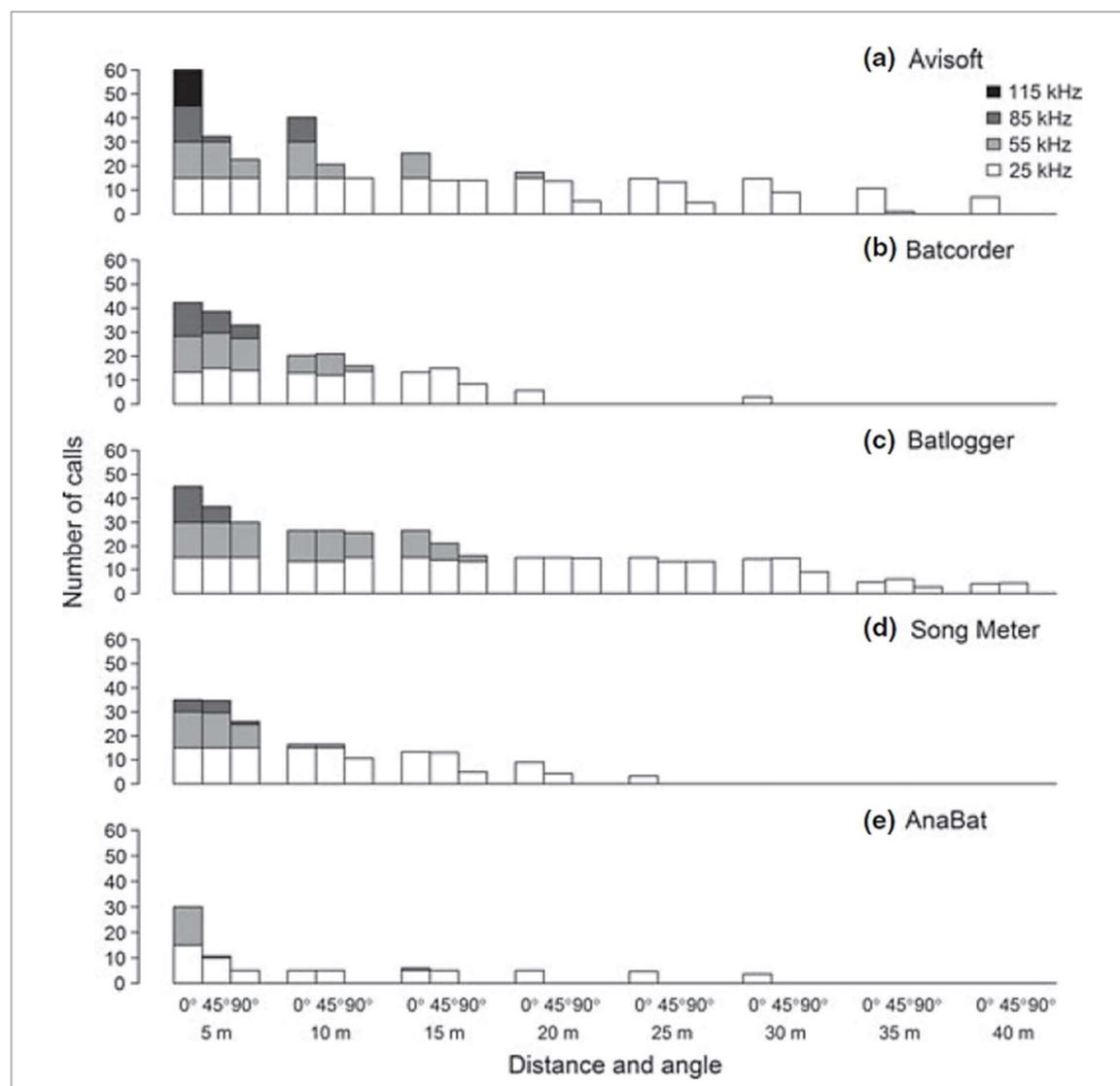
- Les limites liées à la qualité et à la fréquence de recalibrage des micros,
- Leur volume de détection (cône de détection) et à leur caractère directionnel ou multidirectionnel,
- Les paramétrages retenus (filtres des basses ou hautes fréquences, durée d'enregistrement depuis le déclenchement),
- Les limites d'analyse des données automatiques ou manuelles (selon la qualité des enregistrements, la facilité de réaliser des mesures précises, la possibilité de les réécouter ou non en expansion de temps ou en hétérodyne...).

En bref, il s'agit là de tout un éventail de biais qui fait qu'aucun matériel d'enregistrement ultrasonore et aucune approche uniquement acoustique ne peut garantir une appréciation absolue de l'activité chiroptérologique d'un site dans sa globalité. Aussi pour que l'approche scientifique soit rigoureuse, il s'agit d'avoir toujours conscience de ces biais pour fonder sa propre interprétation des résultats.

En ce qui concerne plus particulièrement le Batcorder, **c'est en parfaite conscience de ses limites que nous avons décidé de choisir ce matériel**. Les diverses études comparatives qui ont testé l'efficacité de détection ultrasonore des différents enregistreurs automatiques disponibles sur le marché (Batacorder, SM2, SM3, Avisoft, Batlogger, Anabat, Petterson...) montrent que tous les produits ne restituent qu'une vision partielle plus ou moins importante de l'activité ultrasonore émise dans leur entourage. La figure suivante (ADAMS, 2012) montre que le Batcorder présente une capacité de détection à distance théoriquement globalement moins bonne que celle du Batlogger ou des systèmes Avisoft. Mais ces deux

produits présentent des contraintes techniques très importantes pour des suivis sur le long terme (ULDRY V., 2013), nécessitant des opérations de maintenance régulières et une difficulté majeure à la perception de problèmes à distance.

Figure 13 : Analyse comparative des capacités de détection des principaux enregistreurs à ultrasons, selon la distance, l'angle d'émission et les différentes plages de fréquences ultrasonores (Adams & al. 2012)



Comparé aux autres produits concurrents (SM2, Anabat), le Batcorder présente des résultats de détection comparables voire meilleurs, avec toutefois l'avantage d'une autonomie plus importante vis-à-vis des suivis en continu depuis des points difficiles d'accès (faible consommation énergétique, panneau solaire de petite taille, pré-tri des sons à la source limitant des contraintes de mémoire liée aux parasites, autoévaluation de l'efficacité de détection quotidienne, envoi quotidien de SMS pour informer du bon déroulement du suivi...). Ainsi, dans la plupart des cas, un module Batcorder autonome peut fonctionner sur 8 mois d'affilée depuis un mât de mesure, le haut d'un arbre ou une nacelle d'éolienne presque sans aucune intervention humaine.

3.3 Résultats des suivis d'activité chiroptérologique en nacelle (E1)

3.3.1 Cortège d'espèces

Rappelons que le suivi passif de l'activité ultrasonore des chiroptères fut basé sur le fonctionnement d'un enregistreur automatique à ultrasons en nacelle d'éolienne E1. La position de l'enregistreur permet de mieux percevoir l'activité des chiroptères qui concerne directement le rotor de l'éolienne équipée. **La plage de suivi s'est étendue sur 8 mois, entre le 23 mars et le 22 novembre 2023.**

Le tableau de la page suivante synthétise le cortège d'espèces détecté à partir de l'enregistreur automatique placé en nacelle de l'éolienne E1. **5 espèces de chauves-souris ont été déterminées avec certitude et 6 autres font l'objet de détermination non discriminante.** Pour le groupe d'espèces des oreillards, il peut s'agir soit de signaux d'Oreillard gris, soit de signaux d'Oreillard roux ; les deux espèces sont probables dans le secteur (contrairement à l'Oreillard montagnard).

L'Annexe 1 page 78 précise les abréviations employées pour désigner les espèces ou groupes d'espèces contactées au niveau des figures suivantes. L'Annexe 2 page 79 rappelle les modalités de détermination des espèces ou groupes d'espèces relevés.

Le tableau ci-dessous précise aussi les statuts de protection et de conservation de ces différentes espèces et leurs statuts liés au PNA Chiroptères. **La Noctule commune** et la **Noctule de Leisler** (espèces identifiées avec certitude) sont celles qui présentent une valeur patrimoniale la plus importante (**Modérée à forte**). 3 autres espèces ont une patrimonialité **modérée** : la **Pipistrelle commune**, la **Pipistrelle de Nathusius** (espèces contactées avec certitude) et la **Sérotine commune** (espèce potentielle). Les autres espèces contactées de façon certaine ou potentielle ne sont pas considérées comme menacées (classées en préoccupation mineure), leur patrimonialité est plus faible.

En 2022, 2 espèces supplémentaires avaient été contactées (très ponctuellement) : la Grande noctule et la Pipistrelle pygmée. Les autres espèces inventoriées plus régulièrement sur le site ont à nouveau été contactées en 2023.

Figure 14 : Tableau recensant l'ensemble des espèces contactées au cours du suivi en continu en 2023 (en blanc sont représentées les espèces dont la détermination reste incertaine, en gris les espèces contactées avec certitude)

Espèce	Nom scientifique	Abréviation	Protec. Fr.	Protec. U.E.	Conv Berne	Espèce prioritaire du Plan National d'Action chiroptères 2016-2025	Espèce PNA à forte pression liée à l'éolien (PNA 2016-2025)	Tendance évolutive (PNA 2016-2025)	Liste rouge UICN (Mondiale)	Liste rouge UICN (Europe)	Liste rouge nationale (Nov 2017)	Centre-Val de Loire (2013)	Valeur patrimoniale
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Nnoc	P	H4	2	oui	oui	?	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Vulnérable	Quasi menacé	Modéré à fort
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Nlei	P	H4	2	oui	oui	-	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Quasi menacé	Modéré à fort
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	Paus	P	H4	2			?	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Preoc. Mineure	Très faible
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>	Paur	P	H4	2			?	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Données insuffisantes	Faible
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Ppip	P	H4	2	oui	oui	-	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Preoc. Mineure	Modéré
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pkuh	P	H4	2			+	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Preoc. Mineure	Très faible
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Pnat	P	H4	2	oui	oui	?	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Quasi menacé	Modéré
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Vmur	P	H4	2			?	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Données insuffisantes		Faible à modéré
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Eser	P	H4	2	oui	oui	-	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Preoc. Mineure	Modéré
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Enil	P	H4	2	oui	oui	?	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Données insuffisantes		Faible à modéré
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Hsav	P	H4	2			?	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Données insuffisantes	Faible

3.3.2 Proportion d'espèces ou de groupes d'espèces

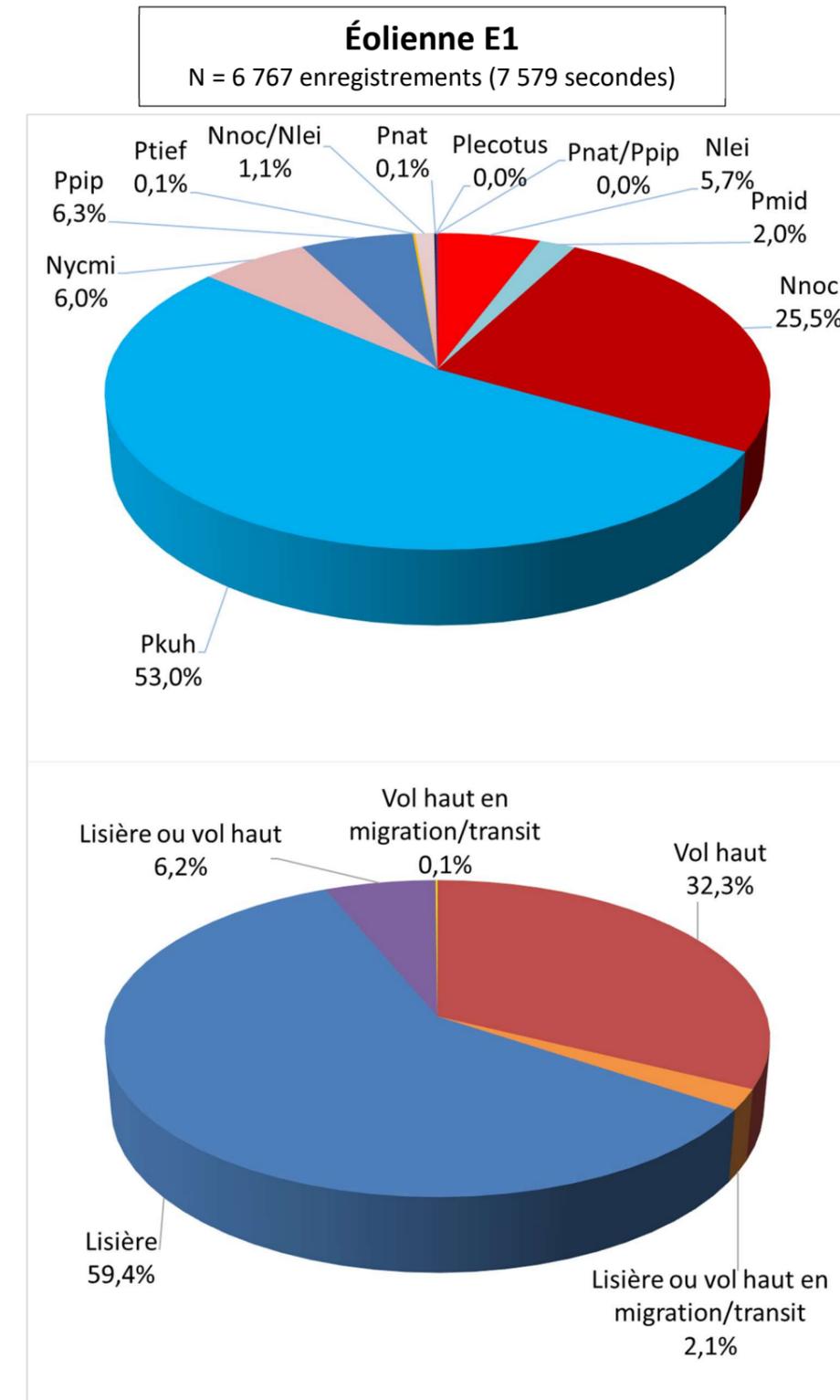
Les graphiques ci-contre détaillent la proportion d'activité relevée en fonction des espèces et groupes d'espèces (graphiques du haut) et des groupes de vol (graphiques du bas), dans l'activité totale relevée en hauteur en nacelle de l'éolienne E1. **Rappelons toutefois qu'il s'agit ici d'une approche des proportions d'activité spécifique par rapport à l'activité totale.**

En nacelle d'éolienne E1, l'espèce la plus contactée est la **Pipistrelle de Kuhl** qui représente 53% de l'activité totale. La **Noctule commune** est ensuite l'espèce la plus contactée après la Pipistrelle de Kuhl, avec 25,5% de l'activité totale. Les contacts notés en Nycmi (sérotules) et en Nnoc/Nlei sont aussi susceptibles de correspondre à l'activité de la **Noctule commune** (ou à de la Noctule de Leisler).

En termes de comportement de vol, le groupe des espèces de lisières est le plus représenté en hauteur avec 59,4% de l'activité totale, pouvant augmenter à 65,6% (en tenant compte des contacts Lisière ou Vol haut). Les espèces de haut vol sont moins représentées, avec 32,3%, mais pouvant aussi augmenter à 38,5% (en tenant compte des contacts Lisière ou Vol haut qui correspondent très probablement à des contacts d'espèces de vol haut).

En 2022, la moitié des contacts relevés correspondait à de la Pipistrelle commune (49%). La Pipistrelle de Kuhl représentait 21% de l'activité totale, la Noctule commune 15% et la Noctule de Leisler 5%. Les autres espèces étaient contactées dans une moindre proportion. Finalement, les résultats diffèrent surtout pour les pipistrelles (communes et de Kuhl) dont les proportions ont varié entre les 2 années de suivi.

Figure 15 : Proportion d'activité par groupe d'espèces relevée au niveau du point d'enregistrement en continu sur l'éolienne E1 (En haut détail par espèces, en bas par groupes de vol)



3.3.3 Évolution saisonnière de l'activité par espèce (ou groupe d'espèces)

La continuité représente la régularité de présence de l'espèce (ou du groupe d'espèces) sur le site tout au long de la période de suivi. Cette perception repose sur l'analyse de données recueillies sur l'enregistreur en continu. Le tableau de la page suivante synthétise cette notion sur l'ensemble du suivi en continu en hauteur (en nacelle d'éolienne E1). Les notions de niveaux d'activité sont aussi représentées au niveau des tableaux, mais elles ne sont pas l'objet principal de ce type d'analyse. Ainsi, une espèce pourra par exemple fréquenter le site d'étude très régulièrement (continuité importante), mais présenter une faible activité.

Ce tableau montre que plusieurs **espèces** sont contactées très régulièrement tout au long de la période d'activité en nacelles d'éolienne E1. Il s'agit de la **Pipistrelle commune**, de la **Pipistrelle de Kuhl**, de la **Noctule commune** et de la **Noctule de Leisler** (comme en 2022).

En ce qui concerne les espèces de lisière, et notamment la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl, elles sont contactées régulièrement de mi-avril à mi-octobre. En tenant compte des contacts identifiés en Ptief (Pipistrelle de Kuhl ou Vespère de Savi) et en Pmid (Pipistrelle de Kuhl ou Pipistrelle de Nathusius), correspondant probablement à la Pipistrelle de Kuhl, sa présence en hauteur pourrait être plus régulière encore. Quant aux oreillard, ils sont relevés en hauteur uniquement début septembre.

En ce qui concerne les espèces de haut vol, la Noctule commune et la Noctule de Leisler sont toutes les deux contactées très régulièrement : de mi-avril à fin septembre pour la commune, et de mi-avril à fin octobre pour la Leisler. En tenant compte des contacts de Nnoc/Nlei (Noctule commune ou Noctule de Leisler) et des contacts d'espèces de lisière ou vol haut (sérotules pouvant correspondre à des contacts de noctules), leur présence serait bien plus régulière en hauteur.

Pour les **espèces de vol haut en migration/transit**, la présence de la Pipistrelle de Nathusius en hauteur a été discriminée avec certitude uniquement à la mi-avril et début août, ce qui pourrait correspondre à des contacts liés à sa migration. Les autres contacts sont en recouvrement avec d'autres espèces (Pipistrelle commune et Pipistrelle de Kuhl) fin avril/début mai et entre juin et fin octobre. L'espèce pourrait alors fréquenter davantage le site, mais à ce stade, il est difficile de préciser si elle utilise le site (en hauteur) uniquement lors de ses déplacements migratoires ou non.

Concernant les espèces à vol bas, comme les rhinolophes, les murins et la Barbastelle d'Europe, elles sont absentes en hauteur, du fait de leur hauteur de vol basse, comparé à d'autres espèces.

Figure 16 : Tableau de continuité de présence de chaque espèce (ou groupe d'espèces) au cours du suivi en continu en 2023, basée sur les données enregistrées en nacelle d'éolienne E1 (en sec d'activité moyenne sur 15 jours) (Mars-2 : seconde quinzaine du mois de mars ; les couleurs sont arbitraires mais les couleurs foncées représentent un niveau d'activité plus important)

Espèce ou groupe d'espèce	Période de transit/migration				Période de mise-bas et d'élevage des jeunes						Période de transit/migration et de swarming						
	Mars-2	Avril-1	Avril-2	Mai-1	Mai-2	Juin-1	Juin-2	Juil-1	Juil-2	Aout-1	Aout-2	Sept-1	Sept-2	Oct-1	Oct-2	Nov-1	Nov-2
<u>Lisière</u>			15,6	9,2	12,4	127,3	62,9	10,0	2,6	18,1	5,7	24,0	7,0	2,4	0,9		
Pkuh			9,5	4,4	12,4	124,1	60,8	8,4	2,1	9,7	5,0	22,7	5,2	1,5	0,9		
Ppip			6,1	4,7		3,2	2,1	1,7	0,5	8,4	0,7	1,0	1,8	1,0			
Plecotus												0,2					
<u>Lisière ou vol haut</u>			0,8	0,1		0,2	1,1	3,8	1,1	8,8	7,5	4,3	2,1	0,7	0,0		
Nycmi			0,8	0,1		0,2	1,1	3,8	1,1	8,5	7,5	4,3	1,8	0,7	0,0		
Ptief										0,4			0,3				
<u>Lisière ou vol haut en migration/transit</u>			0,9	0,2			3,2	0,5	0,4	0,4	1,5	2,9	0,1	0,3			
Pmid			0,9				3,2	0,5	0,4	0,4	1,5	2,9	0,1	0,3			
Pnat/Ppip				0,2													
<u>Vol haut</u>			2,7	0,0	1,9	4,2	15,3	21,4	5,4	46,4	41,6	17,7	1,2	1,8	0,1		
Nlei			0,7		1,8	2,2	10,3	1,3	0,1	3,6	4,1	2,0	0,6	1,8	0,1		
Nnoc			2,0	0,0	0,1	1,5	4,9	20,1	5,1	41,9	35,2	14,8	0,3				
Nnoc/Nlei						0,4	0,1		0,1	0,9	2,4	0,9	0,3				
<u>Vol haut en migration/transit</u>			0,3							0,2							
Pnat			0,3							0,2							
Total général			20,2	9,5	14,3	131,6	82,5	35,8	9,4	74,0	56,4	48,9	10,4	5,2	1,0		

Légende (en sec d'activité moyenne sur 15 jours) :					
0 à 2,5	2,5 à 10	10 à 20	20 à 30	30 à 100	> 100

3.3.4 Chronologie de l'activité au niveau de la nacelle d'éolienne E1

Les graphiques des pages suivantes synthétisent la chronologie de l'activité relevée par le Batcorder à hauteur de nacelle (E1), au cours de la période de suivi allant du 23 mars au 22 novembre 2023. Les résultats sont décomposés par espèce ou groupe d'espèces. L'analyse synthétique de ce type d'histogramme est délicate dans la mesure où elle peut se faire selon diverses approches complémentaires :

- par une approche large des principales périodes d'activités (par semaine ou mois) ou bien au contraire par une approche plus fine des pics ponctuels d'activité (nocturnes ou horaires) ;
- par corrélation avec différents paramètres d'influences possibles (conditions météo, ressources alimentaires, cycle biologique des espèces...).

Le profil de ces graphiques témoigne bien de la très forte hétérogénéité de l'activité des chauves-souris d'une nuit à l'autre, et donc de l'importance marquée des conditions météorologiques et de la phénologie des espèces pour faire évoluer cette activité. Cela justifie le suivi en continu de l'activité des chauves-souris sur plusieurs mois vis-à-vis de ce cumul de facteurs d'influence. Il est possible d'observer des périodes où l'activité est très faible et la nuit suivante un gros pic d'activité peut être relevé. Ces pics d'activité sont souvent ponctuels dans le temps (quelques minutes ou quelques heures seulement).

Les niveaux d'activité présentés dans les graphiques suivant se basent sur la grille de hiérarchisation de l'activité chiroptérologique, basée sur l'expérience EXEN (cf. 3.1.4 Référentiel de niveau d'activité page 17).

L'activité mesurée en hauteur au niveau de l'éolienne E1 peut être qualifiée de **modérée à forte** en moyenne sur la période suivie.

L'activité printanière (jusqu'à mi-mai), estivale (de mi-mai à mi-août), automnale (à partir de mi-août) et hivernale (à partir de novembre) sont très hétérogènes au cours du temps. Tout au long de la période de suivi, l'activité oscille entre un niveau d'activité très faible voire nulle (de mars à mi-avril et de mi-octobre à novembre essentiellement) et des niveaux d'activité plus importants (entre juin et septembre).

- **Période printanière (début mars à mi-mai)**

En début de printemps, les chauves-souris sortent de leur léthargie et reconstituent leurs réserves énergétiques avant de gagner leurs gîtes de transition. C'est aussi à cette période que les femelles déclenchent la fécondation.

En nacelle d'éolienne E1, les premiers contacts sont relevés la nuit du 25 avril. Il s'agit de contacts de Noctule de Leisler, Pipistrelle de Kuhl, Pipistrelle commune et sérotules (Nycmi). Aucune activité n'est relevée en nacelle entre le début du suivi (23 mars) et ces premiers contacts. Par la suite, l'activité des chauves-souris reste relativement faible et est hétérogène. 2 nuits d'activité de niveau fort ont été relevés à cette période alors que le niveau d'activité général est faible. Ce constat peut être mis en lien avec les conditions météorologiques encore rudes au niveau du parc, à cette période de l'année (vents moyens de 6,1 m/s la nuit, températures moyennes de 11°C).

- **Période estivale (mi-mai à mi-août)**

En été, les femelles s'installent dans des gîtes de mise-bas et élèvent leur petit. C'est aussi à cette période de l'année que l'activité en hauteur est généralement plus marquée, parfois sous forme de pics, notamment liée à des comportements de chasse.

Dans le cas présent, l'activité chiroptérologique est effectivement plus récurrente, mais elle reste toujours très hétérogène, avec une nuit d'activité de niveau très fort (le 10 juillet), et la nuit suivante, une activité très faible par exemple. Les conditions météorologiques relevées en hauteur sont favorables pour les chiroptères (vents moyens de 5,5 m/s, température moyenne de 19,1°C), ce qui peut expliquer ce constat.

En termes de cortège d'espèces, les espèces de lisières sont contactées plutôt en début de période (en juin), tandis que l'activité des espèces de vol haut sont contactées plus régulièrement sur toute la période.

- **Zoom sur la nuit de pic d'activité du 03 juin 2023**

D'après le référentiel EXEN, le pic d'activité du 03 juin est d'un niveau très fort (1143 secondes d'activité, soit environ 15% de l'activité totale). Celui-ci se caractérise par une activité importante de Pipistrelle de Kuhl. Quelques contacts de Pipistrelle commune ont été relevés en moindre mesure. Durant ce pic, l'activité a été relevée par des vitesses de vent variant entre 2 et 5,5 m/s et par des températures moyennes de 18°C, soit des conditions météo favorables pour les chiroptères. Il s'est exprimé entre 02h et 04h, mais la majorité de l'activité a été relevée à 03h (pic brutal et massif pendant 1h).

- **Période automnale (mi-août à début novembre)**

A la fin de l'été, les chauves-souris reconstituent leurs réserves pour l'hiver, ce qui se traduit par une activité de chasse intensive. C'est aussi la période de rassemblement des individus pour s'accoupler au niveau des sites de swarming, puis, de déplacements saisonniers ou migrations (selon les espèces) pour gagner leurs gîtes d'hiver. Cette phase de leur cycle biologique est donc à la fois caractérisée par une activité de chasse importante, mais aussi par des comportements sociaux (pariade et migration).

A hauteur de nacelle d'E1, l'activité des chauves-souris est aussi récurrente qu'en été et reste toujours très hétérogène. L'activité des espèces de vol haut (comme les noctules) est régulière sur toute la période alors qu'elle est plus ponctuelle (sous forme de pics) pour les espèces de lisière.

A partir de la mi-octobre, l'activité s'amenuise, ce qui peut être mis en lien avec des conditions météorologiques moins favorables (vents plus importants, températures plus fraîches).

- **Période hivernale (début novembre à fin février)**

En début d'hiver, les chauves-souris ont gagné leur gîte d'hibernation. La diminution de la température et l'absence d'insectes induisent une diminution de l'activité de chasse de ces mammifères volants, puis un profond sommeil.

En nacelle d'éolienne E1, les chauves-souris ont été actives uniquement durant deux nuits : le 11 et le 15 novembre. Il s'agit de contacts de Pipistrelle commune relevés par vents de 2 m/s et une température de 10,7°C pour la nuit du 11 novembre, et de contacts de Noctule commune relevés par vents de 2,8 m/s et une température de 12,6°C pour la nuit du 15 novembre. Ces contacts ont été enregistrés par des conditions météo plutôt favorables à cette époque de l'année. Les chauves-souris ont donc pu profiter d'un léger redoux pour aller chasser. Pour la Noctule commune (espèce migratrice) il peut aussi s'agir de contacts liés à un déplacement migratoire. Le suivi s'arrêtant le 22 novembre et ayant commencé le 23 mars, la période hivernale n'est pas vraiment bien représentée ici. Mais il s'agit de toute façon d'une période d'activité très réduite pour les chiroptères, compte tenu de leur cycle biologique.

En comparaison avec les résultats du suivi d'activité en nacelle enregistrés en 2022, ceux de 2023 confirment la fréquentation régulière du parc éolien par les noctules entre mi-juin et mi-septembre essentiellement. Ils confirment aussi la problématique de pics d'activité des pipistrelles en hauteur à la belle saison. Les profils sont très comparables entre 2022 et 2023.

Figure 17 : Graphique de la chronologie de l'activité (en secondes d'activité cumulée par nuit) par espèce ou groupe d'espèces relevés en nacelle d'éolienne E1

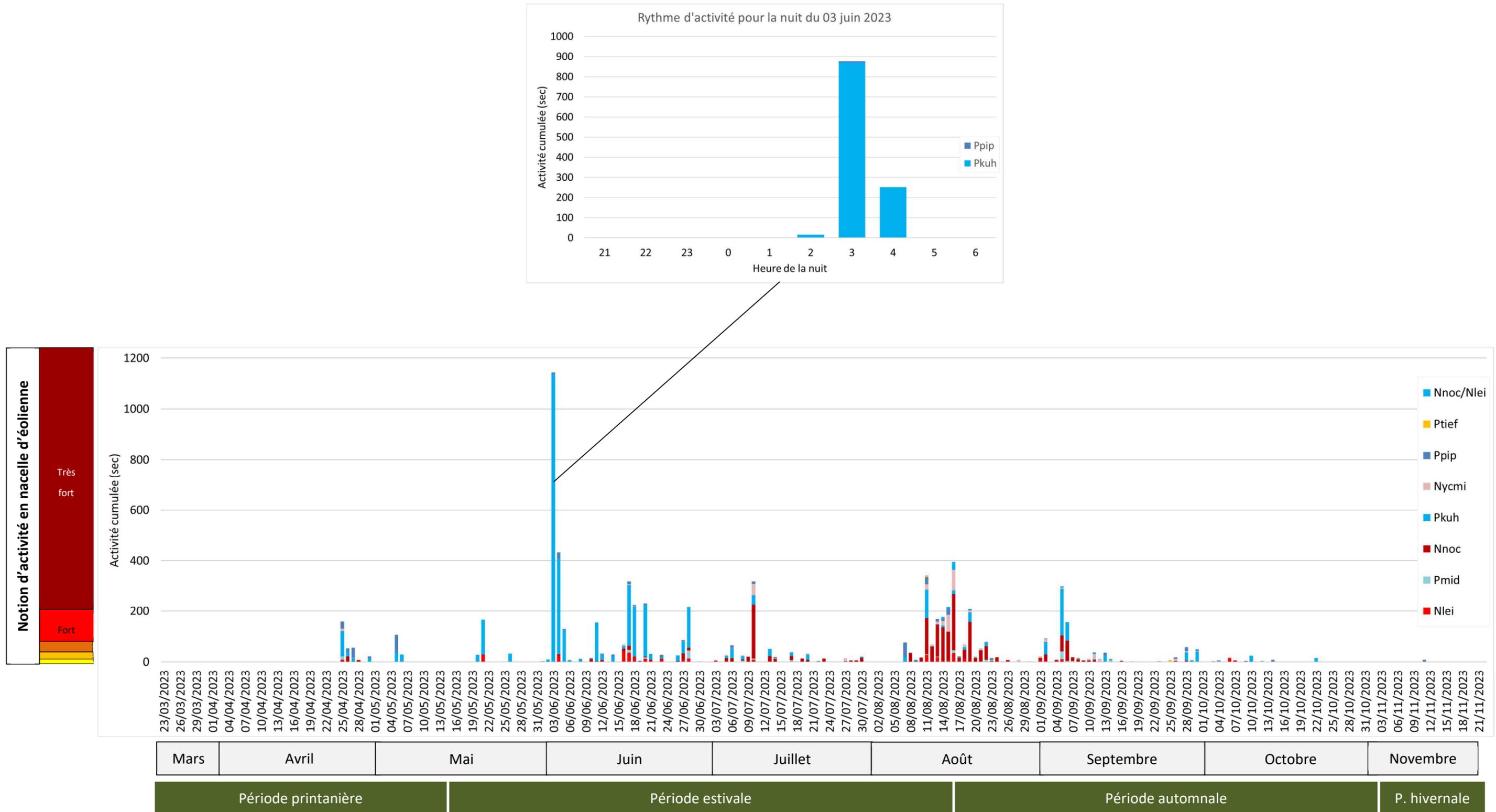
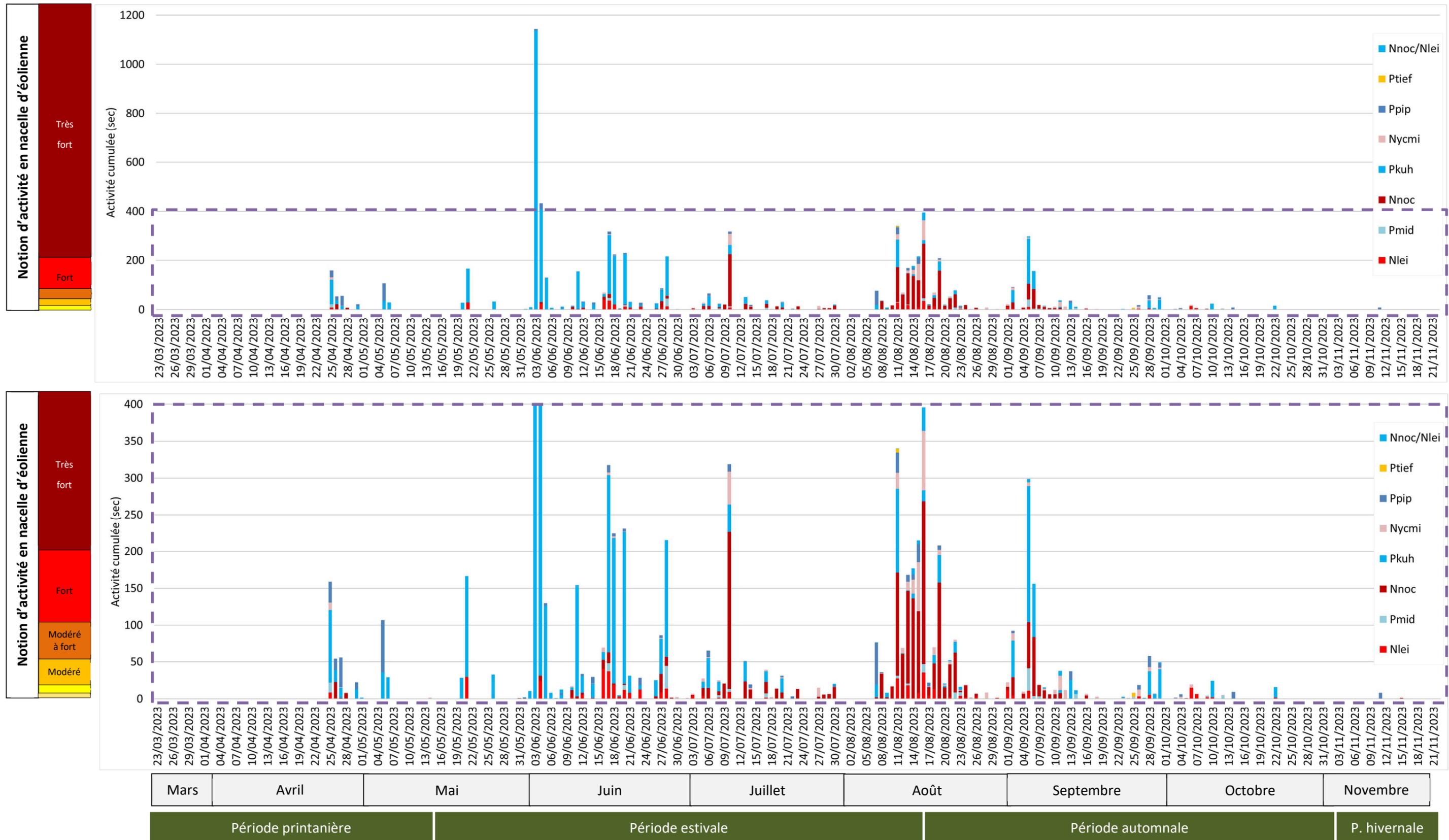


Figure 18 : Zoom sur la chronologie de l'activité par espèce ou groupe d'espèces relevés en nacelle d'éolienne E1, avec adaptation de l'axe des ordonnées



3.3.5 Influence des conditions météorologiques

3.3.5.1 Influence de la vitesse du vent

Le principal paramètre avancé à ce jour comme facteur d'influence de l'activité des chauves-souris est la vitesse du vent. L'expérience montre en effet que l'activité des chauves-souris chute de façon corrélée avec l'augmentation de la vitesse du vent. Cela s'explique surtout par le fait que les vents forts limitent l'activité des insectes/proies et donc l'activité de chasse des chauves-souris. Selon la taille des insectes, ces vitesses de vent jouent différemment. Ce qui explique aussi qu'en fonction de la spécialisation du type de proie, l'activité de chasse des chauves-souris sera aussi influencée de façon variable. Il est régulièrement convenu que les espèces les plus grosses sont capables de voler par les vents les plus forts. En réalité, il faut plutôt considérer que les espèces de chauves-souris les plus grosses chassent aussi des proies de plus grande taille susceptibles de voler dans des conditions de vents plus forts. Cette distinction entre influence des vitesses de vent sur les proies de chauves-souris et influence des vitesses de vent sur les chauves-souris elles-mêmes est importante à garder à l'esprit. En effet, sur la base de nombreux sites étudiés dans les mêmes conditions depuis 2009, il a été régulièrement relevé que des espèces de taille relativement modeste sont parfois détectées en hauteur par des vents forts voire très forts (ex. : pipistrelle commune jusqu'à plus de 12 m/s). Cela peut alors s'expliquer soit par une activité déconnectée de celle des insectes (comportements sociaux, de transit ou de migration), soit par des situations particulières liées à des phénomènes d'aérodynamique favorisés par le vent (ascendances dynamiques), et entraînant des insectes en hauteur et donc les chauves-souris qui les chassent.

Autrement dit, si l'activité cumulée des chauves-souris diminue généralement avec la vitesse de vent, ces précisions montrent qu'il faut aussi rester prudent sur des perspectives de phénomènes ponctuels particuliers moins sensibles à ce paramètre.

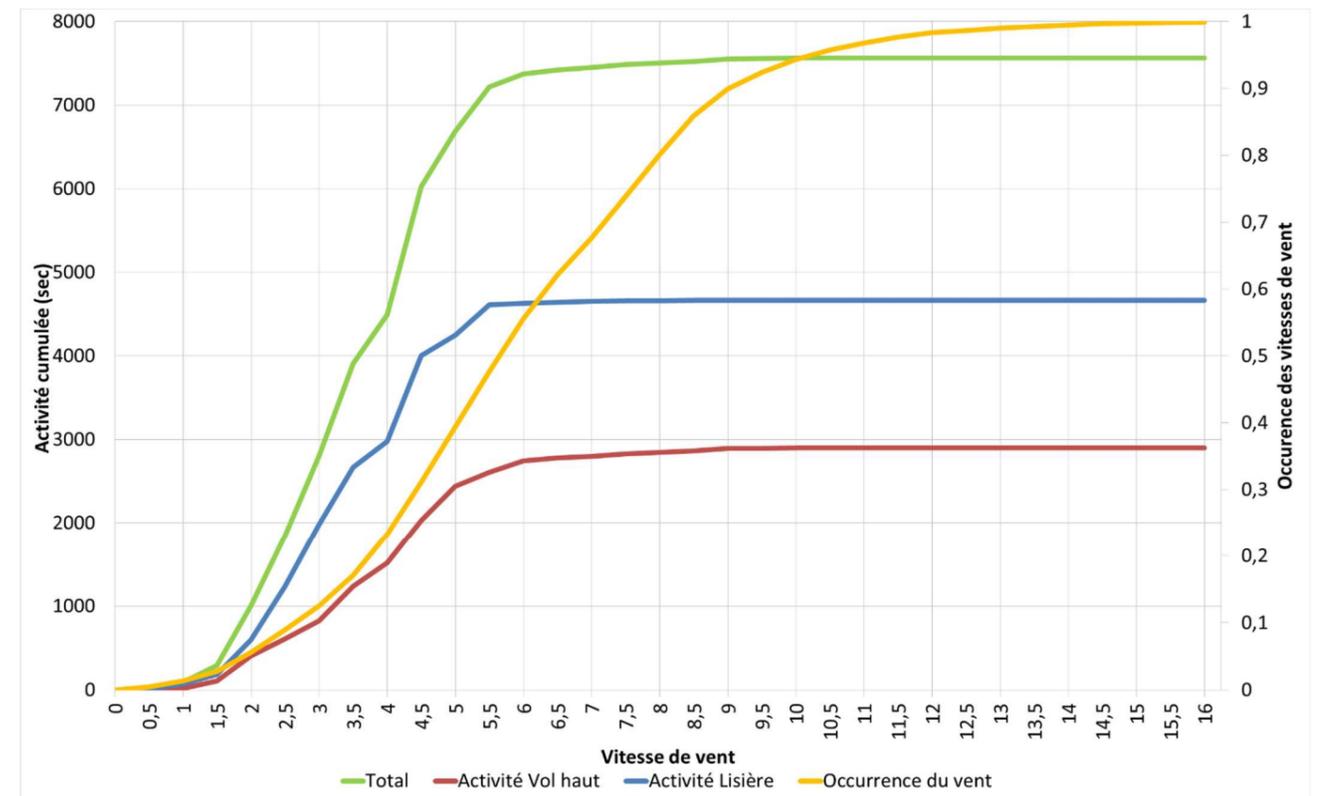
Dans notre cas précis, le graphique ci-contre montre que la totalité de l'activité des espèces de lisières a eu lieu pour des vitesses de vent inférieures à 8,5 m/s. Pour les espèces de haut vol, la totalité de leur activité a eu lieu pour des vitesses de vent inférieures à 12 m/s.

En nacelle d'E1, **95 % de l'activité totale des espèces a été enregistrée pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 5,5 m/s**. Par groupe de vol, **95% de l'activité des espèces de haut vol (noctules) est relevée pour des vents inférieurs à 6 m/s ; 95% de l'activité des espèces de lisières (pipistrelles) est relevée par des vents inférieurs à 5,5 m/s**.

En comparaison des résultats des campagnes précédentes, ces **seuils sont variables d'une année à l'autre**. Pour rappel, 90% de l'activité des chauves-souris était relevée par des vents inférieurs ou égaux à 4,5 m/s en 2022 et 96% l'a été pour des vents inférieurs à 6,5 m/s en 2021.

Ces seuils sont aussi variables au cours des mois. 95% de l'activité chiroptérologique est relevée pour des vents ≤ 3 m/s en avril, ≤ 5 m/s en mai et en juin, $\leq 5,5$ m/s en juillet et en août, ≤ 6 m/s en septembre et en octobre, $\leq 2,5$ m/s en novembre.

Figure 19 : Corrélation inverse entre la vitesse du vent et l'activité cumulée des chauves-souris au niveau de l'éolienne E1 (sur la base des données relevées en 2023 par le Batcorder)



3.3.5.2 Influence de la direction du vent

La direction du vent peut aussi être un facteur d'influence de l'utilisation du site par les chauves-souris. Cette influence est recherchée au niveau des graphiques suivants, représentant l'activité totale enregistrée et l'occurrence du vent relevée sur l'éolienne E1, selon la direction du vent. Ils permettent une comparaison entre :

- L'orientation générale des vents sur le site au cours de la période suivie (occurrence),
- L'orientation du vent liée à l'activité cumulée des chauves-souris en hauteur,
- L'orientation des vents correspondant exclusivement aux principaux pics d'activité relevés,
- L'orientation des vents correspondant à l'activité des chauves-souris en excluant celle liée aux pics d'activité.

De ce fait, il s'agit de comparer le graphique de l'activité totale à celui de l'occurrence du vent :

- Dans le cas d'une activité aucunement liée à la direction du vent, la forme des deux graphiques sera similaire ;
- Dans le cas d'une activité plus importante liée à certaines directions de vent, les deux graphiques auraient alors des différences qu'il conviendra d'expliquer.

L'occurrence du vent correspond au nombre de fois où chaque direction de vent a été relevée, par période de 10 min, la nuit et au niveau de l'éolienne concernée.

Dans le cas où une activité soit plus importante par certaines directions de vent, cela pourrait traduire un phénomène d'essaimages d'insectes amenant une éventuelle augmentation de l'activité des chiroptères.

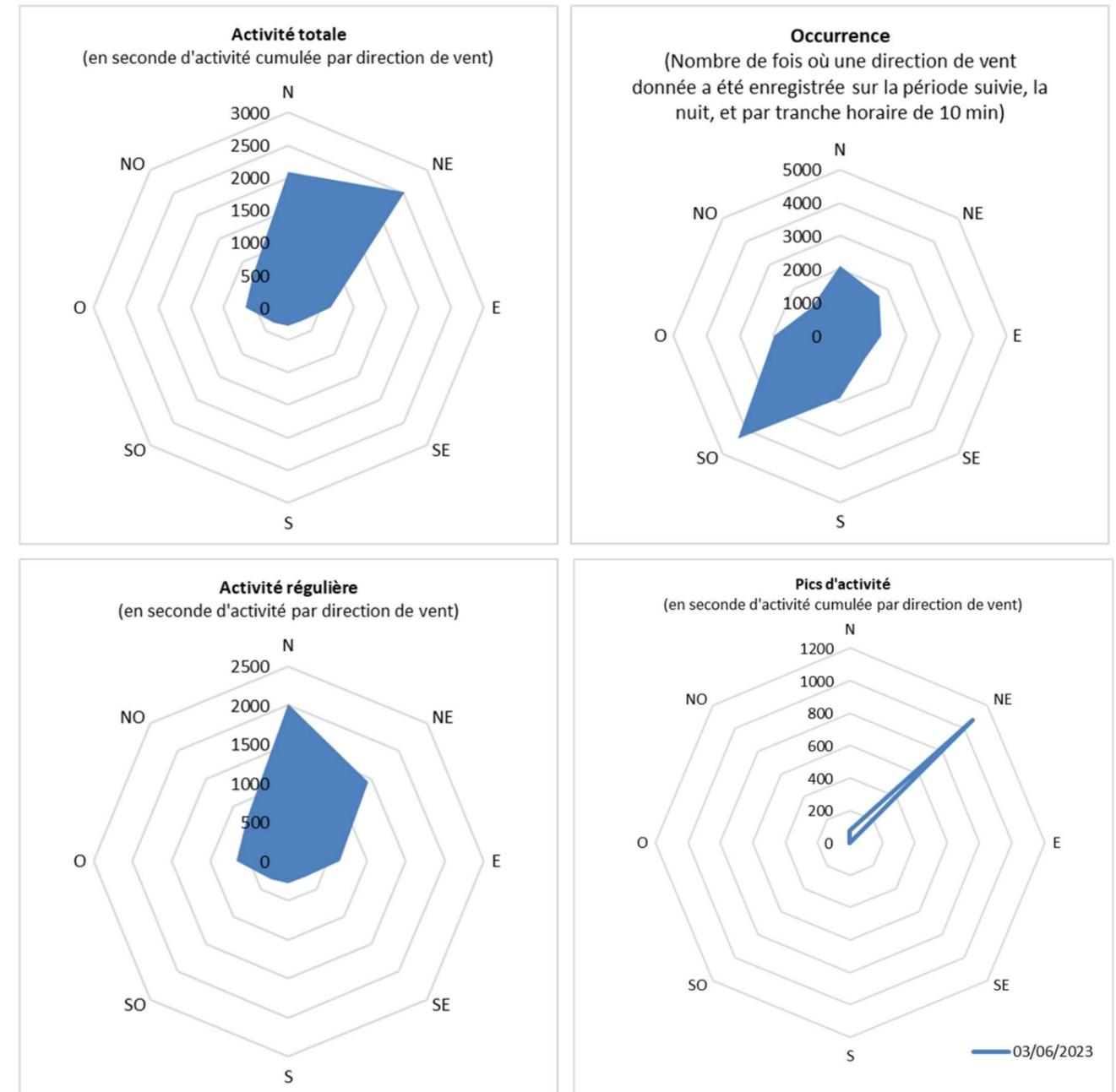
L'activité totale est plus importante par vent de nord et de nord-est. L'activité régulière est aussi importante par ces deux directions, et est globalement similaire à l'activité totale. A noter cependant que l'activité plus marquée par la direction nord-est est à mettre en lien avec le pic d'activité du 03 juin, d'un niveau très fort et qui s'est exprimé exclusivement par vents de nord-est.

Cette activité totale n'est pas liée à l'occurrence du vent sur le site puisque les vents dominants durant la période de suivi viennent du sud-ouest principalement. De ce fait, cela pourrait indiquer une influence négative de la direction sud-ouest sur l'activité des chauves-souris. Dans ce cas précis, l'analyse de la vitesse moyenne de vent relevée pour cette direction démontre que les vents en provenance du sud-ouest présentent les moyennes de vitesse de vent les plus fortes (7,6 m/s), ce qui pourrait induire ces activités moins importantes dans cette direction.

Il y a une quantité non négligeable de plans d'eau au nord et au nord-est des machines. Lorsque les vents viennent du nord-est, il est possible qu'ils charrient des essaimages d'insectes depuis ces mêmes plans d'eau.

En 2022, les vents dominants étaient relevés pour la même rose des vents que celle de 2023. La situation est aussi comparable pour l'activité régulière (hors pic) entre 2022 et 2023.

Figure 20 : Graphique présentant l'activité chiroptérologique totale (en haut à gauche), l'occurrence de chaque direction du vent (en haut à droite), l'activité régulière (en bas à gauche) et l'activité de pics (en bas à droite) relevés en nacelle d'éolienne E1



3.3.5.3 Influence de la température

La température apparaît également comme un paramètre parfois important à prendre en compte pour expliquer les modalités de fréquentation des chauves-souris. **Les périodes de chaleur s'accompagnent généralement d'une activité des chauves-souris plus importante que le reste de l'année.** Dans ce contexte, des conditions de températures élevées sont cohérentes avec les périodes d'essaimage de beaucoup d'espèces d'insectes (fin de printemps et début d'été principalement). Il est d'ailleurs logique que cette période corresponde aussi assez bien à la phase de mise bas de la plupart des espèces de chauves-souris, phase où il est important que les mères puissent trouver une nourriture abondante aussi bien en phase de gestation que de lactation. S'ajoute à cette notion d'influence de température, le fait que cette période de chaleur peut encore plus favoriser la formation d'ascendances thermiques (après échauffement diurne des milieux ouverts exposés), ainsi ces conditions pourront favoriser plusieurs modalités d'exploitation des essaimage pour différentes espèces entre le sol et les altitudes plus élevées.

La courbe d'occurrence de la température correspond au nombre de fois où chaque valeur de température a été relevée, par période de 10 min, dans la nuit et au niveau de l'éolienne. De ce fait, il s'agit de comparer la courbe d'occurrence à celle de l'activité réelle :

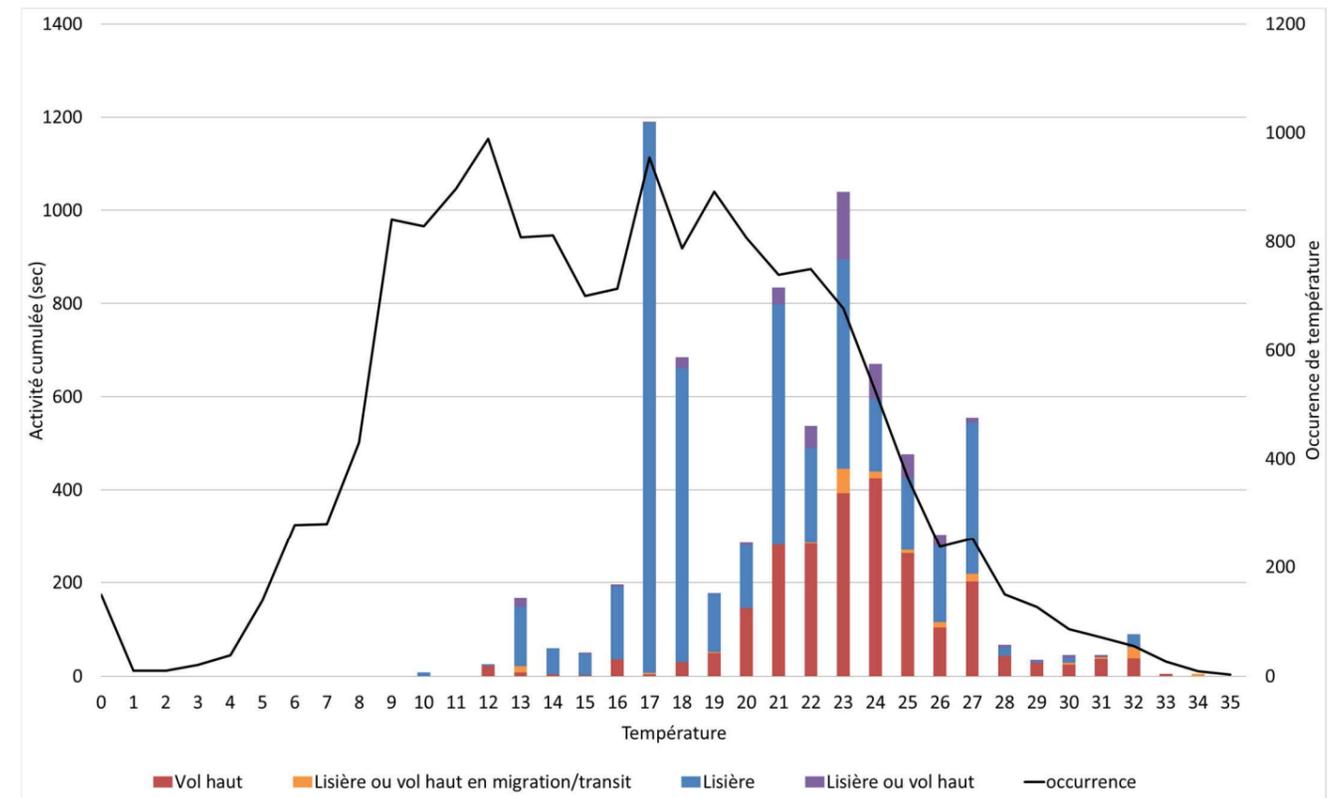
- Dans le cas d'une activité aucunement liée à la température, la forme des représentations sera similaire,
- Dans le cas d'une activité liée à certaines valeurs de température (les chiroptères sont connus pour avoir une activité plus faible par température basse), les deux représentations auraient alors des différences qu'il conviendra d'essayer d'expliquer.

L'activité chiroptérologique est relevée **entre 10°C et 34°C en nacelle d'éolienne E1**. Au niveau du site, les températures de 9 à 24°C sont celles qui sont le plus souvent relevées, mais ce ne sont pas les températures pour lesquelles l'activité est la plus importante. En effet, les chauves-souris ont été plus actives par des températures plus élevées mais moins fréquentes sur le site (entre 16°C et 27°C). Deux pics d'activité ont été relevés pour des températures de 17°C et 18°C. Sans ces pics, l'activité des chiroptères forme une courbe en cloche avec des maxima entre 21 et 24°C. Ainsi, **l'activité chiroptérologique est plus importante pour des températures clémentes**, conformément à ce qui est relevé dans la littérature.

En pourcentage d'activité, 96% de l'activité des chauves-souris s'effectue pour des températures supérieures à 16°C (comme en 2021). En 2022, plus de 98% de leur activité est relevée par des températures supérieures à 13°C.

L'activité relevée par les températures les plus faibles (10°C) correspondent à quelques contacts de Pipistrelle commune. Ces derniers ont été enregistrés à la mi-novembre. Ils pourraient s'agir de quelques contacts de chasse/transit à proximité des gîtes hivernaux, profitant d'un redoux pour se nourrir.

Figure 21 : Décomposition de l'activité cumulée des chauves-souris en hauteur au niveau de l'éolienne E1 en fonction de la température relevée sur cette même éolienne et en parallèle des enregistrements d'activité



3.3.6 Rythme d'activité nocturne

Le rythme d'activité nocturne est une composante importante de l'étude de l'activité des chiroptères. De l'activité relevée en tout début de nuit ou en toute fin de nuit peut indiquer la présence de gîtes à proximité du site d'étude.

D'après les graphiques suivants, sur l'ensemble de la période de suivi, la plupart des données ultrasonores ont été enregistrées **en première partie de nuit et en milieu de nuit**, mais de façon trop tardive pour correspondre à une sortie de gîte. **Le site est donc plutôt utilisé comme secteur de chasse/transit** en sortie de gîtes.

Le rythme est globalement le même en fonction des mois. A noter toutefois qu'il est plutôt en deuxième partie de nuit en juin. Ce constat peut s'expliquer en grande partie par l'activité du pic du 03 juin qui est relevé également en deuxième partie de nuit.

La totalité de l'activité est relevée entre **le coucher du soleil et 15 minutes avant le lever du soleil en nacelle E1**, sachant que **95% de l'activité est relevée entre 1 heure après le coucher du soleil et 1 heure avant le lever du soleil**.

En 2022, 98% de l'activité était relevée entre 30 min après le coucher du soleil et 1 heure avant le lever du soleil. En 2021, 86% de l'activité était relevée entre 30 min avant le coucher du soleil et 7 heures après le coucher du soleil. Le rythme nocturne des chauves-souris diverge entre les campagnes de suivi.

Figure 22 : Décomposition de l'activité totale enregistrée (en seconde d'activité cumulée) en fonction de l'écart avec le lever ou le coucher du soleil et par groupe de vol (sur la base des données relevées en nacelle d'éolienne E1 en 2023)

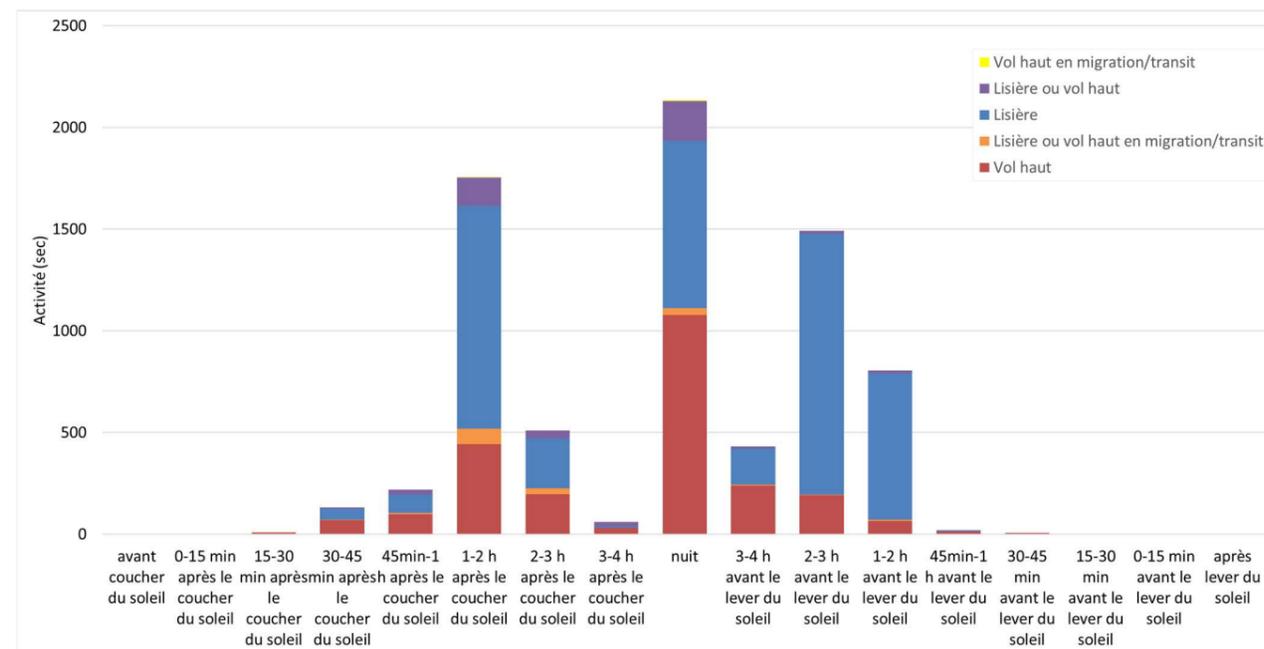
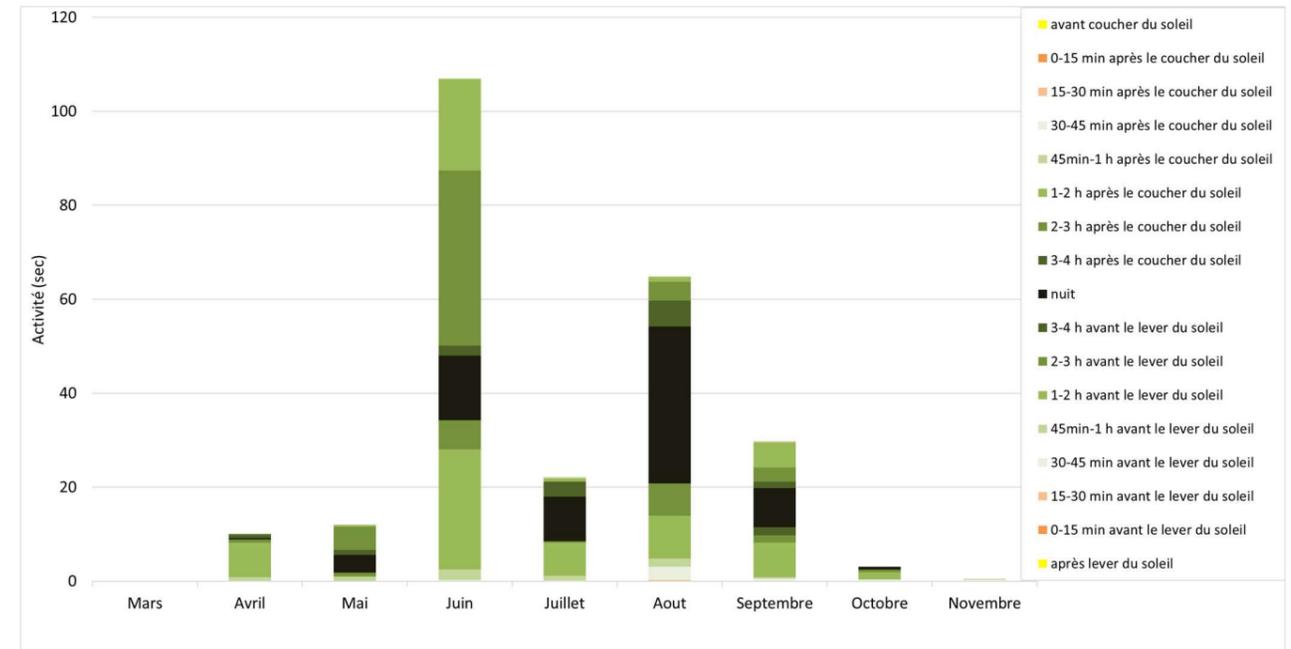


Figure 23 : Décomposition de l'activité moyenne enregistrée (en seconde d'activité cumulée moyenne par nuit) en fonction de l'écart avec le lever ou le coucher du soleil, du mois suivi et par groupe de vol (sur la base des données relevées en nacelle d'éolienne E1 en 2023)



4 SUIVI DE LA MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX

4.1 Objectifs du suivi de la mortalité

Le suivi de la mortalité sous les éoliennes du parc éolien de Ids-Saint-Roch rentre dans le cadre de la réglementation ICPE (article 12 de l'arrêté du 26 août 2011) et d'un ensemble de suivis thématiques ciblés sur les effets des éoliennes sur l'activité et la mortalité de la faune volante (oiseaux et chiroptères).

Le suivi de la mortalité sous les éoliennes est l'option de suivi la plus consommatrice de temps pour obtenir des résultats pertinents. Elle reste pour autant un des thèmes d'étude prépondérants du suivi post-implantation.

Le suivi de cette mortalité vise donc à apporter des informations précises et ciblées sur :

- les modalités de mortalité observées par une double approche dans l'espace (par éolienne, en fonction de la configuration du parc éolien, des milieux concernés, du type de végétation), et dans le temps (en fonction de la phénologie des espèces, des conditions météorologiques (si disponibles) ...);
- les espèces les plus exposées ;
- le taux de mortalité estimé pour l'ensemble du parc éolien par unité de temps.

4.2 Méthodologie

4.2.1 Choix d'une méthode standardisée

Le choix d'une méthodologie standardisée est particulièrement important pour réaliser le suivi de mortalité. Ce choix apporte le triple avantage :

- de faire l'économie de biais méthodologiques déjà expérimentés ailleurs, et d'aboutir sur des résultats pertinents et parfaitement exploitables dès le début de l'étude,
- d'éviter une modification trop importante du protocole d'une année sur l'autre pour permettre une analyse efficace de l'évolution des résultats dans le temps,
- d'être en mesure de comparer les résultats obtenus avec ceux d'autres suivis réalisés sous d'autres parcs éoliens et sur d'autres types de milieux (regards croisés).

La méthode standardisée développée par WINKELMAN (1989) est adaptée au suivi de la mortalité des chauves-souris et oiseaux. Cette méthode a été reprise et adaptée dans le cadre d'autres suivis (ERICKSON et al. 2002, ERICKSON 2003, KERNS et KERLINGER 2004, COSSON et DULAC 2004, ARNETT 2005, BEUCHER et KELM 2010...) et représente notre cadre de travail. À partir de cette base méthodologique, la configuration du site éolien, l'assolement et notre recul vis-à-vis de ce protocole nous permettent de cibler et d'ajuster plus spécifiquement le suivi du parc (choix des périodes de suivi, choix des cadavres test, délimitation des transects de recherche...).

Globalement, la méthode consiste en la recherche d'animaux morts (oiseaux et chauves-souris) autour des éoliennes comme première évaluation du nombre de mortalités entraînées par le fonctionnement des éoliennes. En tenant compte de plusieurs coefficients correcteurs dont principalement l'efficacité **des chercheurs** (« taux de détection ») et la **vitesse du retrait des carcasses** par les charognards (« taux de persistance »), le dénombrement des carcasses permet d'estimer un **taux de mortalité moyen** à l'échelle du parc éolien pour la période qui aura été suivie.

4.2.2 Choix des périodes de suivis et fréquence des visites

Le choix des périodes de suivi se fait généralement en fonction des thèmes d'étude à cibler prioritairement et en fonction des résultats de l'étude d'impact, des préconisations administratives et globalement des sensibilités des espèces et des comportements, qu'elles soient supposées ou mal maîtrisées initialement.

Dans notre cas précis, il était préconisé de reconduire un suivi de la mortalité entre avril et octobre 2023 (rapport de suivi post-implantation 2022, EXEN) :

« Pour s'assurer que les corrections de mesures préconisées en 2022 soient efficaces pour diminuer l'impact du parc éolien de Ids-Saint-Roch sur la faune volante, il faudra poursuivre un suivi de mortalité sur ce parc en 2023.

Ce suivi de mortalité devra être effectué en particulier sur la base des résultats de mortalité de 2022 de manière à cibler les périodes les plus accidentogènes. Ce suivi de mortalité devra donc idéalement se dérouler de début avril à fin octobre 2023, compte tenu des problématiques avifaunistiques et chiroptérologiques.

La période retenue pour le suivi de mortalité, réalisé en particulier pour évaluer l'impact du parc sur les chiroptères, concorde avec la période où des modifications du pattern de régulation des éoliennes ont été

préconisées. Cela concorde aussi avec la période de suivi d'activité en hauteur, afin de faciliter l'interprétation des résultats par la suite et la comparaison avec les suivis des années précédentes.

Le suivi de la mortalité couvre également une partie de la période de mortalité des oiseaux. De plus, en cas d'installation d'un système de détection vidéo et d'arrêt des éoliennes, il est pertinent de faire un suivi de la mortalité d'avril à octobre, afin de mesurer les effets de ce système sur les populations de rapaces.

Il s'agira donc d'effectuer 30 visites, réparties sur 30 semaines, à raison d'une visite par semaine. Le planning ci-dessous permet de visualiser la répartition des visites au cours de l'année 2023. »

Le suivi de la mortalité en 2023 a donc été mené dans le respect des préconisations de 2022. Le planning ci-dessous permet de visualiser la distribution des visites et la pression de suivi (1 = 1 visite par semaine). 30 visites ciblées sur la recherche de mortalité ont été réalisées.

Figure 24 : Calendrier du suivi de la mortalité en 2023

		Mars			Avril				Mai				Juin				Juillet				Août			Septembre			Octobre			Novembre								
Mortalité	Nombre de visites ciblées sur le suivi de la mortalité oiseaux et chauves souris				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
	Réalisation des tests pour calcul des coefficients correcteurs du taux de mortalité				1																					1												
Numéro de semaine		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46

4.2.3 Choix des éoliennes suivies

Par expérience, devant le caractère très hétérogène de l'impact sur la faune volante généré d'une éolienne à une autre, le choix de suivre toutes les éoliennes du parc avec une même pression de suivi était la solution la plus pertinente. C'est ce qui fut retenu, avec, nous le verrons, cependant, quelques particularités à prendre en compte selon les éoliennes et les différentes contraintes qui peuvent y être liées (présence de milieux défavorables à la recherche...).

4.2.4 Organisation des parcours de prospection

La surface de recherche est de forme carrée. Les études de Kerns, Erickson et Arnett (2005) montrent que près de 80 % des carcasses pouvaient être trouvées à l'intérieur de la moitié de la distance mesurée du bout de pale jusqu'au sol. De façon plus générale, les différents suivis de la mortalité montrent logiquement l'existence d'un gradient croissant de la densité des cadavres en s'approchant du mât de l'éolienne.

Les carrés de prospection sont définis pour faire en sorte qu'une surface d'un rayon d'au moins 50 m autour des mâts des éoliennes soit couverte (d'après les prescriptions nationales du protocole de suivi environnemental publié en avril 2018). En temps normal, nous choisissons de réaliser les transects de prospection sur des carrés échantillons de 100 m de côté, permettant donc de couvrir 1 ha sous chaque éolienne. **Dans le cas présent, il a été fait le choix de prospecter l'espace se trouvant sous la zone de rotation des pales. Le carré de prospection mesure 130 m de côté du fait que les pales des éoliennes présentes sur le site mesurent 65 m de long. La surface prospectée est donc d'environ 1,7 ha.**

4 types ont ainsi été définis pour prendre en compte l'évolution des milieux au cours de la période de suivi, dans l'estimation du taux de mortalité, que sont :

- Type 1 (à prospecter) : zone très facilement prospectable (gravier, terre battue sans aspérités...)
- Type 2 (à prospecter) : zone facilement prospectable (labour, gravier avec végétation rase, végétation très basse et peu dense (< 30 cm) ...)
- Type 3 (à prospecter) : zone moyennement prospectable (végétation herbeuse et peu dense, > 30 cm mais inférieure à 60 cm, bruyères, zone hétérogène...)
- Type 4 (non prospectable) : zone non prospectable (friches, ronces, fougères, herbes hautes (> 60 cm) et denses, végétation arbustive (genêt, arbustes...), végétation arborée ou éolienne en maintenance.

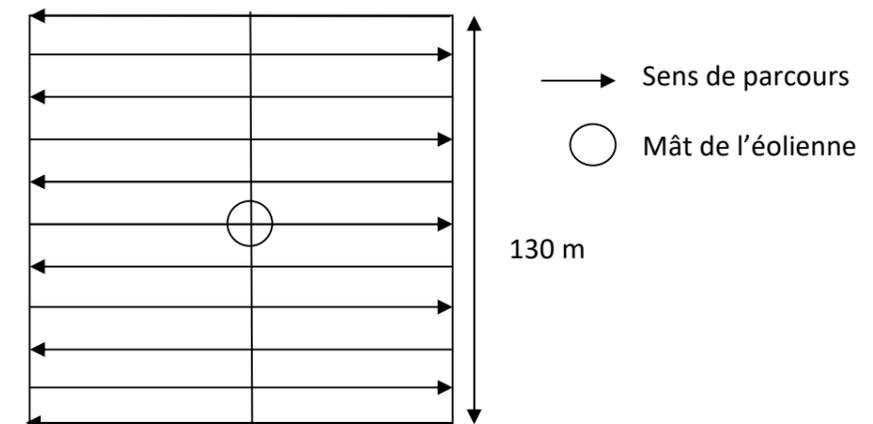
La durée de prospection sous une éolienne pour 100 % de prospection du carré (1,7 hectare) est d'environ 30 min. Pour une zone de prospection correspondant à 50 % du carré, la durée de prospection sera proportionnelle, soit d'environ 15 min. Il convient donc d'adapter son allure à cette durée de prospection faisant référence pour l'ensemble des observateurs afin de limiter le biais « observateur » au maximum.

Les prospections doivent se faire en journée, lorsque la lumière naturelle est suffisante pour voir les éventuels cadavres et non rasante pour ne pas éblouir le chercheur.

La phase de prospection suit une méthodologie visant à limiter le risque de non découverte. Un parcours de prospection (transect) a donc été établi au cours de la première visite afin d'avoir autant que possible une pression de prospection égale pour chaque zone de prospection (en temps et en linéaire parcouru), et pour pouvoir faire des comparaisons pertinentes au sein du parc éolien. Ce sera d'autant plus facile que les surfaces prospectables sont très homogènes d'une éolienne à l'autre. La recherche de cadavres sous les éoliennes se fait donc par transects parallèles plus ou moins espacés (2-3 m dans les zones moyennement ou difficilement prospectables, et 5 m ou plus dans les zones de gravier ou de végétation rase).

Enfin, les prospections sont faites dans le respect du règlement défini lors de la Visite d'Inspection Commune (port des EPI obligatoire, s'éloigner des installations en cas d'orage, de risque de chute de glace, etc).

Figure 25 : Schéma représentatif du transect de prospection théorique



Tout au long de la période de suivi, nous avons noté la proportion (sous chaque éolienne suivie) des différents niveaux de difficulté de prospection. Ainsi, l'évolution de la hauteur de végétation sera prise en compte dans l'estimation des taux de mortalité.

Certaines zones ne sont pas prospectées (zones non prospectables) et on ne peut alors pas exclure, par exemple, que certains cadavres soient restés bloqués au niveau des branchages dans leur chute. Ces surfaces non prospectées seront alors évaluées pour prendre en compte ce biais au niveau des calculs du taux de mortalité (coefficient surfacique).

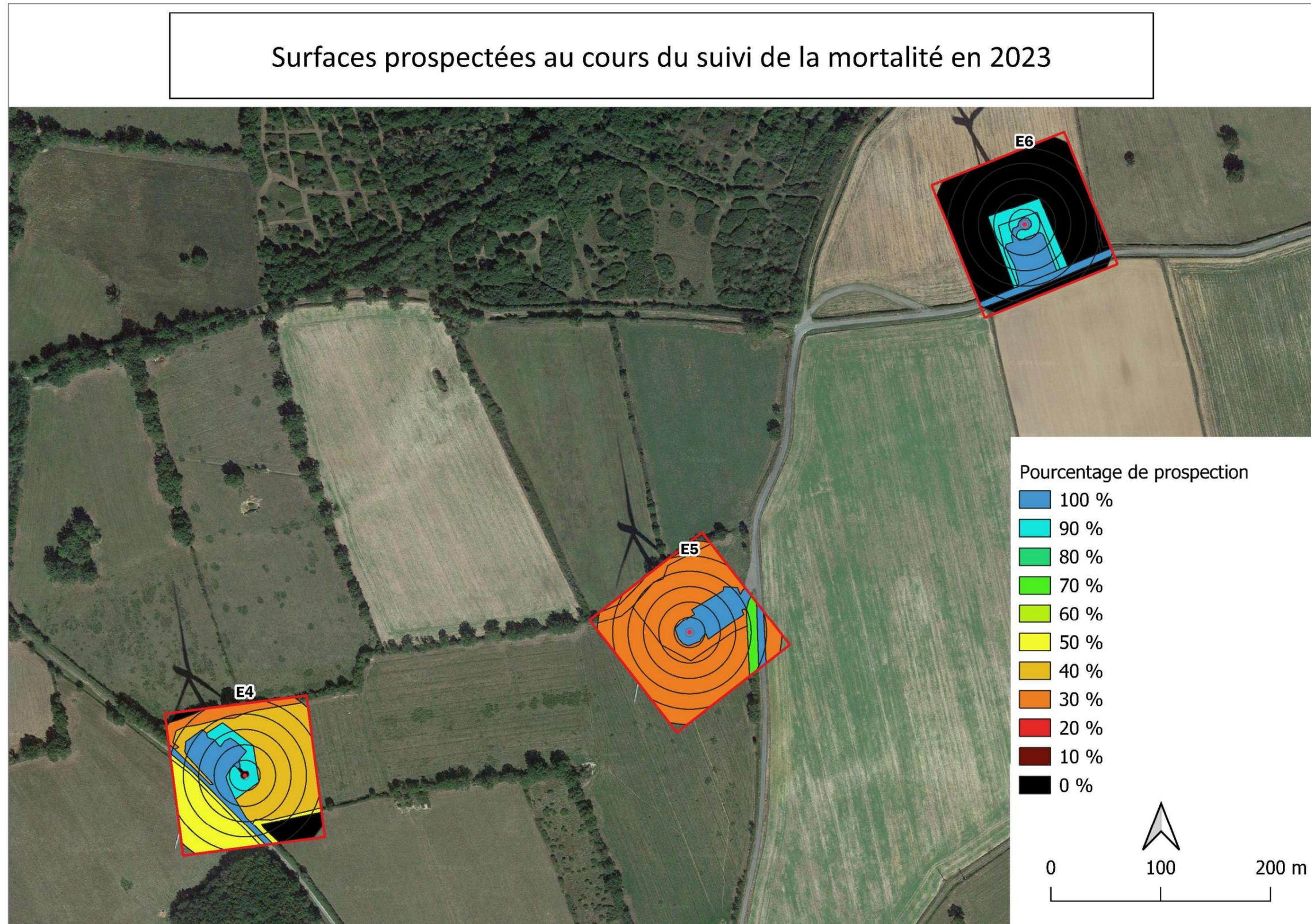
Pour l'ensemble de la période de suivi, il est possible de calculer le pourcentage de prospection pour chaque zone délimitée (100% : surface prospectée à chaque visite, 0% : surface non prospectée sur la période). Ce paramètre est aussi pris en compte dans le calcul du coefficient surfacique. La figure de la page suivante propose de visualiser les surfaces prospectées et non prospectées en 2023.

Figure 26 : Carte 1 de l'orientation des périmètres de prospection et des surfaces prospectées lors du suivi de la mortalité sous les éoliennes de Ids-Saint-Roch en 2023

Surfaces prospectées au cours du suivi de la mortalité en 2023



Figure 27 : Carte 2 de l'orientation des périmètres de prospection et des surfaces prospectées lors du suivi de la mortalité sous les éoliennes de Ids-Saint-Roch en 2023



4.2.5 Recueil des données et destination des cadavres

De façon générale, chaque visite nécessite de renseigner une fiche de terrain prévue à cet effet comprenant la date de la visite, les heures de début et de fin de recherche, les conditions météorologiques, la direction du vent, l'activité des éoliennes, l'état de la végétation, les conditions de visibilité. En fin de campagne de suivi, toutes les fiches de terrain sont saisies sur tableur et rassemblées pour analyse.

Chaque fois qu'un cadavre est découvert, il est localisé sur une carte de terrain. La distance et l'azimut sont mesurés vis à vis du mât de l'éolienne.

Le cadavre est photographié et identifié autant que possible par l'utilisation de différents critères morphologiques plus ou moins disponibles selon l'état du cadavre (forme du tragus, taille de l'avant-bras, cellules alaires, pénis...). Dans la mesure du possible, au-delà de l'espèce, d'autres données sont relevées concernant l'âge, le sexe, l'état de décomposition ou de prédation, l'heure de découverte, l'estimation de la date de mortalité... Pour éviter les risques de confusion, chaque cadavre est répertorié avec un code permettant son identification à posteriori et la précision du découvreur. Il est alors généralement prélevé pour procéder aux analyses à posteriori.

Tous les cadavres prélevés sont conservés dans un congélateur. En fin de campagne annuelle, l'ensemble des cadavres est rassemblé. Chacun d'entre eux fait alors l'objet d'une deuxième analyse à l'aide de clefs de détermination plus détaillées et pour préciser certains détails pas toujours aisés à déterminer sur le terrain selon les conditions climatiques (critères d'âges, de sexe, indices de reproduction...).

Concernant les chiroptères, la phase de détermination se fait donc souvent à plusieurs reprises, par différents chiroptérologues formés aux techniques de captures, sur la base de diverses clefs de détermination des chauves-souris (Clef de détermination des chauves-souris de Midi Pyrénées (DEJEAN 2007), Clé de détermination illustrée des chauves-souris d'Europe (DIETZ C. & HELVERSEN O. 2004), Cahier technique d'identification des chiroptères (MARMET J. 2015...)).

Pour les oiseaux, la phase de détermination se fait par différents ornithologues, sur la base de diverses clefs de détermination d'oiseaux (Guide ornitho (SVENSSON L., MULLARNEY K., ZETTERSTRÖM D., 2015), Identifier les plumes des oiseaux d'Europe occidentale (FRAIGNEAU C., 2017)).

La fiche type de saisie de données de terrain est présentée en Annexe 3. Le tableau de synthèse général des données brutes de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux retrouvés lors du suivi 2023 est présenté en Annexe 4.

Figure 28 : Clichés des principaux critères utilisés pour la détermination des chauves-souris



A propos de l'estimation de la date de mortalité, le délai qui s'écoule entre la mort de la faune volante et la date des découvertes des cadavres dépend du pas de temps de retour entre deux visites et de l'efficacité du chercheur.

Comme le protocole d'étude était basé en 2023, le décalage entre la date de la découverte et la date de la mortalité effective pourra varier :

- entre 0 (cas d'un animal tombé la nuit précédant la visite) et 7 jours (1 visite par semaine),
- parfois plus pour les cadavres qui n'auraient été trouvés qu'après plusieurs passages des équipes de chercheurs.

Si on veut tenter d'analyser même grossièrement cette chronologie des mortalités avec différents facteurs d'influence, nous cherchons à estimer la date de la mortalité de chaque cadavre en fonction de son état au moment de la découverte. Quand il est trouvé, chaque cadavre fait en effet l'objet d'une description de son état de décomposition, avec estimation approximative de la date de la mort.

Plusieurs critères d'appréciation peuvent être utilisés en parallèle comme :

- l'aspect général du cadavre (raideur cadavérique, état de déshydratation des chairs, yeux vitreux, décomposition, putréfaction des chairs, ...)
- la fréquentation d'insectes nécrophages et nécrophiles. Sans aller à une datation précise, nous distinguons grossièrement sur les cadavres les phases de :
 - colonisation par les diptères les plus précoces, et les premières pontes quelques minutes après la mort ; pupes non écloses -> la mort date de moins de 8-20h, c'est-à-dire la nuit précédant la découverte pour un suivi matinal.
 - l'évolution des pontes des diptères ; présence d'asticots -> mort antérieure à 8-20h, c'est-à-dire que la mort a pu se produire deux ou trois nuits en arrière.
 - les phases plus tardives, de l'ordre du jour ou quelques jours après la mort, de colonisation des coléoptères et hyménoptères, avec notamment la présence de Silphes non fousseurs tels que le Bouclier sinué (*Thanatophilus sinuatus*) intervenant au stade de putréfaction (digestion extra orale des cadavres) ou du Nécrophore chasseur (*Nicrophorus investigator*) qui creuse des galeries sous les cadavres et les enterre progressivement. L'état d'avancement de l'enfouissement précise aussi un délai de plusieurs heures (ou jours).
- et l'analyse comparative que nous pouvons faire du processus de décomposition des cadavres tests dispersés sur le site et suivis au cours des sessions de test de la campagne de suivi.

Cette estimation reste approximative pour la présente étude, le niveau de précision nécessaire pour la suite des analyses étant aussi assez grossier. Ainsi, il convient de rester prudent sur toute analyse trop fine issue de la chronologie estimée des mortalités.

*Figure 29 : Cliché d'exemple d'enfouissement d'une Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) par un couple de Nécrophore chasseur (*Nicrophorus investigator*), sous un autre parc*



4.2.6 Détermination des coefficients correcteurs

4.2.6.1 Organisation générale

Le nombre total de chauves-souris ou d'oiseaux tués par les éoliennes est égal au nombre de chauves-souris et d'oiseaux trouvés morts au cours de la phase de recherche, plus ceux qui ont été tués et qui n'ont pas été retrouvés (cadavres non découverts dans la végétation ou prélevés par la faune nécrophage locale). Le calcul du taux de mortalité nécessite donc la prise en compte de coefficients d'erreur déterminés au préalable et liés à :

- l'efficacité de la découverte des cadavres d'une part (« **taux de détection** »),
- et au temps que la faune nécrophage met à faire disparaître le cadavre d'autre part (« **taux de persistance** »).

Les suivis de mortalité réalisés montrent que ces coefficients correcteurs varient considérablement en fonction de nombreux paramètres extérieurs (nombre de charognards sur le site, proximité de villages, accoutumance des prédateurs, évolution de la couverture végétale, fréquentation touristique, période de chasse, météo, type et taille des cadavres...).

Deux sessions de détermination de ces coefficients correcteurs ont été réalisées durant la campagne de suivi (4 avril et 11 septembre 2023).

4.2.6.2 Test de l'efficacité du chercheur (ou « test de détection »)

L'objectif de ce test est d'apprécier l'efficacité du chercheur (nombre de cadavres trouvés par rapport au nombre de cadavres déposés), tout en tenant compte du niveau de difficulté de prospection (hauteur de végétation plus ou moins haute, plus ou moins dense, etc). A ce propos, les zones « non prospectables » ne font pas l'objet du test.

Deux tests de détection sont effectués au cours du suivi de la mortalité, répartis sur des saisons différentes (4 avril et 11 septembre 2023).

Ces derniers sont faits grâce à des peluches de taille et de couleur différente afin de mimer des cadavres de chauves-souris et d'oiseaux. Les peluches souris miment les chauves-souris, les peluches oiseaux (petite autruche et moineaux) miment les passereaux et les peluches de grande taille (type rapace) miment les rapaces (cf. Figure 30). Autrement dit, les coefficients correcteurs utilisés pour calculer le taux de mortalité des chiroptères se baseront sur les résultats de test liés aux souris. Pour les oiseaux, ils se baseront sur les résultats de test liés aux petites peluches d'oiseaux (type passereaux) et ceux liés aux plus grands oiseaux (type rapace). Au total et pour chaque test de détection, 10 peluches souris, 7 peluches oiseaux et 3 gros gabarits de peluches oiseaux sont dispersés (soit un total de 10 peluches pour mimer les chauves-souris et 10 peluches pour mimer les oiseaux). Les résultats de ces différents tests seront développés plus bas.

Le choix de l'éolienne sous laquelle se fait le test de détection est scrupuleusement réfléchi et est basé sur la représentativité des types de milieux présents sur le parc éolien.

Les peluches doivent être dispersés de manière la plus équitable possible au niveau de chaque type de revêtement prospectable (ex : sur les 10 peluches souris, on en place 3 sur du type 1, 4 sur du type 2 et 3 sur du type 3). Cette équité de dispersion doit se faire avec les « petites » peluches entre elles et avec les « grosses » peluches entre elles.

Cette répartition dans différents types de végétation permet ainsi de prendre en compte la difficulté de perception des peluches (mimant des cadavres) en fonction de la taille ou de la couleur des peluches mais aussi du substrat au sol.

Figure 30 : Clichés des peluches utilisées pour la réalisation des tests de détection (sur un autre site)



Figure 31 : Clichés témoignant de la difficulté de perception des peluches dispersées (sur un autre site)



Il faut être 2 personnes pour réaliser les tests, c'est-à-dire une personne qui disperse les peluches (« disperseur ») et une autre qui les recherche par la suite (« chercheur »). Le disperseur va les positionner sur la zone test. Evidemment, le chercheur n'est pas présent sur la zone au moment de la dispersion. Les limites de la zone test correspondent aux carrés de prospection. Les peluches sont dispersées sur l'ensemble du carré et dans les différents types de végétation. Le disperseur note alors sur carte de terrain la position de chaque peluche en précisant le code affecté à celle-ci (« G1 » pour première peluche de grande taille, « P2 » pour seconde peluche de petite taille ...).

Une fois la dispersion effectuée, la recherche destinée à identifier le taux de découverte peut commencer. Le chercheur parcourt donc la parcelle de façon méthodique, suivi par le disperseur qui consulte en même temps les relevés de position sur carte. Il ne donne aucune information au chercheur sur le positionnement des peluches, mais veille à l'efficacité de la recherche en informant le chercheur sur la régularité de son parcours (parallélisme des lignes virtuelles, limites de la zone test, régularité de la vitesse de prospection...). Chaque fois que le chercheur découvre une peluche, le disperseur enregistre cette découverte. En fin de session, les résultats permettent d'apprécier l'efficacité du chercheur, caractérisée par le « taux de détection » (nombre de peluches découvertes / nombre de peluches déposées).

4.2.6.3 Tests de disparition (ou « test de persistance »)

L'objectif de ce test est d'apprécier la vitesse de disparition des cadavres, soit le nombre de jours au bout duquel les cadavres disparaissent totalement.

Deux tests de persistance sont effectués au cours du suivi de la mortalité, répartis sur des saisons différentes (4 avril et 11 septembre 2023).

20 cadavres-tests (15 petits + 5 gros) sont disposés sous les éoliennes, pour chaque test. Ce choix se justifie par la nécessité d'avoir assez de données pour avoir une idée précise du taux de prédation sur le site.

Pour une meilleure efficacité lors de la recherche des cadavres ultérieures, le disperseur s'aide au maximum des éléments structurant le secteur pour disperser les cadavres (ex : mi-distance entre l'éolienne et un chemin, angle d'une parcelle, tas de pierres, branches proches des cadavres, planter un piquet...).

Pour se faire, des poussins d'élevage sont placés sous les éoliennes de manière la plus équitable possible au niveau de chaque type de revêtement prospectable (Type 1, 2 et 3), comme pour le test de détection.

Afin d'être plus représentatif et afin d'éviter l'effet selon lequel un seul prédateur pourrait prélever l'ensemble des cadavres déposés sous une seule éolienne, les cadavres ont été dispersés sous l'ensemble du parc pour tester cette persistance en fin de test d'efficacité du chercheur. Pas plus de 4 cadavres tests sont disposés sous la même éolienne.

Pour se faire, des poussins et des cailles d'élevage ont été utilisés, pour prendre en compte aussi la différence de taille entre les leurres, au niveau de la prédation. Les poussins sont utilisés pour estimer la prédation pour les chiroptères et les passereaux ; les cailles le sont pour estimer la prédation pour les plus gros oiseaux (type rapace).

Pour apprécier la vitesse de disparition des cadavres, il suffit de revenir sur chaque carré de mortalité après un délai variable, la parcourir de façon méthodique (comme lors du test de l'efficacité du chercheur) et de s'aider de la carte de terrain pour remarquer la disparition ou le déplacement des cadavres par rapport aux positions initiales. En effectuant ce travail à plusieurs reprises, on peut alors apprécier l'action des nécrophages par unité de temps.

Les visites retour-tests sont réalisées de la façon suivante : un retour le lendemain du jour de dispersion, puis 2 par semaines jusqu'à disparition des cadavres ou après une période de 14 jours.

4.2.7 Calculs

La méthode standardisée développée par WINKELMANN (1989) est adaptée au suivi de la mortalité des chauves-souris et oiseaux. Cette méthode a été reprise et adaptée dans le cadre d'autres suivis (ERICKSON et al. 2002, ERICKSON 2003, KERNS et KERLINGER 2004, COSSON et DULAC 2004, ARNETT 2005...) et sera notre cadre de travail.

Néanmoins pour l'analyse des résultats, la formule de Winkelmann paraît moins adaptée que d'autres développées plus récemment au niveau international dans le cadre de suivis de la mortalité sous des parcs éoliens (HUSO, JONES, ERICKSON adaptée et réelle...), puisque cette formule surestime le taux de mortalité. Les résultats seront donc présentés pour chacune des 4 formules présentées en suivant.

Ces 4 formules sont proposées par la littérature spécialisée pour permettre d'estimer, au regard des découvertes de cadavres et des résultats de coefficients correcteurs, la mortalité que le parc aura pu générer par éolienne et par an. Les différentes formules que nous utilisons sont les suivantes : Erickson (réelle et adaptée), Huso et Jones. Mais devant les nombreux biais à prendre en compte dans le cadre d'un exercice d'estimation d'une mortalité annuelle, sans vouloir préjuger de la pertinence mathématique de chaque formule, et pour faciliter des comparaisons pertinentes et objectives entre les résultats avec d'autres résultats de suivis des mortalités menés sur d'autres parcs éoliens, nous présenterons les résultats obtenus avec chacune des formules. Nous proposerons également une moyenne entre ces formules qui sera la base de la comparaison interannuelle des résultats.

4.2.7.1 Les formules utilisées

Quatre modèles sont utilisés pour le calcul des estimations (Erickson réelle et adaptée, Jones et Huso). Le paramètre clef pour l'expression de ces estimations est la probabilité que l'observateur détecte un cadavre sous l'éolienne. Ce paramètre est fonction de deux facteurs :

- le taux de persistance d'un cadavre (c'est-à-dire la probabilité que l'observateur trouve le cadavre après un laps de temps donné),
- l'efficacité de l'observateur (c'est-à-dire la probabilité qu'un cadavre tombé sur le sol sans être prédaté soit découvert par l'observateur).

- Erickson (2000)

Cette équation ressemble à celle de Winkelmann, mais permet de faire le calcul même lorsque le taux de prédation est très élevé (donc le taux de persistance nul). Pour cela, deux paramètres sont ajoutés, I (fréquence de passage) et t_m (durée de persistance en jours) :

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

Avec N : Le nombre de cadavres estimés total sur la période et les éoliennes considérées,

I : La durée de l'intervalle (entre 2 visites), équivalent à la fréquence de passage (en jours),

C : Le nombre de cadavres comptés,

t_m : Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours),

d : L'efficacité de l'observateur ou taux de détection,

a : Coefficient de correction surfacique.

Nous appliquerons un coefficient surfacique à cette formule par la suite selon la prospection effectuée sur le terrain.

Une équation adaptée de cette dernière est aussi utilisée (Aves & Groupe chiroptère Provence 2010) :

$$N = \frac{I \times (C - C \times p)}{t_m \times d} \times a$$

Avec N : Le nombre de cadavres estimés total sur la période et les éoliennes considérées,

I : La durée de l'intervalle (entre 2 visites), équivalent à la fréquence de passage (en jours),

C : Le nombre de cadavres comptés,

t_m : Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours),

d : L'efficacité de l'observateur ou taux de détection,

p : Le taux de persistance durant l'intervalle, équivalent à la proportion de cadavres qui restent sur le terrain après x jours (x étant le nombre de jours séparant 2 visites, par exemple si on effectue 2 visites par semaine, x = 3,5),

a : Coefficient de correction surfacique.

Korner-Nievergelt et al. (2011) montrent que le modèle d'Erickson sous-estime le nombre de cadavres potentiels lorsque la durée de persistance est faible.

- Jones (2009)

Cette méthode repose sur plusieurs hypothèses, le taux de mortalité est constant sur l'intervalle. La durée de persistance suit une variable exponentielle négative et la probabilité de disparition moyenne sur l'intervalle correspond à la probabilité de disparition d'un cadavre tombé à la moitié de l'intervalle. Le taux de persistance est alors remplacé par la formule suivante :

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

La notion d'intervalle effectif est aussi ajoutée par Jones et al. (2009). Plus l'intervalle I est long et plus le taux de persistance tend vers 0. Un cadavre découvert au bout d'un I très long n'est certainement pas mort au début de cet intervalle. Il est plus vraisemblablement mort dans « l'intervalle effectif » qui correspond à la durée au-delà de laquelle le taux de persistance est inférieur à 1%.

L'intervalle effectif \hat{I} est donc égal à : $-\log(0.01) \times tm$

D'où :

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

On notera que dans l'équation, I prendra la valeur minimale entre I et \hat{I} .

Avec N : Le nombre de cadavres estimés total sur la période et les éoliennes considérées,

C : Le nombre de cadavres comptés,

a : Coefficient de correction surfacique,

d : L'efficacité de l'observateur ou taux de détection,

\hat{I} : Intervalle effectif,

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

I : La durée de l'intervalle (entre 2 visites), équivalent à la fréquence de passage (en jours),

tm : Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours).

- Huso (2010)

Comme Jones, Huso considère une mortalité constante sur l'intervalle et que la probabilité de disparition au point moyen de l'intervalle, n'est pas égale à la probabilité moyenne de persistance d'un cadavre. Le coefficient proposé est plus élevé :

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

D'où :

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

On notera que dans l'équation, I prendra la valeur minimale entre I et \hat{I} .

Avec N : Le nombre total de cadavres estimés sur la période et les éoliennes considérées,

C : Le nombre de cadavres effectivement découverts,

a : Coefficient de correction surfacique,

d : L'efficacité de l'observateur ou taux de détection,

\hat{I} : Intervalle effectif,

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

I : La durée de l'intervalle (entre 2 visites), équivalent à la fréquence de passage (en jours),

tm : Durée moyenne de persistance d'un cadavre (en jours).

Korner-Nievergelt et al. (2011) indiquent que le modèle d'Huso est assez robuste pour des cas où la durée de persistance des cadavres est élevée (tel qu'en Amérique du Nord, en moyenne 32 jours (Arnett et al., 2009)) et la fréquence de prospection supérieure à 14 jours. En revanche, pour des cas où la persistance est plus faible (tel qu'en Europe centrale, en moyenne 4,2 jours (Niermann et al., 2011)) et la fréquence de prospection allant de 1 à 7 jours, le modèle d'Huso tend à surestimer le nombre de cadavres. En outre, la formule d'Huso est particulièrement robuste lorsque l'efficacité de détection est hétérogène dans le temps, c'est-à-dire qu'elle diminue au fur et à mesure des recherches (Huso, 2010). Or, dans la présente étude, l'efficacité de détection est considérée constante et indépendante du nombre de prospections, ce qui a pour effet de produire une surestimation.

4.2.7.2 EolApp (Besnard et Bernard, 2018)

Nous utilisons aussi l'application web Shiny « EolApp » proposé par le CEFE-CNRS (A. Besnard & C. Bernard) pour estimer la mortalité réelle sur site. Cette application permet d'obtenir une médiane des estimations de mortalité (calculée selon les trois modèles statistiques présentés précédemment) encadrée par un intervalle de confiance à 80 % et à 95%.

Cette application web est disponible à l'adresse suivante : <https://shiny.cefe.cnrs.fr/EolApp/>.

Dans cette application, il est nécessaire de renseigner plusieurs informations telles que :

- Le nombre de cadavres trouvés pour chaque visite (1 ligne par visite),
- La durée de persistance des cadavres déposés, en jours : pour chaque cadavre (un cadavre par ligne) le nombre de jours pendant lesquels le cadavre était toujours présent,
- La méthode de calcul employée (paramétrique ou non-paramétrique),
- L'intervalle de temps entre les passages (en jours),
- Le nombre de cadavres déposés pour étude de la détection,
- Le nombre de cadavres trouvés pour étude de la détection,
- Le pourcentage de la surface prospectée (moyen).

Pour ce qui est de la méthode de calcul à employer, il y a deux possibilités, soit non-paramétrique, soit paramétrique. La première option est la plus lente mais elle est plus fiable quand nous disposons d'un nombre limité de passages ou de cadavres détectés. La deuxième méthode est plus rapide mais pertinente uniquement pour des jeux de données très conséquents.

Les résultats sont présentés sous forme d'un tableau, pour chaque formule utilisée (Erickson, Huso et Jones), avec la médiane, l'intervalle de confiance (IC) à 95% (bornes à 2.5% et 97.5%) et celui à 80% (bornes à 10% et 90%). Ces chiffres correspondent au nombre total de mortalités estimées sur l'ensemble de la période d'étude.

4.2.8 Evaluation des impacts du parc éolien de Ids-Saint-Roch

Concernant la définition de l'impact quantitatif du parc éolien sur la faune volante, celui-ci est défini sur la base du taux de mortalité estimé par éolienne et par an. La valeur obtenue est comparée à celles qui sont observés dans le secteur pour les chauves-souris et pour les oiseaux.

Pour l'impact qualitatif défini par espèce, celui-ci se base sur le croisement entre le risque d'occurrence de la mortalité et le niveau de patrimonialité de l'espèce considérée (cf. Figure 33).

Le risque d'occurrence de la mortalité est défini sur la base du croisement entre la sensibilité de l'espèce à l'éolien (définie elle-même sur la liste de T. DÜRR 2023) et le nombre de mortalités retrouvées au cours du suivi (cf. Figure 32).

Figure 32 : Grille de calcul pour la définition du risque d'occurrence de la mortalité (Sensibilité*Nombre de mortalités brutes)

		Sensibilité						
		Très faible	Faible	Faible à modéré	Modéré	Modéré à fort	Fort	Très fort
Nombre de Mortalité	1	Très faible	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré
	2	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort
	3	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort
	4	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort
	5	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort
	6	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort
	7	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort	Très fort
	8	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort	Très fort	Très fort +
	9	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort	Très fort	Très fort +	Très fort +
	10	Fort	Fort	Très fort	Très fort	Très fort +	Très fort +	Très fort ++
	11	Fort	Très fort	Très fort	Très fort +	Très fort +	Très fort ++	Très fort ++

Figure 33 : Grille de calcul pour la définition du niveau d'impact théorique (Patrimonialité*Risque d'occurrence)

		Patrimonialité								
		Très faible	Faible	Faible à modéré	Modéré	Modéré à fort	Fort	Très fort		
Occurrence du risque de mortalité	Très faible	Très faible	Très faible	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort
	Faible	Très faible	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort
	Faible à modéré	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort
	Modéré	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort
	Modéré à fort	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort
	Fort	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort	Très fort
	Très fort	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort	Très fort	Très fort +

4.3 Bilan de la mortalité des chauves-souris

4.3.1 Bilan des mortalités par éolienne

Aucun cadavre de chauves-souris n'a été retrouvé sur le parc de Ids Saint-Roch au cours du suivi de 2023, s'étalant du 4 avril au 25 octobre et comportant 30 visites. De ce fait, l'impact du parc a pu être nul en 2023 concernant les chauves-souris.

Mais il se peut aussi qu'une (ou des) chauve-souris ai(en)t été impactée(s) sans être détectée(s) du fait des biais liés à la détection, à la prédation sur site et à la surface prospectée. Dans cette hypothèse défavorable, un taux de mortalité des chauves-souris est calculé sur la base d'une simulation de la découverte d'un cadavre (hypothèse maximisante).

4.3.2 Taux de mortalité des chauves-souris

4.3.2.1 Planning du suivi de la mortalité et évolution du type de végétation en 2023

Tout au long de la période de suivi, nous avons noté la proportion (sous chaque éolienne suivie) des différents types de végétation.

4 niveaux de difficulté de prospection ont donc été créés :

- Niveau 1 : très facilement prospectable (gravier, chemin d'accès ...),
- Niveau 2 : facilement prospectable (végétation éparsée ou basse, ...),
- Niveau 3 : moyennement prospectable (végétation plus haute, hétérogénéité du milieu, ...)
- Niveau 4 : non prospectable (zone boisée, arbustes, ...).

Cette proportion est calculée au prorata de la **surface prospectée** (types 1, 2 et 3) et n'intègre donc pas les zones non prospectables (type 4).

Le tableau ci-contre montre la part moyenne de chaque niveau de difficulté de prospection au cours du suivi (**parmi les zones prospectables**), ainsi que la mortalité constatée à chaque visite sous les éoliennes suivies (**pour rappel, ici mortalité constatée = mortalité simulée**).

Figure 34 : Tableau récapitulatif des proportions (%) de chaque niveau de difficulté de prospection parmi les secteurs prospectables et de la mortalité constatée pour chaque visite (en fin de tableau : moyenne des proportions de chaque niveau de difficulté de prospection sur la période de suivi et nombre total de chauves-souris retrouvées)

Date des visites	Végétation			Mortalité chauves-souris
	Type 1	Type 2	Type 3	
4-avr.	19,70	80,30	0,00	
13-avr.	19,70	80,30	0,00	
20-avr.	32,71	67,29	0,00	
27-avr.	21,13	78,87	0,00	
4-mai	18,94	74,49	6,57	
11-mai	21,19	70,34	8,47	
19-mai	34,56	58,99	6,45	
25-mai	33,78	44,59	21,62	
1-juin	37,31	8,46	54,23	
8-juin	81,52	18,48	0,00	
15-juin	60,48	39,52	0,00	
23-juin	59,06	40,94	0,00	
29-juin	39,06	60,94	0,00	
6-juil.	58,59	39,06	2,34	
13-juil.	75,00	21,25	3,75	
20-juil.	60,87	39,13	0,00	
27-juil.	33,07	66,93	0,00	
2-août	30,50	69,50	0,00	
10-août	21,61	78,39	0,00	
17-août	24,19	75,81	0,00	
23-août	20,53	79,47	0,00	1
31-août	32,89	67,11	0,00	
6-sept.	29,88	70,12	0,00	
11-sept.	25,77	74,23	0,00	
20-sept.	30,00	70,00	0,00	
27-sept.	36,95	63,05	0,00	
5-oct.	30,00	70,00	0,00	
11-oct.	28,57	71,43	0,00	
18-oct.	37,50	62,50	0,00	
25-oct.	31,25	68,75	0,00	
Moyenne	36,21	60,34	3,45	1,00

Simulation

1

4.3.2.2 Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules)

Deux tests de détection et de prédation ont été menés le 4 avril et le 11 septembre 2023 pour apprécier les coefficients correcteurs nécessaires au calcul du taux de mortalité.

■ Taux de détection

Figure 35 : Tableau des résultats des tests de découverte et calcul du coefficient de détection d

Type végétation	Eolienne	Date test	Nb de peluches déposées	Nb de peluches découvertes	Taux de détection (d)
Moyen	Moyenne	Moyenne	20	11	0,55
Type 1	Moyenne	Moyenne	10	5	0,50
Type 2	Moyenne	Moyenne	10	6	0,60

Le taux de détection correspond à la proportion de cadavre découvert par l'observateur :

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

Le taux de détection étant logiquement lié à la hauteur de végétation, et de façon plus générale à la difficulté de prospection, nous avons pondéré les calculs en fonction de ces 3* niveaux de difficulté vus précédemment. (*seulement en fonction des types 1 et 2 dans le cas présent dû à l'absence de type 3 lors de la réalisation des tests).

Les zones de type 4 n'ont pas fait l'objet d'un test de détection, puisqu'elles n'ont pas été prospectées au cours du suivi. En effet, elles ne peuvent pas être prospectées de façon rigoureuse (cadavres retenus dans les branchages au niveau des zones arborées). Cet autre biais est pris en compte avec le calcul du coefficient de correction surfacique (cf. paragraphe plus bas).

Ici, le taux de détection est de 0,55. **Autrement dit, 55% des peluches dispersées ont été retrouvées**, ce qui correspondant à une bonne détection compte tenu de la faible taille des leurres utilisés. Rappelons qu'au niveau de ces calculs relatifs aux chauves-souris, ne sont utilisés que les résultats obtenus à partir des peluches-test de petite taille (souris). Ceux obtenus à partir des cadavres de plus grande taille seront utilisés pour les calculs relatifs à la mortalité des oiseaux.

■ Taux de persistance

Figure 36 : Tableau des résultats des tests de persistance ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance

Type végétation	Eolienne	Date test	Dépôt	Nombre de jours après dépôt				Tm	p_moyen
				1	3	9	16		
Moyen		Moyenne	30	28	17	1	0	2,27	0,21
Type 1		Moyenne	15	15	9	0	0	2,20	0,20
Type 2		Moyenne	15	13	8	1	0	2,33	0,23

■ Paramètre p (formule d'Erickson adaptée)

« p », utilisé pour la formule d'Erikson (adaptée), caractérise un taux de persistance sur la base de l'intervalle de temps de retours moyen entre deux visites au cours de la campagne de suivi (I).

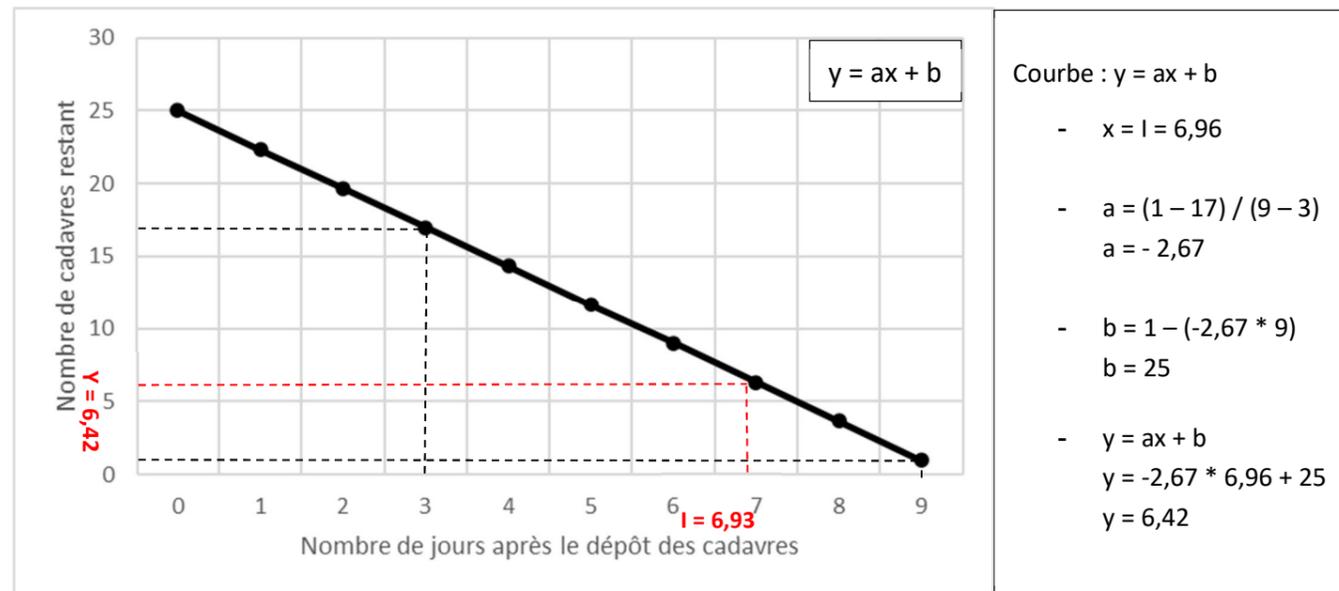
Dans notre cas précis, cet intervalle I moyen entre deux visites est calculé précisément en fonction du planning de suivi de la campagne 2023. On obtient un intervalle moyen de l'ordre de **I = 6,96**.

Figure 37 : Proportion de chaque intervalle de visites et définition de l'intervalle pondéré (en jours)

Durée intervalle (en jours)	Nombre d'intervalles	Total
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	1	5
6	6	36
7	15	105
8	5	40
9	1	9
10	0	0
Total	28	195
Intervalle pondéré (tot)		6,96

En considérant que la diminution du nombre de cadavres est linéaire entre les retours tests de 1 à 16 jours, on estime le nombre de cadavres restant à l jours. Le schéma suivant montre les étapes de calcul du « nombre de cadavres encore présents après l jours ».

Figure 38 : Schéma de calcul du « nombre de cadavres encore présents après l jours »



De ce fait,

$$p = \frac{\text{Nombre de cadavres encore présents après } l \text{ jours}}{\text{Nombre de cadavres déposés au départ}} = \frac{6,42}{30} = 0,21$$

Ainsi, on obtient une valeur de **p = 0,21**.

■ Paramètre Tm (formules de Erickson + Jones + Huso)

Le paramètre Tm traduit la durée moyenne de persistance d'un cadavre. Tm se calcule sur la durée au bout de laquelle tous les cadavres test ont disparus. Dans notre cas précis, **Tm = 2,27**.

La durée moyenne de persistance d'un cadavre en jour est donc de :

$$tm = \frac{Nb \text{ cadavres persistant } 1 \text{ jour } j_{+1} + Nb \text{ cadavres persistant } 2 \text{ jours } j_{+2} \times 2 + Nb \text{ cadavres } j_{+4} \times 4 + \dots}{Nb \text{ cadavres présent}_{\text{Départ}}}$$

Autrement dit, la vitesse de disparition des cadavres est légèrement supérieure à 2 jours.

■ Coefficient de correction surfacique

Le coefficient surfacique sert à corriger le fait que certaines zones autour des éoliennes (notamment les forêts ou les haies denses) ne soient pas prospectées. Plusieurs formules peuvent être utilisées pour prendre en compte ce biais. Dans notre cas précis, la formule d'Arnett (2005) sera celle utilisée.

Arnett (2005) propose un mode de calcul du coefficient surfacique qui prend en compte à la fois la dispersion des cadavres découverts sous les éoliennes et la proportion de surfaces prospectées par classes de distances vis-à-vis du mât de l'éolienne. Cette estimation est basée sur la formule suivante, revue par CORNU & VINCENT 2010. Il s'agit de subdiviser la surface prospectable en cercles centrés sur l'éolienne et dont les rayons respectifs sont de 14, 28, 42, 56, 70 et 84 m, de sorte de la surface considérée soit proche des 1,7 ha de prospection réalisée. La proportion de surface prospectée sur chacune des tranches de cercle est calculée et pondérée par le nombre de cadavres retrouvés sur ces tranches.

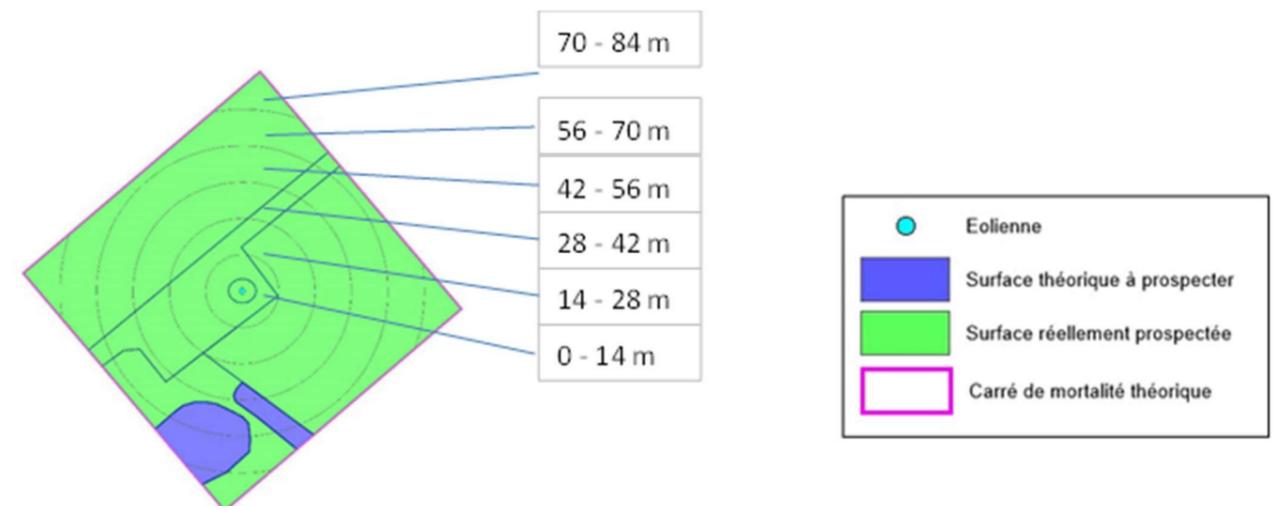
$$A = \frac{\sum_k C_k / S_k}{\sum_k C_k}$$

Avec

- A = coefficient de correction surfacique pondéré par la dispersion.
- C = nombre de cadavres retrouvés dans le cercle k.
- S = proportion de la surface du cercle k prospectée.

Le schéma suivant détaille ces différents cercles concentriques mis en relation avec la surface réellement prospectée autour d'une éolienne.

Figure 39 : Schéma des différents cercles concentriques utilisés pour le calcul du coefficient surfacique



Le tableau suivant détaille la base de calculs pour la dispersion des cadavres découverts en 2023 en fonction des surfaces prospectées (en hectare).

Figure 40 : Tableau détaillant les valeurs utilisées pour le calcul du coefficient surfacique a

	Surface à prospecter par éolienne	Nombre d'éolienne suivie	Surface à prospecter totale	Surface réellement prospectée (toute éolienne confondues, en ha)	Pourcentage prospecté	Nombre de cadavre de chauve-souris
70m - 84m	0,1948	6	1,17	0,34	29,23	0
56m - 70m	0,4847	6	2,91	0,93	32,05	0
42m - 56m	0,4308	6	2,58	0,91	35,17	0
28m - 42m	0,3077	6	1,85	0,77	41,52	0
14m - 28m	0,1846	6	1,11	0,66	59,56	1
0m - 14m	0,0615	6	0,37	0,31	84,58	0

a = 1,68

Simulation

4.3.2.3 Estimation de la mortalité avec nos tableurs EXCEL

Le tableau suivant synthétise les valeurs des paramètres nécessaires aux calculs des différentes équations.

Figure 41 : Paramètres de calcul utilisés dans les équations

Paramètres	Valeurs	Explications
C	1,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
d	0,55	Valeur du taux de détection globale tout type de recouvrement confondu
p	0,21	Valeur du taux de persistance globale tout type de recouvrement confondu
tm	2,27	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain globale tout type de recouvrement confondu
l	6,96	Pas de temps du suivi
î	4,53	$\hat{l} = -\log(0.01) * tm$
ê	0,65	$\hat{e} = \text{Min}(l/\hat{l}) / l$
a	1,68	Coefficient de correction surfacique

Simulation

Sur la base des paramètres précédents, les résultats de calculs des taux de mortalités sont les suivants pour les différentes formules utilisées (sachant que les valeurs de chaque paramètre est arrondi au centième).

Erickson adaptée :

$$N = \frac{I \times (C - C \times p)}{tm \times d} \times a = \frac{6,96 \times (1 - 1 \times 0,21)}{2,27 \times 0,55} \times 1,68 = 9,36$$

Erickson réelle :

$$N = \frac{I \times C}{tm \times d} \times a = \frac{6,96 \times 1}{2,27 \times 0,55} \times 1,68 = 9,38$$

Jones :

$$N = \frac{C}{d \times \hat{e} \times e^{(-0.5 \times l / tm)}} \times a = \frac{1}{0,55 \times 0,65 \times e^{(-0.5 \times 6,96 / 2,27)}} \times 1,68 = 12,75$$

Huso :

$$N = \frac{C}{d \times \frac{tm \times (1 - e^{-l / tm})}{l}} \times \hat{e} \times a = \frac{1}{0,55 \times \frac{2,27 \times (1 - e^{-6,96 / 2,27})}{6,96}} \times 1,68 = 10,85$$

Tous ces résultats correspondent aux différentes estimations du nombre de chauves-souris mortes sur la période allant du 4 avril au 25 octobre 2023 (7 mois) et pour les 6 éoliennes suivies. Pour permettre des comparaisons entre les parcs éoliens, ces valeurs sont ramenées par éolienne et par an. Mais dans la mesure où ici l'ensemble des éoliennes du parc ont été suivies (6 éoliennes) et que la durée du suivi de la mortalité au sol (7 mois) est conforme à la période d'activité des chauves-souris (7 mois, d'après le suivi en nacelle) dans le secteur, aucune correction n'est à appliquer.

Finalement, le tableau suivant synthétise les résultats pour chacune des formules utilisées. Il aboutit à un **résultat moyen de l'ordre de 1,76 mortalités par éolienne et par an**, avec une fourchette oscillant entre 1,56 et 2,12 mortalités par éolienne et par an selon les formules utilisées.

Figure 42 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2023

	Erickson		Jones	Huso	Moyenne
	adaptée	réelle			
Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi	9,36	9,38	12,75	10,85	10,58
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	1,56	1,56	2,12	1,81	1,76
Mortalité par éolienne et par mois	0,22	0,22	0,30	0,26	0,25
Mortalité par éolienne et pour une année	1,56	1,56	2,12	1,81	1,76
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	9,36	9,38	12,75	10,85	10,58

4.3.2.4 Estimation de la mortalité avec l'application « EolApp »

Le tableau suivant détaille l'ensemble de ces paramètres.

Figure 43 : Paramètres à renseigner dans l'application « EolApp »

Paramètres	Valeur
Intervalle de temps entre les passages	6,96
Nombre de peluches déposées pour l'étude de détection	20
Nombre de peluches découvertes pour l'étude de détection	11
Pourcentage de la surface prospectée	0,39

Les résultats sont présentés sous forme d'un tableau, pour chaque formule utilisée (Erickson, Huso et Jones), avec la médiane, l'intervalle de confiance (IC) à 95% (bornes à 2.5% et 97.5%) et celui à 80% (bornes à 10% et 90%). Ces chiffres correspondent au nombre total de mortalités estimées sur l'ensemble de la période d'étude et par éolienne. Là encore, aucune correction ne sera apportée aux valeurs obtenues puisque la durée du suivi de la mortalité est conforme à la période d'activité en hauteur des chiroptères.

Figure 44 : Sortie de l'application EolApp (IC : Intervalle de confiance)

Formule	Médiane	IC à 95%		IC à 80%	
		IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	13,52	0,00	55,63	0,00	36,92
Huso	14,16	0,00	57,90	0,00	38,66
Jones	20,28	0,00	89,65	0,00	58,21
Moyenne par éolienne	2,66	0,00	11,29	0,00	7,43

En considérant les 3 modèles, la mortalité en 2023 est estimée à **2,66 mortalités par éolienne et par an**, avec un intervalle de confiance à 95% de [0,00 - 11,29] et un intervalle de confiance à 80% de [0,00 - 7,43].

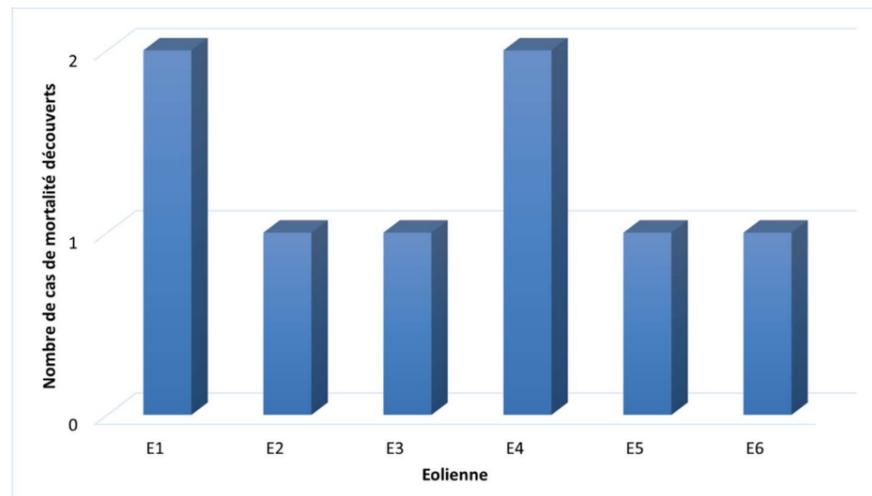
Les résultats entre les 2 méthodes de calcul sont comparables entre eux. **Le taux de mortalité est estimé à entre 1,76 et 2,66 cas par éolienne et par an, soit entre 10,56 et 15,96 cas pour le parc entier et par an.**

4.4 Bilan de la mortalité des oiseaux

4.4.1 Bilan des mortalités par éolienne

8 cadavres d’oiseaux furent retrouvés sous les éoliennes au cours de la campagne de suivi menée entre le 4 avril et le 25 octobre 2023. Pour 30 visites de recherche réalisées au cours de cette période de 7 mois, cela représente une moyenne de 1,14 oiseau découvert par mois pour l’ensemble du parc éolien (soit 6 éoliennes).

Figure 45 : Bilan des mortalités relevées au sol en 2023 et répartition par éolienne



Toutes les éoliennes du parc de Ids-Saint-Roch ont été à l’origine de mortalités avérées en 2023. Les éoliennes E1 et E4 sont les plus accidentogènes avec 2 cas observés.

4.4.2 Chronologies constatées et corrigées des mortalités d’oiseaux

Le premier graphique de la Figure 46 représente la chronologie des découvertes d’oiseaux morts sur l’ensemble du parc éolien en 2023.

Le délai qui s’écoule entre la mort des oiseaux et la date des découvertes dépend du pas de temps de retour entre deux visites et de l’efficacité du chercheur (cf. Recueil des données et destination des cadavres page 40).

Si on veut tenter d’analyser même grossièrement cette chronologie des mortalités avec différents facteurs d’influence, nous cherchons à estimer la date de la mortalité de chaque cadavre en fonction de son état au moment de la découverte. Quand il est trouvé, chaque cadavre fait en effet l’objet d’une description de son état de décomposition, avec une estimation approximative de la date de la mort.

Cette estimation reste approximative pour la présente étude, le niveau de précision nécessaire pour la suite des analyses étant aussi assez grossier. Ainsi, il convient de rester prudent sur toute analyse trop fine issue de la chronologie estimée des mortalités.

Le deuxième graphique de la page suivante synthétise cette estimation corrigée de la date des mortalités (avérées ou supposées). La différence est peu significative sur une si large échelle de temps, mais elles pourront avoir certains intérêts pour d’éventuelles confrontations à postériori entre ces découvertes et les conditions météorologiques par exemple.

Les cas de mortalité sont concentrés sur le début et la fin de la période de suivi, c’est-à-dire en fin de printemps / début d’été (avril-mai) et en fin d’été / début d’automne (septembre-octobre).

Aucun cas n’a été recensé entre les mois de juin et d’août. 3 des 30 visites concentrent à elles-seules 7 des 8 cas de mortalités découverts.

Figure 46 : Chronologie des découvertes d'oiseaux (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne en 2023



4.4.3 Typologie des cas de mortalité découverts au sol

Le **cortège d'espèces impactées en 2023 est diversifié** puisque parmi les 8 découvertes effectuées dans le cadre des visites mortalité, 6 espèces sont représentées : l'Alouette des champs, l'Alouette lulu, le Canard colvert, le Faucon crécerelle, le Merle noir et le Roitelet à triple bandeau.

Parmi ces 6 espèces, la moitié sont protégées (Alouette lulu, Faucon crécerelle et Roitelet à triple bandeau), tandis que les autres sont classées comme gibier chassable (Alouette des champs, Canard colvert, Merle noir).

La moitié des espèces identifiées sont des espèces chassables dont les statuts de conservation ne sont pas défavorables à l'échelle nationale et régionale (en préoccupation mineure). La patrimonialité du Merle noir et du Canard colvert est jugé Très faible. Celle de l'Alouette des champs (espèce chassable) est considérée comme Faible à modérée, du fait de ses statuts « quasi-menacé » en France et en région Centre.

Pour les espèces protégées, leurs statuts de conservation ne sont pas défavorables aux différentes échelles ; elles ne sont donc pas considérées comme patrimoniales, excepté pour une espèce : l'Alouette lulu. Inscrite à l'annexe 1 de la Directive Oiseaux au niveau européen, sa patrimonialité est jugée Modérée.

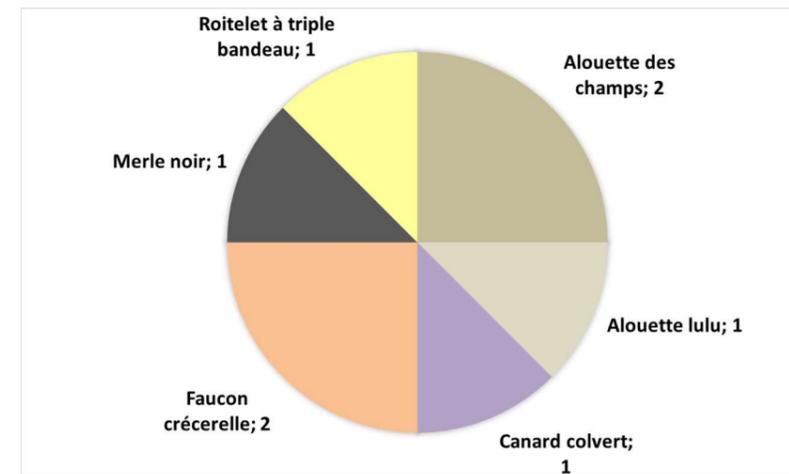
Le tableau ci-dessous présente les statuts de protection et de conservation des espèces correspondant aux découvertes effectuées sous les éoliennes.

Figure 47 : Tableau représentant les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux correspondant aux découvertes effectuées sous les éoliennes dans le cadre du suivi de la mortalité

Nom Français	Nom Latin	Type	Statut de protection			Statut de conservation						Valeur patrimoniale
			Protec. Fr.	Protec. UE	Conv. Berne	Liste rouge Mondiale	Liste rouge Européenne	Listes rouges nationales (oiseaux nicheurs)	Listes rouges nationales (oiseaux hivernants)	Listes rouges nationales (oiseaux de passage)	Liste Rouge Région Centre (oiseaux nicheurs)	
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure	Quasi menacée	Préoc. mineure	NA	Quasi menacée	Faible à modéré
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	Passereau	P	O.1	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure	Préoc. mineure	NA	NA	Préoc. mineure	Modéré
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	Oiseau d'eau	GC	O.2.1 / O.3.1	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure	Préoc. mineure	Préoc. mineure	NA	Préoc. mineure	Très faible
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Petit rapace	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure	Quasi menacée	NA	NA	Préoc. mineure	Faible à modéré
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure	Préoc. mineure	NA	NA	Préoc. mineure	Très faible
Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	Passereau	P			Préoc. mineure	Préoc. mineure	Préoc. mineure	NA	NA	Préoc. mineure	Faible

Le graphique suivant synthétise la proportion des effectifs retrouvés par espèce. L'Alouette des champs et le Faucon crécerelle sont les espèces les plus impactées avec 2 découvertes chacune.

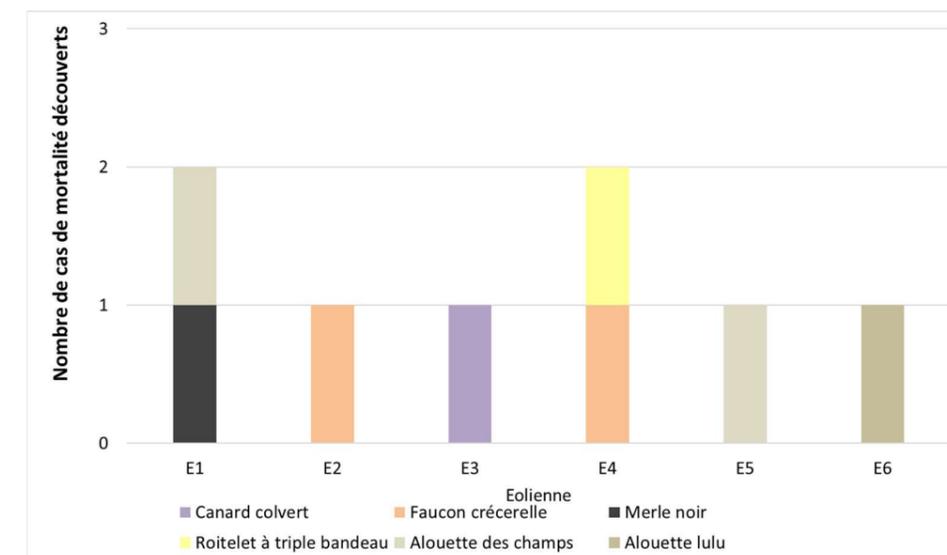
Figure 48 : Répartition des découvertes par espèce d'oiseaux en 2023



4.4.4 Relation espèce / éolienne

Le graphique suivant précise la répartition des découvertes.

Figure 49 : Histogramme de la répartition des espèces découvertes par éolienne en 2023



Comme vu précédemment, toutes les éoliennes ont induit un impact sur les oiseaux en 2023. Cependant, les cas de mortalité pour une même espèce (l'Alouette des champs et le Faucon crécerelle) sont répartis sur des machines différentes et non mitoyennes :

- Alouette des champs : mortalités constatées sous E1 et E5 ;
- Faucon crécerelle : mortalités constatées sous E2 et E4.

Au vu du contexte paysager du parc, homogène entre les éoliennes, il n'est pas étonnant que des individus d'une même espèce soit retrouvée sous des éoliennes différentes.

4.4.5 Chronologie des mortalités, phénologies des espèces et tentatives d'interprétations

La figure suivante représente les dates estimées (corrigées) des mortalités par espèce en 2023. Il s'agit de rechercher l'expression de certaines explications phénologiques (migration, vol de parade, dispersion des jeunes...) ou comportementales spécifiques (chasse, transit, migration...).

Les découvertes de mortalités sont concentrées en début et en fin de suivi.

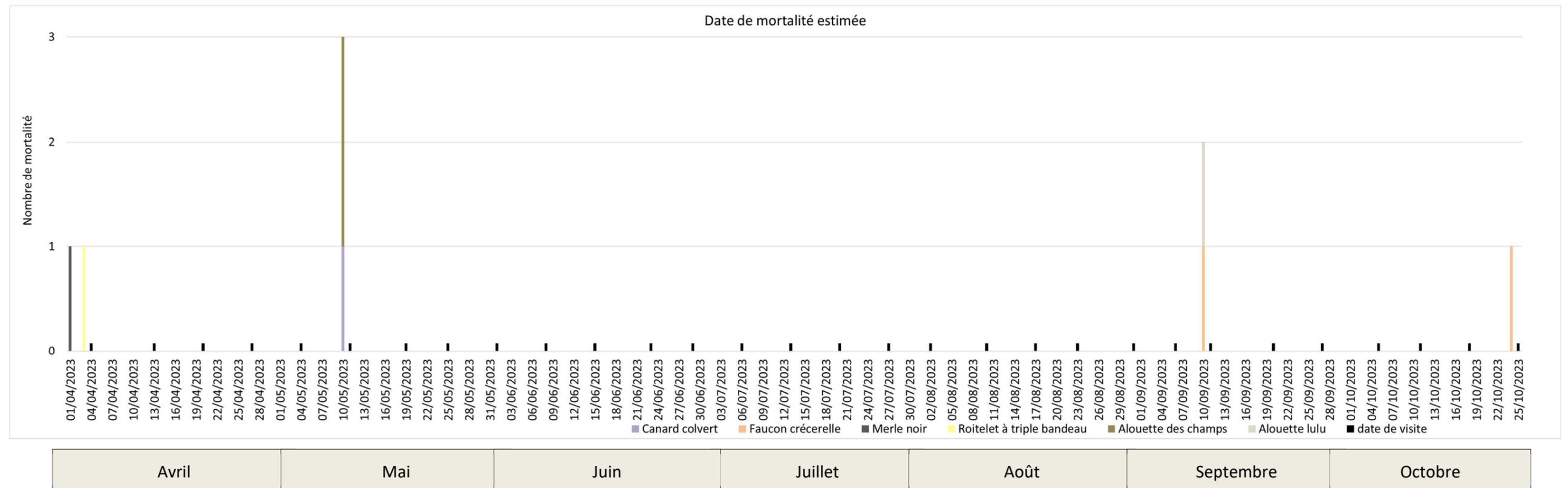
Pour les cas de mortalité relevés entre avril et mai, selon les espèces, il peut s'agir d'individus migrateurs, ou nuptiaux. Le Roitelet à triple bandeau migre la nuit mais à cette période de l'année, il peut aussi s'agir d'un individu nuptial. Pour le Canard colvert, sa découverte sous les éoliennes est originale (individu décapité). Espèce chassable sur tout le département entre le 24 septembre et le 31 janvier, la piste d'une mortalité non liée aux éoliennes est exclue. L'espèce étant migratrice, il est possible que l'individu impacté soit migrateur ou bien qu'il s'agisse d'un individu sédentaire nuptial.

Les populations de Merle noir sont sédentaires ou migratrices pour les nordistes (avec une migration-prénuptiale entre fin février et mi-avril). L'individu impacté peut être un individu nuptial ou un migrateur.

L'Alouette des champs a été impactée à 2 reprises en période nuptiale. Le vol atypique des mâles d'Alouette des champs est d'ailleurs connu pour exposer l'espèce au risque de collision en période nuptiale. Ces derniers marquent leur territoire par des vols qui commencent par un essor rapide jusqu'à un palier à une hauteur variable. À partir de là, les mâles entament au-dessus de leur territoire des orbites d'un vol lent aux battements très particuliers (en superposition avec le rotor).

Entre septembre et octobre, il peut s'agir d'individus inter nuptiaux, voire des migrateurs post-nuptiaux, d'après la phénologie des espèces impactées. Concernant l'Alouette lulu, l'hypothèse d'un individu en migration n'est pas à exclure, puisque les populations nordiques migrent, mais il pourrait aussi s'agir d'un individu sédentaire inter nuptial. Pour le Faucon crécerelle (espèce sédentaire), les 2 cas concernent des individus inter nuptiaux. Le vol stationnaire du faucon, entrecoupé de piqués vers le sol, pour chasser des micromammifères le rend vulnérable lorsqu'il se trouve proche des éoliennes. Sans compter, son opportunisme pour utiliser des éléments des éoliennes en tant que perchoirs.

Figure 50 : Répartition des découvertes d'oiseaux par espèce (effectifs constatés) à l'occasion du suivi mortalité au sol de 2023



4.4.6 Interprétation par espèce

➤ Alouette des champs (2 cas)

Deux cadavres d'Alouette des champs (*Alauda arvensis*) ont été découverts le 11 mai 2023 au niveau des éoliennes E1 et E5. Il s'agit d'un adulte et d'un juvénile.

L'Alouette des champs affectionne les paysages ouverts sans arbre ni végétation haute, sous climats océanique, tempéré et continental. En Europe, l'alouette des champs est un oiseau migrateur partout à l'exception de la Grande-Bretagne et peut-être du sud de la France (SPAEPEN, 1995). La migration pré-nuptiale se déroule de début février à début avril (ORNIS, 2001). Les individus impactés étaient donc nicheurs, en période nuptiale. Le juvénile impacté était volant, mais devait être un jeune de l'année (bec présentant les critères morphologiques des juvéniles).

Comme évoqué précédemment, l'espèce est particulièrement sensible à l'éolien à cette époque de l'année, puisque son comportement de vol en période nuptiale l'amène au niveau des rotors. Pour le juvénile, il a pu être impacté lors de ses premiers vols.

Figure 51 : Photographie du cadavre d'Alouette des champs (adulte) retrouvé le 11 mai 2023 sous l'éolienne E1



➤ Alouette lulu (1 cas)

Un cadavre d'Alouette lulu (*Lullula arborea*) a été découvert le 11 septembre 2023 sous l'éolienne E6.

L'Alouette lulu occupe les milieux ouverts à semi-ouverts, sur sol bien drainé à couverture herbacée basse et éparse. En hiver, l'espèce est rare au nord d'une ligne Caen-Genève, et la plupart des sites hivernaux ne sont occupés qu'un hiver sur les trois. Au sud de cette ligne, les oiseaux sont sédentaires et grossissent leurs effectifs à cette époque de l'année. Le flux migratoire des oiseaux nordiques et nord-orientaux atteint la France en septembre-octobre (YEATMAN-BERTHELOT & JARRY, 1994).

Le cas de mortalité constaté début septembre concerne donc soit un individu sédentaire en début de phase inter nuptiale, soit un individu provenant d'une population plus nordique en période de migration.

Figure 52 : Photographie du cadavre d'Alouette lulu retrouvée sous l'éolienne E6 le 11 septembre 2023



➤ Canard colvert (1 cas)

Un cadavre de Canard colvert (*Anas platyrhynchos*) a été découvert le 11 mai 2023 au niveau de l'éolienne E3.

Cette espèce fréquente toutes sortes de milieux humides, eaux stagnantes comme courantes. La nuit, les colverts peuvent quitter les points d'eau pour la campagne environnante (prairies et cultures) afin de se nourrir. Pour les sédentaires, la ponte peut se faire dès février jusqu'en juillet. Le Canard colvert est un migrateur partiel, les populations nordiques hivernent dans le sud de l'Europe. La migration vers les sites de nidification s'effectue de février à mai.

Le cas de mortalité constaté le 11 mai concerne donc probablement un individu sédentaire en période nuptiale. Cependant, un individu appartenant à une population nordique en migration n'est pas totalement à exclure.

Figure 53 : Photographie du cadavre de Canard Colvert décapité découvert le 11 mai 2023 sous l'éolienne E3



➤ Faucon crécerelle (2 cas)

Deux cadavres de Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*) ont été retrouvés le 11 septembre et le 25 octobre, respectivement sous les éoliennes E2 et E4.

Le Faucon crécerelle est un oiseau sédentaire dans la majeure partie de son aire. Seules les populations les plus nordiques sont migratrices. C'est un oiseau plutôt solitaire en dehors de la période de la période de nidification. Il se reproduit par couples isolés et territoriaux. Constaté en septembre et octobre, les cas de mortalité concernent des individus en période post nuptiale.

Figure 54 : Photographie du Faucon crécerelle retrouvé le 25 octobre 2023 sous l'éolienne E4



➤ **Merle noir (1 cas)**

Un cadavre de Merle noir (*Turdus merula*) a été découvert le 4 avril sous l'éolienne E1.

Le Merle noir est une espèce forestière capable d'occuper pratiquement tous les milieux arborés, L'espèce est considérée comme sédentaire en France mais certaines populations d'Europe du Nord et de l'Est sont migratrices.

Le cas de mortalité constaté en avril concerne certainement un individu nicheur. Les merles noirs sont des oiseaux nichant de manière assez précoce une fois l'arrivée du printemps. Mais il pourrait aussi s'agir d'un individu nordiste migrateur.

Figure 55 : Photographie du cadavre de Merle noir retrouvé le 4 avril 2023 sous l'éolienne E1



➤ **Roitelet à triple bandeau (1 cas)**

Un cadavre de Roitelet à triple bandeau (*Regulus ignicapilla*) a été découvert le 4 avril 2023 sous l'éolienne E4.

Espèce forestière, le Roitelet à triple bandeau est un insectivore exclusif. La période de nidification du Roitelet triple bandeau s'étend d'avril en août. Deux nichées successives sont possibles. L'espèce est migratrice partielle.

Le cas de mortalité constaté début avril concerne soit un individu sédentaire en début de période nuptiale, soit un individu en migration pré nuptiale. Cette espèce habituellement discrète, s'expose régulièrement au risque de collision avec les éoliennes en période de migration nocturne.

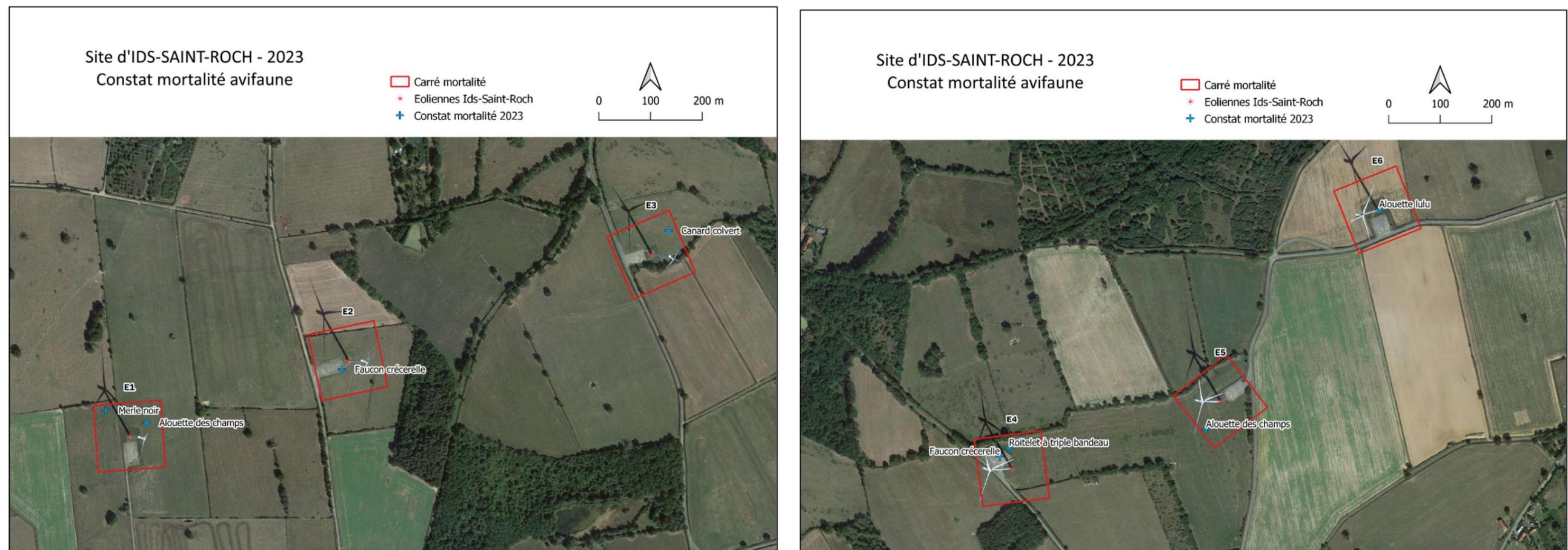
Figure 56 : Photographie du cadavre de Roitelet à triple bandeau découvert le 4 avril 2023 sous l'éolienne E4



4.4.7 Dispersion des cadavres sous les éoliennes

Les cartes ci-dessous permettent de localiser les 8 constats de mortalités effectués lors de la campagne de terrain 2023. Aucun facteur géographique et topographique ne permet réellement d'expliquer la localisation des mortalités d'oiseaux autour des éoliennes. On peut simplement noter que 5 des 8 cas ont été découverts dans une large orientation nord par rapport aux mâts des éoliennes et que plusieurs sont relevés sur les plateformes (facilitant leur découverte).

Figure 57 : Cartes des données brutes de mortalité avifaunistique (2023)



4.4.8 Taux de mortalité des oiseaux

4.4.8.1 Planning du suivi de la mortalité et évolution du type de végétation en 2023

Tout au long de la période de suivi, nous avons noté la proportion (sous chaque éolienne suivie) des différents types de végétation.

4 niveaux de difficulté de prospection ont donc été créés :

- Niveau 1 : très facilement prospectable (gravier, chemin d'accès ...),
- Niveau 2 : facilement prospectable (végétation éparsée ou basse, ...),
- Niveau 3 : moyennement prospectable (végétation plus haute, hétérogénéité du milieu, ...),
- Niveau 4 : non prospectable (zone boisée, ...).

Pour rappel, cette proportion est calculée au prorata de la **surface prospectée (et n'intègre donc pas les zones non prospectables)**.

Le tableau ci-contre montre la part moyenne de chaque niveau de difficulté de prospection au cours du suivi (**parmi les zones prospectables**), ainsi que la mortalité constatée à chaque visite sous les éoliennes suivies.

Figure 58 : Tableau récapitulatif des proportions (%) de chaque niveau de difficulté de prospection parmi les secteurs prospectables et de la mortalité constatée pour chaque visite (en fin de tableau : moyenne des proportions de chaque niveau de difficulté de prospection sur la période de suivi et nombre total d'oiseaux retrouvés sous les éoliennes)

Date des visites	Végétation			Mortalité cadavre oiseaux
	Type 1	Type 2	Type 3	
4-avr.	19,70	80,30	0,00	2
13-avr.	19,70	80,30	0,00	
20-avr.	32,71	67,29	0,00	
27-avr.	23,51	76,49	0,00	
4-mai	18,94	74,49	6,57	
11-mai	21,19	70,34	8,47	3
19-mai	34,56	58,99	6,45	
25-mai	33,78	44,59	21,62	
1-juin	37,31	8,46	54,23	
8-juin	81,52	18,48	0,00	
15-juin	60,48	39,52	0,00	
23-juin	59,06	40,94	0,00	
29-juin	39,06	60,94	0,00	
6-juil.	58,59	39,06	2,34	
13-juil.	75,00	21,25	3,75	
20-juil.	60,87	39,13	0,00	
27-juil.	33,07	66,93	0,00	
2-août	30,50	69,50	0,00	
10-août	21,61	78,39	0,00	
17-août	24,19	75,81	0,00	
23-août	20,53	79,47	0,00	
31-août	32,89	67,11	0,00	
6-sept.	29,88	70,12	0,00	
11-sept.	25,77	74,23	0,00	2
20-sept.	30,00	70,00	0,00	
27-sept.	36,95	63,05	0,00	
5-oct.	30,00	70,00	0,00	
11-oct.	28,57	71,43	0,00	
18-oct.	37,50	62,50	0,00	
25-oct.	31,25	68,75	0,00	1
Moyenne	36,29	60,26	3,45	8,00

4.4.8.2 Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules)

Deux tests de détection ont été menés le 4 avril 2023 et le 11 septembre 2023 ainsi que deux tests de persistance réalisés aux mêmes dates pour apprécier les coefficients correcteurs nécessaires au calcul du taux de mortalité.

▪ Taux de détection

Figure 59 : Tableau des résultats des tests de découverte et calcul du coefficient de détection d

Type végétation	Eolienne	Date test	Nb de peluches déposées	Nb de peluches découvertes	Taux de détection (d)
Moyen	Moyenne	Moyenne	20	20	1,00
Type 1	Moyenne	Moyenne	9	9	1,00
Type 2	Moyenne	Moyenne	11	11	1,00

Le taux de détection correspond à la proportion de cadavre découvert par l'observateur :

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

Le taux de détection étant logiquement lié à la hauteur de végétation, nous avons pondéré les calculs en fonction de cette hauteur de végétation et des 3* types de niveau vus précédemment (*seulement en fonction des types 1 et 2 dans le cas présent dû à l'absence de type 3 lors de la réalisation du test).

Rappelons qu'au niveau de ces calculs relatifs aux oiseaux, sont utilisés les résultats obtenus à partir des peluches-test de tailles différentes de façon à représenter l'éventail de tailles des espèces d'oiseaux (rapace de grande taille aux passereaux de taille plus petite).

Le taux de détection est de 1. **Autrement dit, 100 % des peluches dispersées ont été retrouvées, correspondant à une très bonne détection des leurres de la taille des oiseaux.**

▪ Taux de persistance

Figure 60 : Tableau des résultats des tests de persistance ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance

Type végétation	Eolienne	Date test	Dépôt	Jour de dépôt				Tm	p_moyen
				1	3	9	16		
Moyen		Moyenne	40	37	23	1	0	2,23	0,21
Type 1		Moyenne	21	20	12	0	0	2,10	0,19
Type 2		Moyenne	19	17	11	1	0	2,37	0,23

■ Paramètre p (formule d'Erickson adaptée)

« p », utilisé pour la formule d'Erickson (adaptée), caractérise un taux de persistance sur la base de l'intervalle de temps de retours moyen entre deux visites au cours de la campagne de suivi (I).

Dans notre cas précis, cet intervalle I moyen entre deux visites est calculé précisément en fonction du planning de suivi de l'année 2023. On obtient un intervalle moyen de l'ordre de **I = 6,93**.

En considérant que la diminution du nombre de cadavres est linéaire entre les retours tests de 1 et 16 jours, on estime le nombre de cadavres restant à I jours. Ainsi, on obtient une valeur de **p = 0,21**.

■ Paramètre Tm (formules de Erickson + Jones + Huso)

Le paramètre Tm traduit la durée moyenne de persistance d'un cadavre. Tm se calcule sur la durée au bout de laquelle tous les cadavres test ont disparus.

La durée moyenne de persistance d'un cadavre en jour est donc de :

$$tm = \frac{Nb\ cadavres\ persistant\ 1\ jour_{j+1} + Nb\ cadavres_{j+2} \times 2 + Nb\ cadavres_{j+4} \times 4 + \dots}{Nb\ cadavres\ présent_{Départ}}$$

Dans notre cas précis, **Tm est égal à 2,23. Autrement dit, il faut un peu plus de 2 jours pour que les cadavres disparaissent.**

▪ Coefficient de correction surfacique

Comme pour les chauves-souris, le tableau suivant détaille la base de calculs pour la dispersion des cadavres découverts en 2023 en fonction des surfaces prospectées (en hectare) pour les oiseaux.

Figure 61 : Tableau détaillant les valeurs utilisées pour le calcul du coefficient surfacique a

	Surface à prospecter par éolienne	Nombre d'éolienne suivie	Surface à prospecter totale	Surface réellement prospectée (toute éolienne confondues, en ha)	Pourcentage prospecté	Nombre de cadavre d'oiseaux
70m - 84m	0,1948	6	1,17	0,34	29,23	1
56m - 70m	0,4847	6	2,91	0,93	32,05	1
42m - 56m	0,4308	6	2,58	0,91	35,17	1
28m - 42m	0,3077	6	1,85	0,77	41,52	3
14m - 28m	0,1846	6	1,11	0,66	59,56	1
0m - 14m	0,0615	6	0,37	0,31	84,58	1

$a = 2,43$

4.4.8.3 Estimation de la mortalité avec nos tableurs EXCEL

Les tableaux suivants synthétisent les valeurs des paramètres nécessaires aux calculs des différentes équations.

Figure 62 : Paramètres de calcul utilisés dans les équations

Paramètres	Valeurs	Explications
C	8,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
d	1,00	Valeur du taux de détection globale tout type de recouvrement confondu
p	0,21	Valeur du taux de persistance globale tout type de recouvrement confondu
tm	2,23	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain globale tout type de recouvrement confondu
l	6,96	Pas de temps du suivi
\hat{l}	4,45	$\hat{l} = -\log(0.01) * tm$
\hat{e}	0,64	$\hat{e} = \text{Min}(l/\hat{l}) / l$
a	2,43	Coefficient de correction surfacique

Les résultats sont obtenus pour les éoliennes suivies (ici 6 éoliennes) et pour la période suivie (allant du 4 avril au 25 octobre, soit 7 mois).

Pour ramener ces résultats par an et par éolienne,

- On divise ces résultats par 6 → on aura une estimation de la **mortalité par éolienne pour la période de suivi**
- On divise par 7 (7 mois) → on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par mois**
- On multiplie par 12 → on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par an** (pour la période d'activité des oiseaux, c'est-à-dire tout au long de l'année)
- On multiplie par 6 → on aura une estimation de la **mortalité pour le parc entier et par an**.

Finalement, le tableau suivant synthétise les résultats pour chacune des formules utilisées. On obtient un **résultat moyen de l'ordre de 19,65 mortalités par éolienne et par an**, avec une fourchette oscillant entre 17,38 et 23,67 mortalités par éolienne et par an selon les formules utilisées.

Figure 63 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2023

	Erickson		Jones	Huso	Moyenne
	adaptée	réelle			
Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi	60,82	60,95	82,84	70,49	68,77
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	10,14	10,16	13,81	11,75	11,46
Mortalité par éolienne et par mois	1,45	1,45	1,97	1,68	1,64
Mortalité par éolienne et pour une année	17,38	17,41	23,67	20,14	19,65
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	104,26	104,48	142,01	120,84	117,90

4.4.8.4 Calcul de la mortalité avec l'application EolApp

Le tableau suivant détaille l'ensemble de ces paramètres utilisés.

Figure 64 : Paramètres à renseigner dans l'application « EolApp »

Paramètres	Valeur
Intervalle de temps entre les passages	6,96
Nombre de peluches déposées pour l'étude de détection	20
Nombre de peluches découvertes pour l'étude de détection	20
Pourcentage de la surface prospectée	0,39

Figure 65 : Sortie de l'application EolApp (IC : Intervalle de confiance) concernant uniquement les cadavres

Formule	Médiane	IC à 95%		IC à 80%	
		IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	60,94	8,92	139,49	24,90	109,18
Huso	64,07	9,20	145,41	25,92	113,47
Jones	94,13	14,60	224,91	38,10	172,61
Moyenne par éolienne	12,17	1,82	28,32	4,94	21,96

En considérant les 3 modèles, il y a 95% de chance que le nombre réel d'oiseaux impactés se situe entre 1,82 et 28,32 cas de mortalité. De même, il y a 80% de chance que le nombre réel d'oiseaux impactés se situe entre 4,94 et 21,96 cas de mortalité. La médiane quant à elle est de 12,17 mortalités par éolienne et sur la période suivie.

Pour ramener ces résultats par an et par éolienne :

- On divise par 7 (7 mois) -> on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par mois**,
- On multiplie par 12 -> on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par an** (pour la période d'activité des oiseaux).

On aboutit à un résultat à un intervalle de confiance de **95%** de l'ordre de **3,12 à 48,55 mortalités par éolienne et par an**. A un intervalle de confiance de **80%**, le résultat est de l'ordre de **8,47 à 37,64 mortalités par éolienne et par an**. La médiane est de **20,87 mortalités par éolienne et par an**.

Les résultats entre les 2 méthodes de calcul sont comparables entre eux. La mortalité estimée des oiseaux aboutit à des valeurs entre **19,65 cas par éolienne et par an** et **20,87 cas par éolienne et par an** selon la méthode employée. Ils permettent d'estimer le nombre de mortalité par année sur l'ensemble du parc entre 117,9 et 125,22 cas.

5 EVALUATION DES IMPACTS DU PARC EOLIEN D'IDS-SAINT-ROCH

5.1 Impact sur les chiroptères

5.1.1 Analyses quantitatives et comparaisons avec d'autres parcs éoliens

Aucun cadavre de chauve-souris n'a été retrouvé sous les éoliennes au cours du suivi de la mortalité des chiroptères entre le 4 avril et le 25 octobre 2023. **De ce fait, la mortalité brute et la mortalité estimée est nulle.**

Mais dans la mesure où il se peut qu'un cas de mortalité n'ait pas été détecté ou bien qu'il ait disparu (prédation) avant d'être découvert, un taux de mortalité a été calculé sur la base de la découverte d'un cadavre (hypothèse maximisante). Avec cette **simulation**, la mortalité estimée serait d'environ **1 à 3 cas/éolienne/an**, correspondant à un impact **faible** du parc, compte tenu de ce qui est relevé sur d'autres parcs français ou européens (voir tableaux suivants).

Cette analyse comparative reste délicate et soumise à de nombreux facteurs locaux (contraintes techniques de recherche, pression de suivi...), l'estimation de la mortalité semble révéler **l'absence d'un niveau de mortalité hors norme comparativement à d'autres parcs**, dont le niveau de mortalité est exceptionnellement haut. Ces parcs sont situés dans des contextes biogéographiques particuliers (Bouin en littoral atlantique (Dulac, 2006), Castelnau Pégayrols en contexte forestier et ligne de crête Beucher & Kelm, 2009-2010), Leuze en plaine camarguaise de La Crau (GCP, 2010), parcs Drômois en forêt ou bordure de canal (Cornu et Vincent, 2010)). À titre de comparaison, sous ces parcs éoliens qui font aujourd'hui référence parmi les plus meurtriers, les taux de mortalité peuvent dépasser les 70 chauves-souris/éolienne/an, correspondant à plusieurs centaines de cadavres sur chaque parc selon leur taille.

L'impact quantitatif du parc éolien d'Ids-Saint-Roch en 2023 peut être qualifié de nul (en l'absence de découverte de cadavres) à faible (hypothèse maximisante) par rapport à d'autres parcs suivis en France ou en Europe.

Figure 62 : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour différents suivis des parcs éoliens référencés en France (mise à jour du tableau de l'ALEPE)

Site	Département	Contexte de milieux	Année de suivi	Mortalité de chiroptère / éolienne / an	Référence
Lou Paou	48	Forêt de résineux + lisières + qq larges clairières	2010	0	ALEPE (2010)
Rézentières	15	Prairies naturelles de moyenne montagne	2013	0-3	Beucher, Albespy, Mougnot (2014)
Castelnau Pégayrols	12	Forêt de résineux + lisières + qq milieux ouverts	2011	0,95 - 0,99	Beucher, Kelm (EXEN, KJM) (2011)
Canet de Salars	12	Prairies bocagères	2011	1,29-1,41	Albespy, Beucher (2015)
Arfons	81	Ancienne forêt de résineux de moyenne montagne + qq lisières et îlots de boisements mixtes	2016	1,4-1,5	EXEN (2017)
Castelnau Pégayrols	12	Forêt de résineux + lisières + qq milieux ouverts	2010	1,3 - 2	Beucher, Kelm (EXEN, KJM) (2010)
Haut Cabardès	11	Forêt de résineux + lisières	2012	1,6 - 1,9	Beucher, Kelm (EXEN, KJM) (2012)
Arfons	81	Ancienne forêt de résineux de moyenne montagne + qq lisières et îlots de boisements mixtes	2010	2,2 - 2,8	EXEN, EKO-LOGIK, LPO 81, ECOTONE (2013)
Lou Paou	48	Forêt de résineux + lisières + qq larges clairières	2008	3,12	ALEPE (2009)
Sauveterre	81	Forêt de résineux + lisières + qq larges clairières	2013	3,64	EXEN (2014)
Arfons	81	Ancienne forêt de résineux de moyenne montagne + qq lisières et îlots de boisements mixtes	2011	3,7 - 3,8	EXEN, EKO-LOGIK, LPO 81, ECOTONE (2014)
Canet de Salars	12	Prairies bocagères	2010	4,2-4,9	Albespy, Beucher (2015)
Arfons	81	Ancienne forêt de résineux de moyenne montagne + qq lisières et îlots de boisements mixtes	2012	4,4 - 5,5	EXEN, EKO-LOGIK, LPO 81, ECOTONE (2015)
Cuq Servies	81	Forêt de résineux + lisières + qq milieux ouverts	2013	5,5 - 6,9	EXEN, EKO-LOGIK, LPO 81, ECOTONE (2014)
Canet de Salars	12	Prairies bocagères	2012	6,1-6,6	Albespy, Beucher (2015)
Lou Paou	48	Forêt de résineux + lisières + qq larges clairières	2014	7,5-7,9	Beucher, Albespy (2015)
Talizat	15	Prairies naturelles de moyenne montagne	2010	7,4-8,7	Beucher, Albespy (2011)
Bouin	85	Littoral atlantique cultivé	2006	6,0 - 9,3	Dulac (2008)
Cuxac Grand-bois, Lacombe	11	Forêt de résineux + lisières + qq larges clairières	2015	8,4-10,7	Exen (2016)
Canet de Salars	12	Prairies bocagères	2008	9,78	Albespy, Beucher (2015)
Lou Paou	48	Forêt de résineux + lisières + qq larges clairières	2009	10	ALEPE (2009)
Canet de Salars	12	Prairies bocagères	2009	13,5	Albespy, Beucher (2015)
Cuxac Grand-bois, Lacombe	11	Forêt de résineux + lisières + qq larges clairières	2016	13-17	Exen (2017)
Sambres	11	Forêt de résineux + lisières + qq milieux ouverts	2016	15-14	Exen (2017)
Bouin	85	Littoral atlantique cultivé	2007	20,3 - 21,6	Dulac (2008)
Bouin	85	Littoral atlantique cultivé	2005	21,5 - 26,7	Dulac (2008)
Castelnau Pégayrols	12	Forêt de résineux + lisières + qq milieux ouverts	2009	26,8 - 31,1	Beucher, Kelm (EXEN, KJM) (2011)
Le Pouzin	7	Bordure de canal	05/05 - 20/10/2010	44 - 76	Cornut & Vincent (2010)
Mas de Leuze	13	Plaine camarguaise	17/3 - 27/11/2009	79,3	Aves et GCP (2010)
La Répara-Auriples	26	Forêt de résineux et lisières	05/05 - 20/10/2010	79 - 87	Cornut & Vincent (2010)

Niveau d'impact quantitatif évalué					
Faible	Faible à modéré	Modéré	Modéré à fort	Fort	Très fort

Figure 63 : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour des parcs éoliens en Europe (Source ALEPE)

Site	Période de l'année	Nombre de victimes / éolienne / an (*ou pour la période d'étude)	Référence
EUROPE			
Portugal (12 sites)	2005 à 2010	0	Plusieurs auteurs
Caravelas (Portugal)	2006	0,22	Strix, 2008 in Dubourg-Savage et al., 2011
Pinhal Interior - Fumas (Portugal)	2006, 2007	0,8	Alves et al., 2009 et 2010 in Dubourg-Savage et al., 2011
Pinhal Interior - Seladolino (Portugal)	2006	0,8	Alves et al., 2009 et 2010 in Dubourg-Savage et al., 2011
Pinhal Interior - Proença I e II (Portugal)	2006	1,8	Lopes et al., 2008, Alves et al., 2010 in Dubourg-Savage et al., 2011
Grèce (Soros)	2010	2,2	Geogiakis P., Fapadatou E. et WWF Hellas 2010
Mosqueiros I (Portugal)	2008	3,6	Barreiro et al., 2009 in Dubourg-Savage et al., 2011
Gardunha	2007	4,2	Alves et al., 2009 in Dubourg-Savage et al., 2011
Steinberg (Autriche)	09/2003 – 09/2004	5,3	Traxler et al. 2004 in Brinkmann et al. 2006
Grèce (Dydimos Lofos)	2010	5,5	Geogiakis P., Fapadatou E. et WWF Hellas 2010
Grèce (Monastiri)	2010	6,5	Geogiakis P., Fapadatou E. et WWF Hellas 2010
Candal Coelheira (Portugal)	2006, 2007	7,8	Alves et al., 2007, Amorim 2009 in Dubourg-Savage et al., 2011
Prellenkirchen (Autriche)	09/2003 – 09/2004	8,00	Traxler et al. 2004 in Brinkmann et al. 2006
Cantons de Berne et de Lucerne (Suisse)	06 – 10/2007	8,2	Leuzinger, 2008
Grèce (Mati)	2010	10,8	Geogiakis P., Fapadatou E. et WWF Hellas 2010
District de Fribourg (Allemagne)	Début 04 – mi-05 et mi-07 – mi-10/2005	11,8*	Brinkmann et al. 2006
S. Pedro (Portugal)	2006	12	Alves et al., 2007 in Dubourg-Savage et al., 2011
Grèce (Sapka)	2010	13,2	Geogiakis P., Fapadatou E. et WWF Hellas 2010
Navarre (Espagne)	03/2000 – 03/2001	13,3	Lekuona, 2001
Grèce (Kerveros)	2010	13,9	Geogiakis P., Fapadatou E. et WWF Hellas 2010
Caramulo (Portugal)	2006, 2007	14,2	Hortencio et al., 2007, Silva et al., 2008
District de Fribourg (Allemagne)	fin 07 – fin 10/2004	20,9	Brinkmann et al. 2006
Outeiro (Portugal)	2006, 2008	26,3	in Dubourg-Savage et al., 2011

5.1.2 Analyses qualitatives des impacts sur les chiroptères

Aucun cadavre de chiroptères n'a été retrouvé. L'impact qualitatif du parc est potentiellement nul sur les chiroptères.

Mais, dans la mesure où il se peut qu'une ou des chauves-souris n'aient pas été découvertes (biais liés au suivi de la mortalité), il est proposé en suivant une brève analyse concernant les espèces contactées en nacelle d'éolienne, pour définir un niveau d'impact qualitatif théorique.

Le tableau suivant précise leur patrimonialité, leur niveau d'activité moyen relevé en nacelle d'éolienne sur toute la période de suivi, leur niveau d'activité relevée lorsque les pales tournent (activité à risque) et un rappel de l'absence de mortalités brutes retrouvées.

Un niveau d'impact qualitatif théorique est ensuite défini par espèce, en croisant la patrimonialité de l'espèce avec le niveau d'activité à risque spécifique, et pondéré par l'absence de mortalités brutes.

L'impact qualitatif théorique du parc varie de Très faible à Faible à modéré selon les espèces de chiroptères (dans l'hypothèse de cadavre(s) non détecté(s)).

Figure 66 : Evaluation des niveaux d'impacts théoriques sur les chiroptères en 2023

Espèce	Nom scientifique	Valeur patrimoniale	Niveau d'activité moyen relevé en 2023	Niveau d'activité moyen relevé à risque en 2023 (RPM > 0)	Mortalité brute en 2023	Niveau d'impact qualitatif théorique
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Modéré à fort	Modéré	Faible à modéré	Aucun cas de mortalité brute	Faible à modéré
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Modéré à fort	Faible à modéré	Faible à modéré		Faible à modéré
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	Très faible	Faible	Nul		Très faible
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>	Faible	Faible	Nul		Très faible
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Modéré	Modéré	Faible à modéré		Faible
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Très faible	Modéré à fort	Modéré		Très faible
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Modéré	Faible	Très faible		Très faible
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Faible à modéré	Très faible	Très faible		Très faible
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Modéré	Très faible	Très faible		Très faible
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Faible à modéré	Très faible	Très faible		Très faible
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Faible	Très faible	Très faible		Très faible

5.2 Impact sur l'avifaune

5.2.1 Analyses quantitatives et comparaisons avec d'autres parcs éoliens

8 oiseaux morts (uniquement des cadavres) furent retrouvés sous les éoliennes au cours de la campagne de suivi menée entre le 4 avril et le 25 octobre 2023.

Le taux de mortalité en 2023 est estimé à **entre 19,65 oiseaux par éolienne et par an** (soit 117,9 oiseaux pour le parc entier et par an) et **20,87 mortalités par éolienne et par an** (soit 125,22 mortalités pour le parc entier par an).

Ce taux est jugé comme modérés par rapport à ce qui a été observé sur d'autres parcs français et européens suivis dans les mêmes conditions à des valeurs plus importantes. Si les résultats restent encore peu nombreux à l'échelle régionale, les évaluations à l'échelle nationale ou européenne montrent généralement un taux de mortalité variant de 0 à 10 oiseaux/éolienne/an. Dans son rapport de juin 2017 "Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune", la LPO estime un taux de mortalité moyen de 7 cas par WT/an. Toujours d'après ce même rapport, "les suivis les plus robustes (au moins 48 semaines de prospections dans l'année à raison d'au moins 1 prospection par semaine sur un rayon théorique d'au moins 50 m sous chaque éolienne du parc) réalisés sur des parcs présentant des enjeux environnementaux a priori forts puisque situés à proximité de ZPS, ont permis de découvrir en moyenne 2,2 oiseaux par éolienne et par année de suivi ; La mortalité réelle estimée varie de 0,3 à 18,3 oiseaux tués par éolienne et par an, la médiane s'établissant à 4,5 et la moyenne à 7,0".

Les niveaux de mortalité varient considérablement selon les situations locales et notamment selon les milieux. Des taux de mortalité sont en effet bien plus élevés pour des parcs installés sur des sites fréquentés par des espèces sensibles et en forte densité (vautours espagnols, rapaces californiens, laridés de Vendée (parc de Bouin, DULAC 2008...). À titre de comparaison, sous ces parcs éoliens qui font aujourd'hui référence parmi les plus meurtriers, les taux de mortalité peuvent dépasser les 30 oiseaux/éolienne/an, correspondant à plusieurs centaines de cadavres sur chaque parc selon leur taille.

L'impact quantitatif du parc éolien d'Ids-Saint-Roch peut être qualifié de Modéré en 2023 par rapport à d'autres parcs suivis en France ou en Europe.

5.2.2 Analyses qualitatives des impacts sur l'avifaune

6 espèces d'oiseaux ont fait l'objet de découvertes à l'occasion du suivi 2023, il s'agit de l'Alouette des champs, l'Alouette lulu, le Canard colvert, le Faucon crécerelle, le Merle noir et le Roitelet à triple bandeau.

Une évaluation de l'impact théorique du parc éolien est proposée sur ces espèces au regard de leur sensibilité à l'éolien, des mortalités constatées et de leur patrimonialité (cf. Figure 32 et Figure 33 Figure 47).

L'Alouette lulu fait partie des espèces faiblement à modérément sensibles à l'éolien. Elle correspond à la 31^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2023, 150 cas de mortalité en Europe). Un cadavre a été retrouvé le 11 septembre 2023 sous l'éolienne E6. A cette date, il peut s'agir d'un individu sédentaire en début de phase inter nuptiale ou d'un individu provenant d'une population plus nordique en période de migration. Cette espèce est protégée et inscrite à l'annexe O.1 de l'Union Européenne aboutissant à une patrimonialité modérée, même si ses statuts de conservation sont favorables à l'échelle nationale et régionale (classée en préoccupation mineure). **Ainsi, l'impact théorique est jugé faible à modéré du parc éolien sur cette espèce.**

L'Alouette des champs fait partie des espèces faiblement à modérément sensibles à l'éolien. Elle correspond à la 8^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2023, 517 cas de mortalité en Europe). Deux cadavres ont été retrouvés le 11 mai 2023 sous les éoliennes E1 et E5. A cette période, il s'agit d'individus en période nuptiale. Classé comme gibier chassable, l'Alouette des champs est cependant considérée comme Quasi menacée à l'échelle nationale, sa patrimonialité est Faible à modérée. **L'impact théorique du parc éolien sur cette espèce est estimé comme faible à modéré.**

Le Canard colvert fait partie des espèces faiblement à modérément sensibles à l'éolien. Elle correspond à la 12^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2023, 405 cas de mortalité en Europe). Un cadavre a été retrouvé le 11 mai 2023 sous l'éolienne E3. A cette date, il s'agit probablement un individu sédentaire en période nuptiale. Cependant, un individu appartenant à une population nordique en migration n'est pas totalement à exclure. Classé comme gibier chassable, le statut de conservation du Canard colvert est considéré Préoccupation mineure à toutes les échelles. Sa patrimonialité est Très faible. **L'impact théorique du parc éolien sur cette espèce est donc estimé comme très faible.**

Le Faucon crécerelle fait partie des espèces modérément sensibles à l'éolien. Elle correspond à la 4^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2023, 867 cas de mortalité en Europe). Deux cadavres ont été retrouvés les 11 septembre et 25 octobre 2023 sous les éoliennes E2 et E4. Compte tenu des dates, les cas de mortalité concernent des individus sédentaires en période post nuptiale. Le Faucon crécerelle est une espèce protégée considérée comme Quasi menacée à l'échelle nationale. Avec un risque d'occurrence Faible à modéré et un niveau de patrimonialité Faible à modéré, **l'impact théorique du parc éolien sur cette espèce est estimé comme faible à modéré.**

Le Merle noir fait partie des espèces faiblement sensibles à l'éolien. Elle correspond à la 34^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2023, 137 cas de mortalité en Europe). Un cadavre a été retrouvé le 4

avril 2023 sous l'éolienne E1. Il s'agit certainement d'un individu nicheur. Les statuts de conservation du Merle noir indiquent tous une Préoccupation mineure. Par ailleurs, l'espèce est classée comme chassable. Le faible risque d'occurrence combiné au très faible niveau de patrimonialité aboutissent à un **impact théorique du parc éolien sur cette espèce estimé très faible**.

Le Roitelet à triple bandeau fait partie des espèces faiblement sensibles à l'éolien. Elle correspond à la 9^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2023, 492 cas de mortalité en Europe). Un cadavre a été retrouvé le 4 avril 2023 sous l'éolienne E4. Début avril, il s'agit soit d'un individu sédentaire en début de période nuptiale soit d'un individu en migration pré nuptiale. Bien que protégé, la conservation de l'espèce reste en Préoccupation mineure (patrimonialité Faible). **L'impact théorique du parc éolien sur cette espèce est estimé faible**.

Le tableau ci-dessous synthétise les différents paramètres permettant d'aboutir à la définition de niveau d'impact théorique par espèce.

Figure 67 : Evaluation des niveaux d'impacts théoriques sur l'avifaune en 2023

Nom de l'espèce	Sensibilité	Nombre de mortalités	Risque d'occurrence (sensibilité * nb de mortalités)	Patrimonialité	Niveau d'impact théorique (risque d'occurrence * patrimonialité)
Alouette lulu	Faible à modéré	1	Faible	Modéré	Faible à modéré
Alouette des champs	Faible à modéré	2	Faible à modéré	Faible à modéré	Faible à modéré
Canard colvert	Faible à modéré	1	Faible	Très faible	Très faible
Faucon crécerelle	Modéré	2	Faible à modéré	Faible à modéré	Faible à modéré
Merle noir	Faible	1	Faible	Très faible	Très faible
Roitelet à triple bandeau	Faible	1	Faible	Faible	Faible

6 BILAN DE L'EFFICACITE DES MESURES CORRECTIVES EN 2023

6.1 Régulation nocturne des machines en faveur des chiroptères

6.1.1 Rappel du pattern

Pour le parc de Ids-Saint-Roch, le pattern appliqué en 2023 est le suivant :

- **Période du 01 avril au 30 avril :**
 - Vitesse de vent inférieure ou égale à **4 m/s** (à hauteur de moyeu),
 - Températures supérieures ou égales à **8°C** (à hauteur de moyeu),
 - Du **coucher du soleil** à **1h avant le lever du soleil** (en tenant compte de l'éphéméride),
 - En l'absence de précipitation notoire (pluie d'une durée > 15 min et précipitations > 5 mm/h).
- **Période du 01 mai au 31 mai :**
 - Vitesses de vent inférieures ou égales à **4,5 m/s**,
 - **Températures supérieures ou égales à 8°C**,
 - Du **coucher du soleil** à **1h avant le lever du soleil** (en tenant compte de l'éphéméride),
 - En l'absence de précipitation notoire (pluie d'une durée > 15 min et précipitations > 5 mm/h).
- **Période du 01 juin au 30 juin :**
 - Vitesses de vent inférieures ou égales à **5 m/s**,
 - Du **coucher du soleil** au **lever du soleil** (en tenant compte de l'éphéméride),
 - En l'absence de précipitation notoire (pluie d'une durée > 15 min et précipitations > 5 mm/h).
- **Période du 01 juillet au 31 juillet :**
 - Vitesses de vent inférieures ou égales à **6 m/s**,
 - Températures supérieures ou égales à **15°C**,
 - Du **coucher du soleil** au **lever du soleil** (en tenant compte de l'éphéméride),
 - En l'absence de précipitation notoire (pluie d'une durée > 15 min et précipitations > 5 mm/h).

- **Période du 01 août au 31 août :**
 - Vitesses de vent inférieures ou égales à **6 m/s**,
 - Températures supérieures ou égales à **12°C**,
 - Du **coucher du soleil** au **lever du soleil** (en tenant compte de l'éphéméride),
 - En l'absence de précipitation notoire (pluie d'une durée > 15 min et précipitations > 5 mm/h).
- **Période du 01 septembre au 30 septembre :**
 - Vitesses de vent inférieures ou égales à **6,5 m/s**,
 - Températures supérieures ou égales à **12°C**,
 - Du **coucher du soleil** au **lever du soleil** (en tenant compte de l'éphéméride),
 - En l'absence de précipitation notoire (pluie d'une durée > 15 min et précipitations > 5 mm/h).
- **Période du 01 octobre au 31 octobre :**
 - Vitesses de vent inférieures ou égales à **5,5 m/s**,
 - Températures supérieures ou égales à **10°C**,
 - Du **coucher du soleil** au **lever du soleil** (en tenant compte de l'éphéméride),
 - En l'absence de précipitations notoires (pluie > 15 min et précipitations > 5mm/h).

6.1.2 Mortalité brute et mortalité estimée en 2023, comparaisons avec 2022

Aucun cadavre de chauve-souris n'a été retrouvé sous les éoliennes du parc entre le 4 avril et le 25 octobre 2023. Sur la base de la simulation de la découverte d'un cadavre, le taux de mortalité est estimé à entre **1,76 et 2,66 cas par éolienne et par an (soit un impact quantitatif faible)**.

En 2022, **4 chauves-souris** avaient été retrouvées entre le 6 avril 26 octobre : **2 noctules communes et 2 noctules de Leisler**. La mortalité a été estimée entre **12 et 16 cas/éolienne/an**.

En ce sens, la modification du bridage des machines a permis de réduire l'impact du parc éolien sur les chiroptères, notamment sur les noctules dont la problématique de risques de mortalité persistait entre 2021 et 2022.

6.1.3 Vérification du dimensionnement de la régulation

➤ Analyse des paramètres de régulation

Il s'agit de s'intéresser à chaque paramètre de régulation à proprement parler, afin d'évaluer l'efficacité du pattern de régulation mis en place en 2023. Ces analyses se basent sur les données d'activité relevées en nacelle d'éolienne E1 et sur l'absence de données de mortalité en 2023.

- Concernant la plage de fonctionnement

- **Période de fonctionnement** (entre le 1^{er} avril et le 31 octobre)

D'après les profils d'activité relevée en hauteur en 2023 à la page 27, les chauves-souris ont été actives dès le mois d'avril (premiers contacts le 25 avril) et jusqu'au mois de novembre (derniers contacts le 15 novembre). L'activité est plus intense et régulière à partir de la mi-mai et jusqu'à la mi-octobre.

La période de fonctionnement des mesures de régulation est donc jugée pertinente, voire optimisable.

- **Horaires de fonctionnement au cours de la nuit** (entre le coucher du soleil et 1h avant le lever du soleil ou entre le coucher et le lever du soleil, selon les périodes)

D'après l'analyse menée au paragraphe 3.3.6 page 34, l'intégralité de l'activité des chiroptères relevés sur site a été enregistrée entre le coucher du soleil et 15 minutes avant le lever du soleil, sachant que 95% de l'activité est relevée entre 1 heure après le coucher du soleil et 1 heure avant le lever du soleil. De plus, lors du pic du 03 juin, le rythme nocturne se situait plutôt en deuxième partie de nuit.

Les horaires de fonctionnement du bridage sont donc jugés pertinents.

- Concernant le seuil de vitesse du vent (variable selon les périodes, entre 4 et 6,5 m/s)

L'analyse menée au paragraphe 3.3.5.1 page 31, a pu mettre en évidence que l'activité des espèces de lisières a été relevée jusqu'à des vitesses de vent de 8,5 m/s et jusqu'à 12 m/s pour les espèces de vol haut. Mais, la majeure partie de l'activité des chiroptères a été enregistrée pour des vitesses de vent inférieures à 5,5 m/s (90% des espèces de vol haut et 99% des espèces de lisière). Par groupe de vol, 95% de l'activité des espèces de haut vol (noctules) est relevée pour des vents inférieurs à 6 m/s ; 95% de l'activité des espèces de lisières (pipistrelles) est relevée par des vents inférieurs à 5,5 m/s.

D'après le tableau suivant, **les seuils de vent des différentes phases sont globalement bien dimensionnés au regard des données d'activité recueillies en 2023**. On notera toutefois un léger sous-dimensionnement pour la phase 2 (protection à hauteur de 76%). Pour autant, aucun cas de mortalité n'a été relevé au sol sur cette période de bridage.

Figure 68 : Pourcentage d'activité enregistré pour des vitesses de vent inférieures au seuil de régulation

Phase de régulation	Date début	Date fin	Seuil de régulation Vitesse Vent (en m/s)	Pourcentage d'activité enregistré pour des vitesses de vent inférieures au seuil de régulation (en %)
Phase 1	01/04/2023	30/04/2023	4	99
Phase 2	01/05/2023	31/05/2023	4,5	76
Phase 3	01/06/2023	30/06/2023	5	90
Phase 4	01/07/2023	31/07/2023	6	98
Phase 5	01/08/2023	31/08/2023	6	96
Phase 6	01/09/2023	30/09/2023	6,5	96
Phase 7	01/10/2023	31/10/2023	5,5	87

- Concernant le seuil de température

L'analyse menée au paragraphe de la page 33 a pu mettre en évidence que les chauves-souris ont été actives par des températures comprises entre 10°C et 34°C. Mais, la majeure partie de l'activité des chiroptères (96%) a été enregistrée par des températures supérieures à 16°C.

D'après le tableau ci-dessous, **les seuils de température des différentes phases sont jugés conservateurs puisqu'ils permettent de protéger 100% de l'activité pour chaque période. Ces seuils peuvent être optimisés.**

Figure 69 : Pourcentage d'activité enregistré pour des températures supérieures au seuil de régulation

Phase de régulation	Date début	Date fin	Seuil de régulation Température (en °C)	Pourcentage d'activité enregistré pour des températures supérieures au seuil de régulation (en %)
Phase 1	01/04/2023	30/04/2023	8	100
Phase 2	01/05/2023	31/05/2023	8	100
Phase 3	01/06/2023	30/06/2023	X	X
Phase 4	01/07/2023	31/07/2023	15	100
Phase 5	01/08/2023	31/08/2023	12	100
Phase 6	01/09/2023	30/09/2023	12	100
Phase 7	01/10/2023	31/10/2023	10	100

➤ Analyse de l'activité théoriquement à risque

Sur la base des données d'activité des chauves-souris relevées en nacelle d'éolienne E1 en 2023 et des paramètres de régulation, il est possible de détailler l'activité chiroptérologique relevée en dehors des conditions de bridage (à risque) et celle couverte par le bridage (protégée).

653 secondes d'activité cumulée ont été relevées en dehors des conditions de bridage sur les 7 579 secondes d'activité totale, représentant 9% de l'activité totale. Autrement dit, le bridage devait permettre de protéger 91 % de l'activité chiroptérologique relevée en hauteur.

Enfin, l'analyse des paramètres de régulation pris un à un et celle de l'activité protégée par le pattern (tous paramètres de régulation confondus) démontrent que le dimensionnement de la régulation apparaît comme adapté et efficace pour réduire les impacts du parc d'Ids-Saint-Roch sur les chiroptères en 2023.

Figure 70 : Détail de l'activité cumulée relevée en dehors de conditions de bridage (à risque), lors de conditions de bridage (protégée), totale et pourcentage d'activité protégée, par groupe de vol (sur la base des données d'activité relevée en nacelle d'E1 en 2023)

Activité	Groupe de vol					Total général
	Vol haut	Lisière ou vol haut en migration/transit	Lisière	Lisière ou vol haut	Vol haut en migration/transit	
Activité cumulée à risque	162,13	4,38	457,55	28,55	0,00	652,61
Activité cumulée protégée	2282,57	153,23	4043,22	440,12	7,05	6926,20
Total	2444,70	157,61	4500,77	468,68	7,05	7578,81
Pourcentage d'activité protégée	93,37	97,22	89,83	93,91	100,00	91,39

6.1.4 Vérification de l'implantation du pattern de régulation en machine E1

Pour vérifier la bonne implantation du bridage en machine et le déclenchement de l'arrêt des machines en conditions de bridage, l'activité relevée en conditions de bridage présentée précédemment (6 926 secs) a été confrontée au fonctionnement de l'éolienne E1 via ses tours-rotors (nombre de tours / min des pales d'éolienne).

470,23 secondes d'activité cumulée ont été relevées lorsque les pales tournent (RPM > 0), représentant 7% de l'activité chiroptérologique totale relevée en condition de régulation. 93% de l'activité chiroptérologique relevée en condition de bridage a été relevée lorsque les pales étaient à l'arrêt.

Cette analyse montre que le bridage a été mis en œuvre correctement en machine.

Figure 71 : Activité cumulée relevée en condition de régulation, en fonction du tour-rotor d'E1 (sur la base des données d'activité relevée en nacelle d'E1 en 2023)

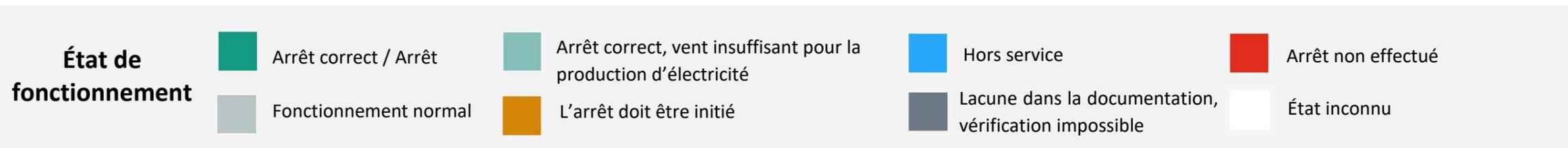
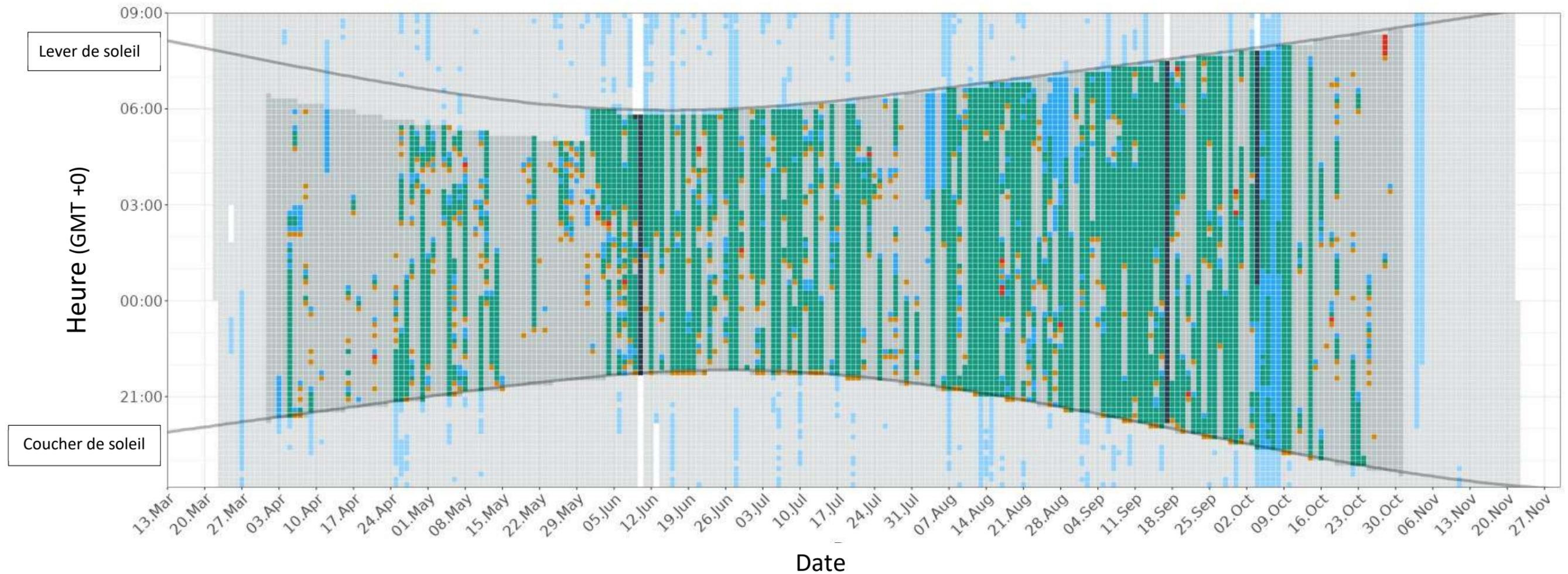
En conditions de bridage	Activité	Groupe de vol					Total
		Vol haut	Lisière ou vol haut en migration/transit	Lisière	Lisière ou vol haut	Vol haut en migration / transit	
	Activité relevée lorsque les pales sont à l'arrêt (RPM = 0)	2101,73	121,12	3816,89	409,17	7,05	6455,97
	Activité relevée lorsque les pales tournent (RPM > 0)	180,84	32,11	226,33	30,95	0,00	470,23
	Total	2282,57	153,23	4043,22	440,12	7,05	6926,20
	Pourcentage d'activité protégée	92,08	79,04	94,40	92,97	100,00	93,21

Afin de porter une analyse plus fine et mathématique, il existe une application web capable de vérifier la bonne implantation d'une régulation sur une éolienne sur la base des données météorologiques (température, vitesse de vent et plage de fonctionnement) et de fonctionnement de la machine (tour rotor).

Cette application se nomme Probat Inspector (© OekoFor GbR ; <https://oekofofor.shinyapps.io/probat-inspector/>). Le résultat obtenu, disponible à la Figure 72, page 69 indique que dans **89,1 % du temps le bridage demandé a fonctionné correctement** (les résultats sont proches de l'estimation précédente à hauteur de 93%) ; que dans 0,4 % des cas l'éolienne était en fonctionnement alors que les conditions de bridages étaient réunies ; et que dans 7,6 % des cas les conditions étaient réunies pour le lancement du bridage (ce type de cas est représenté par des carrés orange et doit être suivi de carrés verts logiquement qui démontre la bonne mise en place de la régulation). Enfin, les données manquantes, ne permettant pas la vérification de la bonne régulation, représentent 3 %.

Le bridage a donc été correctement implémenté en machine. Lorsque les conditions de bridage étaient réunies, l'éolienne E1 s'est correctement arrêtée pendant toute la période de régulation. **Rappelons que la bonne mise en place du bridage, durant toute la période préconisée, est indispensable à la bonne efficacité de ce dernier.**

Figure 72 : Chronologie nocturne du fonctionnement de la régulation, sur l'éolienne E1 (extrait du rapport issu de Probat inspector (© OekoFor GbR ; <https://oekofofor.shinyapps.io/probat-inspector/>))



Graphique de vérification de l'arrêt de l'éolienne E1, en 2023.

Sur les 12 570 intervalles de 10 minutes au cours desquels l'éolienne a dû être éteinte, elle a été **correctement éteinte ou s'est arrêtée dans 89,1 % des cas.**

Dans **0,4 %** des cas, **l'arrêt n'a pas été exécuté.**

Dans **3 %** des intervalles de 10 minutes pendant la période d'arrêt, il n'a pas été possible de vérifier s'il y avait un arrêt obligatoire ou si le système fonctionnait en raison d'un **manque de documentation.**

6.2 Système de détection et d'arrêt automatique diurne des machines

Aucun SDA n'a été déployé sur le parc pour le moment (prévu avant la fin du 1^{er} semestre 2024). L'efficacité de cette mesure n'a donc pas été évaluée.

En revanche, aucun cas de mortalité de Buse variable n'a été découvert en 2023, contrairement aux 2 suivis précédents témoignant de plusieurs cas de mortalité relevés sur cette espèce.

La forte prédation sur site (disparition des cadavres en 2-3 jours) et la faible surface prospectée (environ 40 %) pourraient expliquer qu'aucun cas de mortalité de Buse variable n'ait été retrouvé. Mais il est aussi possible que la mortalité sur cette espèce, induite par le parc, soit variable d'une année à l'autre (selon son activité aux abords des machines, la localisation de ses territoires de chasse, la proximité ou non de ses nids ...) et donc, qu'aucune buse n'ait été tuée par le parc en 2023.

7 PROPOSITION DE MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS

7.1 Mesures concernant les chiroptères

7.1.1 Optimisation du bridage nocturne des machines

Les impacts quantitatifs concernant les chiroptères sont jugés nuls en 2023 à faibles (en tenant compte des biais liés au suivi de la mortalité). Les impacts qualitatifs sont jugés Faibles à modérés au maximum pour les 2 noctules, et Faibles à Très faibles pour les autres espèces. Le bridage mis en place en 2023 a été jugé efficace pour réduire les impacts sur les chiroptères.

L'exploitant souhaite optimiser le bridage nocturne des machines pour réduire les pertes de production engendrées, tout en préservant les chiroptères, sur la base des résultats des 3 campagnes de suivi (2021, 2022 et 2023).

L'analyse au paragraphe 6.1.3 page 67 met en évidence que plusieurs paramètres de régulation peuvent être optimisés au regard des données environnementales de 2023. Mais il s'agit aussi d'intégrer les données de 2021 et de 2022 dans cette réflexion d'optimisation du bridage, pour tenir compte de la variabilité interannuelle.

En 2022, il a été conseillé de modifier le pattern de régulation sur les mois de juin, de juillet et d'octobre. Les modifications proposées se portaient sur le seuil de vitesse de vent à augmenter (pour le mois de juin et celui de juillet) et les horaires de fonctionnement à allonger (uniquement pour octobre). Ces paramètres ne seront pas optimisés à l'issue du suivi de 2023. En revanche, plus de 98% de l'activité des chauves-souris s'effectuait pour des températures supérieures à 13°C. L'activité des chauves-souris en hauteur était très faible en dessous de 12°C. En 2023, 96% de l'activité des chauves-souris s'effectue pour des températures supérieures à 16°C (comme en 2021). Finalement, seul le paramètre de température pourrait être optimisé pour limiter les pertes de production, sans affecter la protection des chiroptères (changement en vert dans le pattern), avec un seuil à 12°C pour les périodes où les chauves-souris volent par des plus « faibles » températures, soit en avril, en mai et en octobre, et un seuil à 15°C pour les périodes où les chauves-souris volent par des conditions plus clémentes (à la belle saison).

Le pattern de régulation optimisé des machines est détaillé ci-dessous. Il correspondra à un arrêt des machines lorsque les conditions entraînent un bridage. La vitesse de vent et la température seront relevées à hauteur de moyeu. Les horaires de fonctionnement par rapport au coucher et au lever du soleil, tiendront compte de l'éphéméride. Le bridage pourra être levé lors des précipitations notoires, c'est-à-dire pour une durée des pluies supérieure à 15 min et pour des précipitations supérieures à 5 mm/h.

Il est défini ainsi :

- **Période du 01 avril au 30 avril :**
 - Vitesse de vent inférieure ou égale à 4 m/s,
 - Températures supérieures ou égales à 12°C,
 - Du coucher du soleil à 1h avant le lever du soleil,
 - En l'absence de précipitation notoire,
 - Pour toutes les éoliennes,
- **Période du 01 mai au 31 mai :**
 - Vitesses de vent inférieures ou égales à 4,5 m/s,
 - Températures supérieures ou égales à 12°C,
 - Du coucher du soleil à 1h avant le lever du soleil,
 - En l'absence de précipitation notoire,
 - Pour toutes les éoliennes,
- **Période du 01 juin au 30 juin :**
 - Vitesses de vent inférieures ou égales à 5 m/s,
 - Températures supérieures ou égales à 15°C,
 - Du coucher du soleil au lever du soleil,
 - En l'absence de précipitation notoire,
 - Pour toutes les éoliennes,
- **Période du 01 juillet au 31 juillet :**
 - Vitesses de vent inférieures ou égales à 6 m/s,
 - Températures supérieures ou égales à 15°C,
 - Du coucher du soleil au lever du soleil,
 - En l'absence de précipitation notoire,
 - Pour toutes les éoliennes,
- **Période du 01 août au 31 août :**
 - Vitesses de vent inférieures ou égales à 6 m/s,
 - Températures supérieures ou égales à 12°C,
 - Du coucher du soleil au lever du soleil,
 - En l'absence de précipitation notoire,
 - Pour toutes les éoliennes,
- **Période du 01 septembre au 30 septembre :**
 - Vitesses de vent inférieures ou égales à 6,5 m/s,
 - Températures supérieures ou égales à 12°C,
 - Du coucher du soleil au lever du soleil,
 - En l'absence de précipitation notoire,

- Pour toutes les éoliennes,

- **Période du 01 octobre au 31 octobre :**

- Vitesses de vent inférieures ou égales à 5,5 m/s,
- Températures supérieures ou égales à 12°C,
- Du coucher du soleil au lever du soleil,
- En l'absence de précipitations notoires,
- Pour toutes les éoliennes.

Sur la base des données de 2023, ce pattern modifié permettrait de protéger 91,25% de l'activité totale (soit 663,03 secs sur les 7578,81 secs relevées), soit un pourcentage comparable à celui de 2023.

7.2 Mesures concernant l'avifaune

Concernant l'avifaune, les impacts quantitatifs sont jugés Modérés mais les impacts qualitatifs (par espèce) sont jugés Faibles à modérés (au maximum) en 2023. Aucune mesure corrective supplémentaire (que ce qui est déjà engagé sur le parc) n'est préconisée.

7.3 Mesures concernant les chiroptères et les oiseaux

7.3.1 Continuer à veiller à l'absence d'éclairage du parc

Tel que précisé dans le rapport de 2022, il s'agira de continuer à veiller à ce que la temporisation du spot lumineux soit limitée à 1 minute après chaque déclenchement. Il s'agira aussi de veiller à ce que le champ du capteur soit ciblé sur la porte d'entrée de façon fine.

Figure 73 : Cliché du spot lumineux présent au niveau de l'entrée à l'éolienne E1 de Ids-Saint-Roch



7.3.2 Continuer à veiller à l'étanchéité des caissons de ventilation

Au cours du suivi de mortalité opéré en 2022, il a été noté la présence d'oiseaux morts, pris au piège dans les caissons de ventilation des éoliennes. Afin de limiter au maximum ce type d'incidents sur toute la vie du parc, il est recommandé de laisser en place les rondelles qui ont été placées pour regrouper les câbles au niveau du caisson, et donc en bloquer l'accès aux oiseaux.

7.3.3 Continuer à limiter la fréquentation de la faune volante autour des éoliennes

❖ Entretien l'entourage immédiat et les abords des éoliennes

Il s'agira de réduire dans la mesure du possible l'attractivité des insectes dans l'entourage immédiat des éoliennes, afin d'éviter la création de nouvelles zones de chasse et donc des niches écologiques pour les chauves-souris et les oiseaux insectivores. Il s'agit donc de limiter la régénération de toute pelouse ou friche herbacée au droit des plateformes empierrées avec la mise en œuvre d'une gestion régulière de

ces emprises en excluant l'utilisation de pesticides (via des coupes mécaniques). Il s'agit aussi de veiller à ce que le milieu ne se referme pas sous les machines (avec notamment la pousse d'arbrisseaux). En 2023, la végétation a été haute et dense sous les machines à certains moments de l'année (cf. figure ci-dessous). Il est donc important de veiller à ce que les zones de survol des pales ne deviennent pas enfrichées. Pour rappel, la société Ferme éolienne de Ids SAS s'était engagée à entretenir les aménagements avec 6 passages par an.

Figure 74 : Cliché des abords de l'éolienne E1 le 6 juillet 2023 (végétation haute)



❖ **Veiller à ne pas entreposer des éléments attractifs dans l'entourage immédiat et les abords des éoliennes**

Il s'agira également de ne pas entreposer de tas de fumier ou de tas de graines sous les éoliennes, qui pourraient attirer la faune insectivore (chauves-souris et oiseaux) et les oiseaux granivores à proximité des éoliennes.

❖ **Veiller à ne pas favoriser la présence de la faune volante à proximité des machines lors des aménagements**

Il s'agira de ne pas créer des fosses ou autres zones où l'eau stagne sous les éoliennes (pouvant attirer les insectivores), de limiter la création de talus enherbés sous les éoliennes, au niveau des chemins et des plateformes de levage (c'est-à-dire sous le champ de rotation des pales) et de favoriser des aménagements les plus artificialisés sous les éoliennes, avec des revêtements inertes (gravillons) ne favorisant pas la repousse d'un couvert végétal.

❖ **Veiller à ce que les éoliennes et les aménagements annexes du parc (type PDL) ne soit pas favorables à l'installation d'individus**

Il est particulièrement important que les éoliennes et les aménagements annexes soient parfaitement étanches pour ne pas en permettre l'accès à la faune volante. Il s'agit notamment des interstices dans les machines ou des bardages sur les PDL, dont les chiroptères affectionnent les petits espaces pour se reposer la journée. Il s'agit également des caissons de ventilation (cf. mesure précédente).

Il s'agit aussi de veiller à ce que les oiseaux ne profitent pas de certains recoins pour y faire leur nid, comme cela a pu être observé pour l'éolienne E4 en 2023 (cf. figure ci-dessous). La zone deviendrait alors une zone d'activité sous la zone de rotor, avec une augmentation des risques de mortalité pour les parents faisant leur aller-retour, mais aussi pour les jeunes à l'envol.

Figure 75 : Cliché d'un nid localisé au-dessus de la porte d'accès de l'éolienne E4



9 CONCLUSION

Un suivi environnemental (activité et mortalité) a été réalisé en 2023 sur le parc éolien de Ids-Saint-Roch par le bureau d'études EXEN. Le suivi d'activité des chauves-souris s'est déroulé du 23 mars au 22 novembre 2023 au niveau de la nacelle de l'éolienne E1. En parallèle, un suivi de la mortalité a été effectué au sol entre le 4 avril et le 25 octobre 2023.

9.1 Suivi de l'activité des chiroptères en nacelle d'éolienne

En ce qui concerne l'activité des chiroptères, les points suivants ont été observés :

- Une proportion d'activité marquée par les espèces de lisières, mais aussi par les espèces de vol haut,
- Une activité très hétérogène, concentrée entre mai et octobre, régulière pour les noctules et plus ponctuelle pour les pipistrelles,
- Un pic d'activité de pipistrelles de Kuhl le 03 juin, se démarquant de l'activité générale,
- Une activité plus marquée pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 5,5 m/s, par des températures supérieures à 16°C et au rythme nocturne principalement condensé en première partie de nuit et en milieu de nuit,
- Un niveau d'activité moyen modéré à fort.

9.2 Suivi de la mortalité des chiroptères et des oiseaux

9.2.1 Concernant les chiroptères

A propos de la mortalité des chiroptères, les résultats les plus importants de ce suivi sont les suivants :

- **Aucun cas** de mortalité découvert en 2023,
- Un taux de mortalité estimé (basée sur la simulation de la découverte d'un cadavre) entre **1 et 3 cas/éolienne/an**,
- **Un impact quantitatif nul (voire faible en tenant compte de la simulation)**,
- Un niveau d'impact qualitatif qualifié de Faible à modéré au maximum, pour la Noctule commune et la Noctule de Leisler, faible ou très faible pour les autres espèces.

9.2.2 Concernant les oiseaux

En ce qui concerne le suivi de mortalité des oiseaux, nous pouvons retenir les points suivants :

- **8 cadavres d'oiseaux** retrouvés sous les éoliennes,
- **6 espèces différentes** sont représentées : l'Alouette des champs (2 cas), l'Alouette lulu (1 cas), le Canard colvert (1 cas) le Faucon crécerelle (2 cas), le Merle noir (1 cas), le Roitelet à triple bandeau (1 cas),
- Un taux de mortalité estimée entre **19 et 20 cas/éolienne/an**,
- Des mortalités entre avril et mai et entre septembre et octobre,
- Un niveau d'impact quantitatif qualifié de modéré mais un niveau d'impact qualitatif spécifique qualifié de Faible à Modéré (au maximum).

9.3 Mesures de réduction des impacts et mesures réglementaires

Le bridage nocturne des éoliennes de Ids-Saint-Roch a été jugé efficace pour réduire les mortalités sur les chiroptères. Toutefois, l'exploitant souhaiterait optimiser le pattern de régulation pour réduire les pertes de production engendrées, tout en préservant les chiroptères. Ce dernier peut être optimisé via les seuils de température retenus.

Afin de vérifier que ces modifications n'entraînent pas d'impacts supplémentaires sur les chiroptères, il s'agira de reconduire un suivi de la mortalité au sol couplé à un suivi d'activité en nacelle d'E1, lorsque le bridage sera modifié sur la période d'avril à octobre.

Il conviendra également de poursuivre les mesures de réduction déjà engagées, comme :

- Veiller à l'absence d'éclairage sur le parc,
- Veiller à ce que les caissons de ventilation restent inaccessibles,
- Limiter la fréquentation de la faune volante autour des éoliennes (entretien des abords d'éolienne, ne pas entreposer de fumier/graines, veiller à l'absence d'eau stagnante, veiller à l'absence d'arbrisseaux ...).

10 BIBLIOGRAPHIE

- **ADOMEIT U., WILLUTZKI F., BRINKMANN R., NIERMANN I., BEHR O.** (2009) : Caractérisation de l'activité des Chiroptères à proximité des éoliennes à l'aide d'enregistrements stéréoscopiques à infrarouge. Extrait d'une traduction des Synthèses des conférences tenues à Hanovre, le 09 juin 2009.
- **ARNETT E.B., SCHIRMACHER M.R., HUSO M.M.P. & HAYES J.P.**, 2009. Patterns of bat fatality at the Casselman Wind Project in south-central Pennsylvania. An annual report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative and the Pennsylvania Game Commission. Bat Conservation International, Austin, Texas, USA, 60 p.
- **ADAMS A M., JANTZEN M K., HAMILTON RM., BROCKETT FENTON M.** (2012) – Do you hear what I hear ? Implications of detector selection for acoustic monitoring of bats. *Methods in Ecology and Evolution* 2012, 3, 992-998.
- **ALBOUY S., DUBOIS Y. & PICQ H.** (1997-2001) Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue Haute (Aude). ABIES, LPO Aude, ADEME, 59 p. + annexes.
- **ANDRE Y.** (2005) – Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. (avril 2005 en cours de validation MEDD) – LPO, 21 p.
- **ARTHUR L., LEMAIRE M.** (2009) – Les chauves-souris de France, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (Collection Parthénope) ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 544 p.
- **BAERWALD E.F., D'AMOURS G.H., KLUG B.J., BARCLAY R.** (2008) - Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. University of Calgary, Calgary
- **BARCLAY, R.M.R., BAERWALD, E.F., AND GRUVER, J.C.** (2007). Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height. *Can. J. Zool.* 85, 381–387.
- **BEHR, O., NIERMANN, I., MAGES, J., BRINKMANN, R.** (2009): Fachtagung Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen: Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen: 06.09.2009; Hannover
- **BERGEN F.** (2001), Untersuchungen zum Einfluss der Errichtung und des Betriebs von Windenergieanlagen auf Vogel im Binnenland. 283 p.
- **BEUCHER Y.** (2007), Suivi évaluation de l'impact sur les oiseaux du parc éolien de Ségur (12). Campagne 2007, première année d'exploitation. 66p.
- **BEUCHER Y. KELM V., GEYELIN M. PICK D.** (2010) - Parc éolien de Castelnaud-Pégayrols (12) ; suivi évaluation post-implantation de l'impact sur les chauves-souris. Bilan de campagne de la première et de la deuxième année d'exploitation (2009 2010).
- **BEUCHER Y., ALBESPY F., MOUGNOT J.** (2012) - Projet éolien de Gelles et Heume l'Eglise (63) Focus sur la Grande Noctule *Nyctalus lasiopterus* (Schreber, 1780). Prospections complémentaires visant la localisation de gîtes et la précision des enjeux. 62 p.
- **BOUZIN M., WALEAU A.** (2017) Parcs éoliens de Murat, de la Salesse et du Haut Languedoc – Bilan du suivi de la mortalité – Années 2015 & 2016. 80 p.
- **BOUZIN M.** (2015) Parc éolien de Fraïsse-sur-Agout (34) – SAS Parc éolien de Fontfroide et SAS Parc éolien de Roc de l'Ayre. Bilan du suivi de la mortalité. Année 2015. 40 p.
- **BUREAU DE COORDINATION ENERGIE EOLIENNE** (2009) – Méthodes pour l'analyse et la réduction du risque de collision de chiroptères avec des installations éoliennes terrestres. Synthèse de congrès chauves-souris. Hanovre, 9 juin 2009. 5 p.
- **CORNUT J. VINCENT S.** (2010) – Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du Sud de la région Rhône-Alpes. LPO Drôme. 39 p.
- **COSSON, M., DULAC, P.** (2004) : Suivi Évaluation de l'impact du parc Éolien de Bouin, 2003 : Comparaison État initial et fonctionnement des Éoliennes. A.D.E.M.E. Pays de la Loire, Région Pays de la Loire, L.P.O., Rochefort, 91 p.
- **Dachverband der deutschen Natur- und Umweltschutzverbände (DNR)** (2005). Pour une exploitation de l'énergie éolienne respectueuse de la nature et de l'environnement en Allemagne (onshore). Traduction du Bureau de coordination énergie éolienne/ Koordinierungsstelle Windenergie e.V.166 p.
- **De LUCAS M., JANSS G.F.E., FERRER M.**(2007) – Birds and wind farms, Risk assessment and mitigation. Quercus publishing compagny. 275p.
- **DEJEAN S.** (2007) – Clé de détermination des chauves-souris de Midi-Pyrénées – En main-Cren/Gcmp DS. 16 p.
- **DIETZ C., Von HELVERSEN O.** (2004) – Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe. Version 1. Tuebingen & Erlangen (Allemagne). Traduction JC Louis. 56 p.
- **DUBOURG-SAVAGE M-J.**, (2005) : Impact des éoliennes sur les Chiroptères, de l'hypothèse à la réalité, Arvicola XVI n°2, SFPEM.
- **DUBOURG-SAVAGE M-J, BACH ET AL.** (2005): Report of the Intersessional Working Groupon Wind Turbines and Bat Populations. Eurobats10th Meeting of the Advisory Committee Bratislava, Slovak Republic, 25 – 27 April 2005
- **DULAC, P.** (2008) : Évaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris Bilan des 5 années de suivi. Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon - Nantes, 106 pages.
- **DURR Tobias** (2016) Synthèse de bilan de suivi de la mortalité sous les éoliennes d'Allemagne et d'Europe, bilan de décembre 2016.
- **EXO, K.-M., O. HÜPPOP et S. GARTHE.** 2003. « Birds and offshore wind farms: a hot topic in marine ecology », *Wader Study Group Bull.* 100:50-53
- **GEROUDET P. & CUISIN M.** (2000)- Les rapaces d'Europe diurnes et nocturnes. Editions Delachaux et Niestlé. 446p.
- **GENSBOL B.** (2004) – Guide des rapaces diurnes, Europe, Afrique du Nord et Moyen Orient – Coll° Les guides du naturaliste – Ed° Delachaux et Niestlé. Paris. 403 p.
- **GISCLAR D., WALEAU A.** (2018) Evaluation de l'impact du parc éolien de Bois de Merdelou sur l'Avifaune et les Chiroptères. 2018 – Année 1 39 p.
- **Groupe Chiroptères de la SFPEM**, 2016. – Suivi des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de Chiroptères, Version 2.1 (février 2016). Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Paris, 17 pages
- **HORN, J., ARNETT, E., KUNZ, T.:** (2008) : Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. *Journal of Wildlife Management* 72(1):123-132. 2008
- **HÖTKER H.** (2006). NABU. The impact of repowering of wind farms on birds and bats. 38p.
- **HÖTKER H., THOMSEN K-M, JEROMIN H.** (2006). Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources : the example of birds and bats. NABU Michael-Otto-Institut. 65 p.

- **HUSO M.**, 2010. An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics*. 19 p.
- **KINGSLEY et WHITTAM** (2007) – Les éoliennes et les oiseaux : Revue de la documentation pour les évaluations environnementales. 93p.
- **KORN M., STÜBING S.** (2003) - Regionalplan Oberpfalz-Nord – Ausschlusskriterien für Windenergieanlagen im Vorkommensgebiet gefährdeter Großvogelarten. Stellungnahme des Büros für faunistische Fachfragen. 56p.
- **KORNER-NIEVERGELT F., KORNER-NIEVERGELT P., BEHR O., NIERMANN I., ROBERT BRINKMANN R. & HELLRIEGEL B.**, 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildlife Biology*. 17 : 350-363.
- **KINGSLEY A., WHITTAM B.** (2007), - Les éoliennes et les oiseaux, revue de la littérature pour les évaluations environnementales. Version provisoire du 2 avril 2007. Etudes d'Oiseaux Canada pour Environnement Canada/ Service Canadien de la Faune. 93 p.
- **Kunz, T., Arnett, E.B, Wallace P, Erickson, W.P., Hoar, A.R., Johnson G.D., Larkin, R.P., Strickland, Thresher, R.W., Tuttle, M.D.** (2007): Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. *Front Ecol Environ* 2007; 5(6): 315–324.
- **LEKUONA, J.** (2001) : Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves y murciélagos en los parques eólicos de Navarra durante un ciclo anual. Informe Técnico. Dirección General de Medio Ambiente. Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda. Gobierno de Navarra.
- **MADDERS M. & WHITFIELD D.P** (2006) – Upland raptors and the assessment of wind farm impacts. Art. 148 43-56 of *Ibis*, British Ornithologists' Union. 14 p.
- **MARMET J.** (2014) Cahier technique d'identification des chiroptères (2014)...
- **MAUREL C., TALHOET S.** (2018) Parc éolien de Bois de Merdelou. Suivi des mouvements de vautours et de l'Aigle royal. Avril-décembre 2017. 30 p.
- **MEEDDAT** (2010) - Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens. Actualisation 2010. 188p + annexes techniques.
- **MULLARNEY K., SVENSSON L., ZETTERSTRÖM D., GRANT P. J** (2004) - Le guide ornitho — Delachaux et Niestlé – Paris - 398 p.
- **NEOMYS, CPEPESC-Lorraine et COL** (2012) – Définition et cartographie des enjeux avifaunistiques et chiroptérologiques vis-à-vis des éoliennes en Lorraine. 70p.
- **Niermann, I., Brinkmann, R., Korner-Nievergelt, F. & Behr, O.** 2011. Systematische Schlagopfersuche – Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. - In: Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & Reich, M. (Eds.); Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Cuvillier Verlag, Göttingen, Germany, Umwelt und Raum. 4 : 40-115.
- **NIERMANN I., BRINKMANN R., BEHR O., KORNER-NIEVERGELT F., MAGES J.** (2009) : Recherche systématique de cadavres –conditions méthodologiques, methodes d'analyses statistique et résultats. Extrait d'une traduction des Synthèses des conférences tenues à Hanovre, le 09 juin 2009.
- **ROCAMORA G., YEATMAN-BERTHELOT D.** (1999) - Oiseaux menacés et à surveiller en France. Liste rouge et priorités. Société d'Etudes ornithologiques de France / Ligue pour la protection des oiseaux. Paris. 560p.
- **SANE F. CHRISTOPHE F., MERLY S. (ALEPE)** (2012) - Contrôle de l'impact post-implantation du parc éolien de Lou Paou sur les habitats, l'avifaune et les chiroptères : bilan des 3 années de suivi (2008-2009-2010). 110 p.
- **THIOLLAY JM., BRETAGNOLLE V.** (2004) – Rapaces nicheurs de France ; distribution, effectifs, conservation. - Coll° Les guides du naturaliste - Ed° Delachaux et Niestlé. Paris. 175 p.
- **ULDRY V. (2013)** – Comparaison entre deux détecteurs d'ultrasons automatiques (Batcorder et Batlogger) dans le domaine de l'éolien. 36 p.
- **WALEAU A.** (2018) Evaluation de l'impact du parc éolien de Puech del Vert sur l'Avifaune et les chiroptères. 2018-année 1. 40 p.
- **WHITFIELD D.P. & MADDERS M.** (2006) – A review of the impacts of wind farms on hen harriers *Circus cyaneus* and an estimation of collision avoidance rates. Natural research information note 1 (revised). Aberdeen. 32 p.
- **WHITFIELD D.P. & MADDERS M.** (2005) – Flight height in the hen harrier *Circus cyaneus* and its incorporation in wind turbine collision risk modelling. Natural research information note 2. Aberdeen. 13 p.

11 ANNEXES

11.1 Annexe 1 : Modalité de détermination des espèces

Pour préciser les modalités de détermination des espèces, et les suppositions qui ont été faites pour les espèces non discriminantes, nous distinguons :

- **Le groupe des "Pipistrelles"**, qui comprend 4 espèces appartenant à ce genre (Pipistrelle de Kuhl, Pipistrelle de Nathusius, Pipistrelle commune et Pipistrelle pygmée) mais aussi à deux autres espèces (Minoptère de Schreibers et Vespère de savi) qui peuvent s'apparenter à ces 4 espèces du point de vue acoustique. L'analyse des séquences ne permet pas toujours d'aller jusqu'au niveau de l'espèce. De ce fait, plusieurs sous-groupes peuvent être créés par l'analyse semi-automatique des logiciels du Batcorder :
 - Le groupe des « **Ptief** », qui représente des signaux en Fréquence Modulée Aplanie ou en Quasi-Fréquence Constante dont la fréquence de maximum d'énergie pourrait correspondre avec la Pipistrelle de Kuhl et le Vespère de Savi.
 - Le groupe des « **Pmid** », qui représente des signaux en Fréquence Modulée Aplanie ou en Quasi-Fréquence Constante dont la fréquence de maximum d'énergie pourrait correspondre avec la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius.
 - Le groupe des « **Pnat/Ppip** » correspond à des signaux en recouvrement entre la Pipistrelle de Nathusius et la Pipistrelle commune.
 - Le groupe des « **Phoch** », qui représente des données présentant un recouvrement des signaux de Pipistrelle commune, de Minoptère de Schreibers et de Pipistrelle pygmée.
- **Le groupe des Sérotules** (espèces de grande taille, familles des sérotines, molosses et des noctules). Il s'agit ici d'un groupe d'espèces dont les signaux sont également souvent en recouvrement. Plusieurs groupes peuvent apparaître :
 - Le groupe des « **Nyctaloïd** » comprend le plus grand nombre d'espèces, et pour lequel l'analyse ne permet pas de distinguer les noctules des sérotines. Il s'agit de séquence en Fréquence Modulée Aplanie dont le recouvrement est important avec un nombre d'espèce important (Sérotine commune, Noctule de Leisler, Noctule commune, Sérotine bicolore...)
 - Le groupe des « **Nycmi** » qui représente des signaux en Fréquence Modulée Aplanie ou en Quasi-Fréquence Constante dont la fréquence de maximum d'énergie pourrait correspondre avec la Sérotine commune, la Sérotine bicolore ou la Noctule de Leisler.
- Le groupe des « **Vmur/NLei** » correspond à des signaux en Quasi-Fréquence Constante dont on ne peut déceler d'alternance de fréquence ou de structure et qui sont donc en recouvrement entre la Noctule de Leisler et la Sérotine bicolore.
- Le groupe des « **NLei/Nnoc** » représente un recouvrement entre la Noctule de Leisler et la Noctule commune, notamment avec des signaux en Quasi-Fréquence Constante.
- Le groupe des « **Nyctief** » correspond à des signaux basse fréquence dont la détermination entre le Molosse de Cestoni et la Grande noctule n'est pas possible.
- **Les Murins**, il s'agit ici de séquences en fréquence modulée abrupte qui caractérisent ce groupe d'espèces. La détermination de ces espèces s'avère très difficile. Leur comportement de vol bas (espèces souvent forestières « glaneuses ») ne justifie pas, vis à vis d'un projet éolien, de toujours tenter de les identifier jusqu'au niveau de l'espèce (au moins pour les signaux pouvant poser problème).
- **Les Oreillards**, tout comme les murins, émettent des séquences en fréquence modulée abrupte, ce qui rend la détermination difficile. Seules trois espèces d'oreillards sont présentes en France et seuls l'Oreillard roux et l'Oreillard gris sont potentiellement présents au niveau du site et partiellement distinguables entre eux acoustiquement (selon les conditions).
- **La Barbastelle d'Europe**, qui possède une signature acoustique assez différente des autres espèces est plus facilement identifiable.
- **Les Rhinolophes**, avec 3 espèces potentiellement présente sont plus ou moins facilement déterminable (Grand rhinolophe, Petit rhinolophe et Rhinolophe euryale). Ce groupe d'espèce possède aussi une signature propre avec des signaux en fréquence constante.
 - Le Grand rhinolophe est facilement déterminable avec des fréquences sans recouvrement avec d'autres espèces.
 - Le groupe des « **Rhoch** » regroupe des signaux dont la fréquence ne peut permettre de déterminer précisément l'espèce entre le Rhinolophe euryale et le Petit rhinolophe.

11.2 Annexe 2 : Abréviations et espèces

Abréviation	Espèce	Nom latin	Type acoustique	Comportement de vol
Bbar	Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	Myotis	Vol bas
Enil	Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Sérotule	Lisière
Eser	Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Sérotule	Lisière
Hsav	Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Vespère de Savi	Vol haut
Leis.Noct	Noctule de Leisler / Noctule commune	<i>Nyctalus leisleri</i> / <i>Nyctalus noctula</i>	Sérotule	Vol haut
Mdau	Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	Myotis	Vol bas
Misch	Minioptère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i>	Minioptère de Schreibers	Vol haut en migration/transit
Mnat	Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	Myotis	Vol bas
MSch/Ppyg	Minioptère de Schreibers / Pipistrelle pygmée	<i>Miniopterus schreibersii</i> / <i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Pipistrelle	Lisière ou vol haut en migration/transit
Myotis	Murin sp.	<i>Myotis sp.</i>	Myotis	Vol bas
Nlas	Grande Noctule	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Sérotule	Vol haut
Nlei	Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Sérotule	Vol haut
Nlei/Nnoc	Noctule commune / Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i> / <i>Nyctalus noctula</i>	Sérotule	Vol haut
Nnoc	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Sérotule	Vol haut
Nsp	Noctule sp.	<i>Nyctalus sp.</i>	Sérotule	Vol haut
Nycmi	Noctule de Leisler / Sérotine commune / Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Sérotule	Lisière ou vol haut
Nyctaloid	Sérotule	<i>Nyctalus sp.</i> / <i>Eptesicus sp.</i> / <i>Vespertilio murinus</i>	Sérotule	Lisière ou vol haut
Nyctief	Noctule commune / Grande noctule	<i>Nyctalus noctula</i> / <i>Nyctalus lasiopterus</i>	Sérotule	Vol haut
Phoch	Pipistrelle commune / Minioptère de Schreibers / Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pipistrellus</i> / <i>Miniopterus schreibersii</i> / <i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Pipistrelle	Lisière ou vol haut en migration/transit
Pipistrelloid	Pipistrelle sp.	<i>Pipistrellus sp.</i>	Pipistrelle	Indéterminé
Pkuh	Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle	Lisière
Plecotus	Oreillard sp.	<i>Plecotus sp.</i>	Oreillard	Lisière
Pmid	Pipistrelle Nathusius / Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus nathusii</i> / <i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle	Lisière ou vol haut en migration/transit
Pnat	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Pipistrelle	Vol haut en migration/transit
Pnat/Ppip	Pipistrelle de Nathusius / Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus nathusii</i> / <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle	Lisière ou vol haut en migration/transit
Ppip	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle	Lisière
Ppyg	Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Pipistrelle	Lisière
Ptief	Pipistrelle de Kuhl / Vespère de Savi	<i>Pipistrellus kuhlii</i> / <i>Hypsugo savii</i>	Pipistrelle	Lisière ou vol haut
Reur	Rhinolophe euryale	<i>Rhinolophus euryale</i>	Rhinolophe	Vol bas
Rfer	Grand Rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Rhinolophe	Vol bas
Rhinolophus	Rhinolophe sp.	<i>Rhinolophus sp.</i>	Rhinolophe	Vol bas
Rhip	Petit Rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Rhinolophe	Vol bas
Rhoch	Petit Rhinolophe / Rhinolophe Euryale	<i>Rhinolophus hipposideros</i> / <i>Rhinolophus euryale</i>	Rhinolophe	Vol bas
Spec.	Chiroptère sp.	<i>chiroptera sp.</i>		
Tten	Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i>	Sérotule	Vol haut
Vmur/Nlei	Sérotine bicolore / Noctule de Leisler	<i>Vespertilio murinus</i> / <i>Nyctalus leisleri</i>	Sérotule	Vol haut
Vmur/Nyc	Sérotine bicolore / Noctule de Leisler / Noctule commune	<i>Vespertilio murinus</i> / <i>Nyctalus leisleri</i> / <i>Nyctalus noctula</i>	Sérotule	Vol haut

11.3 Annexe 3 : Fiche de relevé de terrain

FICHE DE TERRAIN MORTALITE Suivi mortalité du parc éolien de IDS ST ROCH (2023)

Chercheur :		Heure d'embauche :		Heure début suivi :		Temps de pause :	
Date :		Heure de débauche :		Heure fin suivi :		Orages ?	

	Durée de prospection	Surface prospectée (%) (T1 + T2 + T3)	Type 1 - T1 (%) Très facile	Type 2 - T2 (%) Facile	Type 3 - T3 (%) Moyen	Type 4 (%) Non prospectable	Assolement : culture, prairie, lande ... / présence d'animaux	Vérification caisson ventil. (si présence)	Remarques					
									Maintenance (Oui/Non)	Lumière allumée (Oui/Non)	Tas de fumier - carcasses - grains (Oui/Non)	Eau stagnante (Oui/Non)	Travaux agricoles en cours (Oui/Non)	
CONTEXTE	E1													
	E2													
	E3													
	E4													
	E5													
	E6													

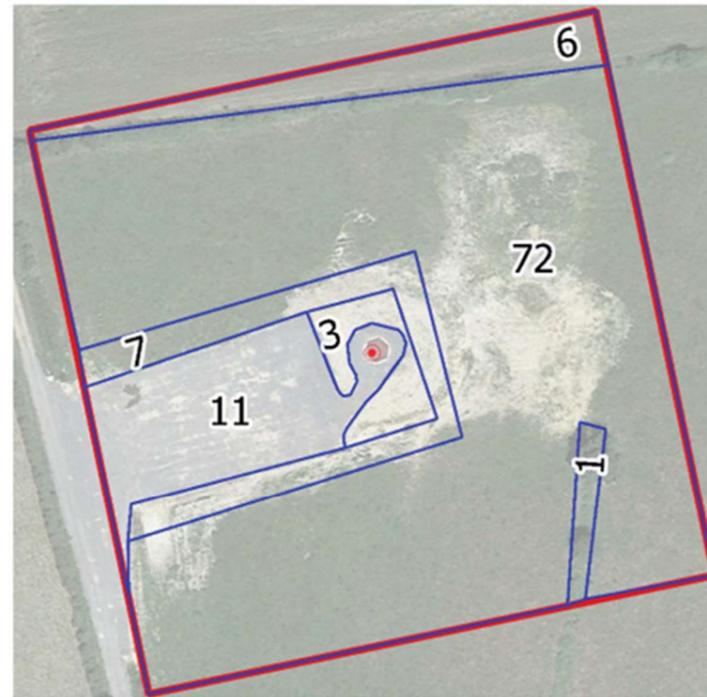
DECOUVERTES IN PROTOCOLE	Oiseau (OIS) ou Chiro (CS)													
	Cadavre / Plumée													
	Eolienne concernée													
	Distance au mât													
	Direction au mât													
	Coordonnées L93	X												
		Y												
	Type dans lequel le cadavre a été trouvé (type 1, type 2, type 3)													
	Etat (vivant, frais, avancé, sec)													
	Blessure (non/oui et quoi)													
	<u>OIS</u> : Rapace/passereau													
	<u>CS</u> : Taille avant-bras (mm)													
	Espèce (ou genre...)													
	Age (ad, jeune)													
	Sexe (male, fem)													



E1



E2



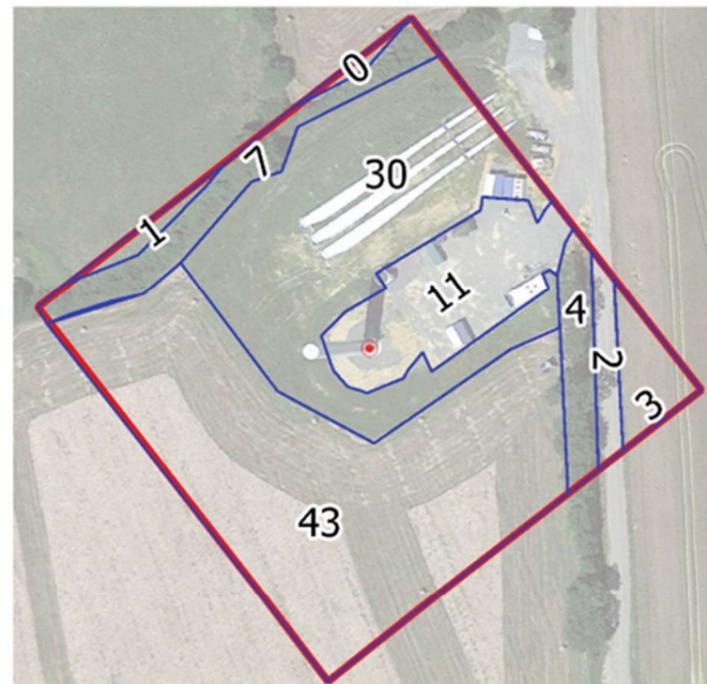
E3



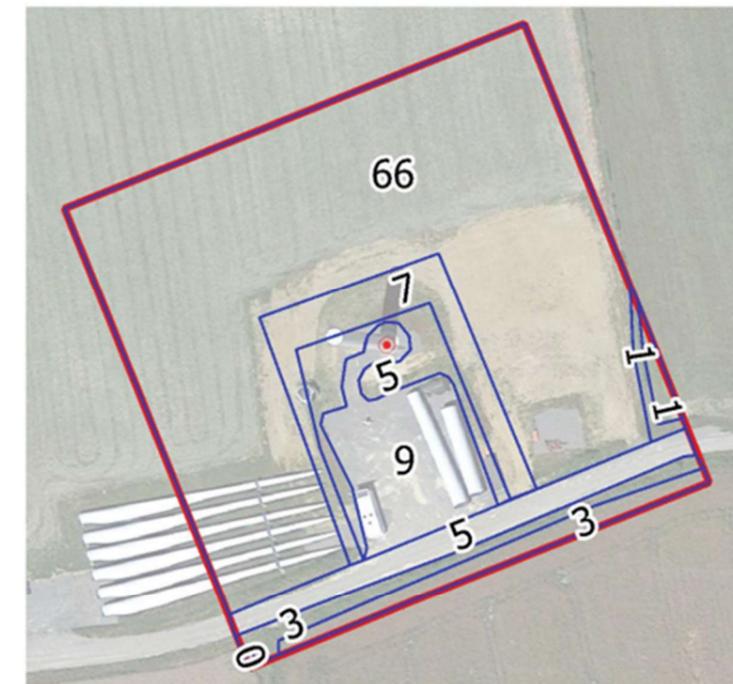
E4



E5



E6



11.4 Annexe 4 : Données brutes des relevés de mortalité EXEN

▪ Oiseaux

Date	Plumée ou cadavre	Eolienne	Distance au mat (m)	Direction par rapport au mat	Date de mortalité estimée	Barotrauma / blessure	Espèce	Nom latin	Type de vol	Sexe	Age
04/04/2023	cadavre	E1	48	NO	01/04/2023	?	Merle noir	<i>Turdus merula</i>	Passereau	Indéterminé	Indéterminé
04/04/2023	cadavre	E4	40	N	03/04/2023		Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	Passereau	Femelle	Adulte
11/05/2023	cadavre	E5	85	SO	10/05/2023		Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau		Juvenile
11/05/2023	cadavre	E3	60	NE	10/05/2023	décapité	Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	Oiseau d'eau	Mâle	Adulte
11/05/2023	cadavre	E1	42	NE	10/05/2023		Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau		Adulte
11/09/2023	cadavre	E2	20	SO	10/09/2023	RAS	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Petit rapace		
11/09/2023	cadavre	E6	2	E	10/09/2023	RAS	Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	Passereau		Adulte
25/10/2023	cadavre	E4	35	SO	24/10/2023		Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Petit rapace	Femelle	Adulte