



Ferme éolienne de IDS

Parc éolien de Ids-Saint-Roch (18)

Suivis environnementaux post-implantation en 2022

- **Suivi de l'activité des chauves-souris**
- **Suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris**



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

Février 2023

Parc éolien de Ids-Saint-Roch (18)

Suivis environnementaux post-implantation en 2022

Suivi de l'activité des chauves-souris

Suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris

- **Recherches de mortalité sur site** : J. Arles, A. Auguy, M. Beucher, H. Bonnet, L. Bruneau, J. Caylet, D. Cornet, C. Metge, V. Perrot, C. Respaud,
- **Organisation, méthodes** : Y. Beucher, A. Langlois, J. Mougnot,
- **Analyse des données, interprétations** : S. Dervaux, A. Langlois, J. Mougnot, T. Mouysset,
- **Rédaction, relecture** : S. Dervaux, T. Mouysset, A. Langlois.

Février 2023 – Version finale

SOMMAIRE

SOMMAIRE	3	3 SUIVI DE LA MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX	34
TABLE DES ILLUSTRATIONS	5	3.1 OBJECTIFS DU SUIVI DE LA MORTALITE.....	34
1 PREAMBULE	8	3.2 METHODOLOGIE	34
1.1 CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE.....	8	3.2.1 Choix d'une méthode standardisée	34
1.2 RAPPEL DES RESULTATS DU SUIVI ANTERIEUR.....	10	3.2.2 Choix des périodes de suivis et fréquence des visites.....	34
2 SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHAUVES-SOURIS EN HAUTEUR	13	3.2.3 Choix des éoliennes suivies	35
2.1 METHODOLOGIE	13	3.2.4 Organisation des parcours de prospection	36
2.1.1 Suivi automatisé en continu (passif) : généralités et organisation.....	13	3.2.5 Recueil des données et destination des cadavres	39
2.1.2 Suivi passif depuis la nacelle de l'éolienne E1.....	13	3.2.6 Détermination des coefficients correcteurs.....	39
2.1.3 Référentiel de niveau d'activité.....	15	3.2.7 Estimation des taux de mortalité.....	41
2.1.4 Utilisation de l'espace par les chauves-souris et typologie des modes de vol.....	16	3.3 BILAN DE LA MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS.....	43
2.2 LIMITES DE LA METHODOLOGIE	18	3.3.1 Bilan des mortalités par éolienne.....	43
2.2.1 Suivi passif (Module Batcorder autonome depuis la nacelle).....	18	3.3.2 Chronologies constatées et corrigées des mortalités de chauves-souris.....	43
2.2.2 Difficultés d'identification acoustique de certaines espèces	18	3.3.3 Typologie des cadavres découverts.....	46
2.2.3 Une détection divergente selon les espèces.....	19	3.3.4 Relation espèce / éolienne et type de vol / éolienne.....	47
2.2.4 Autres limites de détection acoustique	19	3.3.5 Chronologie des mortalités, phénologies des espèces et tentatives d'interprétations.....	48
2.3 RESULTATS DES SUIVIS DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES	21	3.3.6 Interprétation par espèce (phénologie, comportement de vol ...).....	49
2.3.1 Cortège d'espèces.....	21	3.3.7 Dispersion des cadavres sous les éoliennes	49
2.3.2 Evolution saisonnière.....	23	3.3.8 Taux de mortalité des chauves-souris	50
2.3.3 Chronologie de l'activité au niveau de la nacelle E1.....	25	3.4 BILAN DE LA MORTALITE DES OISEAUX	58
2.3.4 Influence de la vitesse du vent	30	3.4.1 Bilan des mortalités par éolienne.....	58
2.3.5 Influence de la direction du vent	31	3.4.2 Chronologies constatées et corrigées des mortalités d'oiseaux.....	58
2.3.6 Influence de la température.....	32	3.4.3 Typologie des cadavres découverts.....	60
2.3.7 Rythme d'activité nocturne.....	33	3.4.4 Relation espèce / éolienne	61
		3.4.5 Chronologie des mortalités, phénologies des espèces et tentatives d'interprétations.....	62

3.4.6	Interprétation par espèce	63	6	PROPOSITION DE MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS.....	84
3.4.7	Dispersion des cadavres sous les éoliennes	64	6.1	CONCERNANT LES CHIROPTERES	84
3.4.8	Autres mortalités découvertes	65	6.1.1	Modification de la mesure de régulation des machines	84
3.4.9	Taux de mortalité des oiseaux	66	6.2	CONCERNANT LES OISEAUX.....	87
4	EVALUATION DES IMPACTS DU PARC EOLIEN D'IDS-SAINT-ROCH.....	72	6.2.1	Mise en place d'un système vidéo de détection en cas de danger de collision avec un oiseau	87
4.1	IMPACT SUR LES CHIROPTERES	72	6.2.2	Veiller à ce que les caissons de ventilation continuent à être étanches	88
4.1.1	Analyse quantitative et comparaisons avec d'autres parcs éoliens.....	72	6.3	MESURES COMMUNES AUX CHIROPTERES ET AUX OISEAUX.....	88
4.1.2	Analyse qualitative des impacts sur les chiroptères	73	6.3.1	Veiller à l'absence d'éclairage du parc	88
4.2	IMPACT SUR L'AVIFAUNE.....	75	6.3.2	Limiter la fréquentation des chauves-souris et des oiseaux autour des éoliennes	88
4.2.1	Analyse quantitative et comparaisons avec d'autres parcs éoliens.....	75	7	MESURES REGLEMENTAIRES.....	89
4.2.2	Analyse qualitative des impacts sur l'avifaune	75	7.1	SUIVI DE LA MORTALITE	89
5	EVALUATION DE L'EFFICACITE DE LA MESURE DE REGULATION.....	76	7.2	SUIVI DE L'ACTIVITE EN NACELLE	89
5.1	RAPPEL DU PATTERN DE REGULATION	76	8	SYNTHESE DES INCIDENCES RESIDUELLES ATTENDUES DU PARC EXISTANT	90
5.2	CONFRONTATION ENTRE LES RESULTATS DU SUIVI DE LA MORTALITE ET DU SUIVI D'ACTIVITE AVEC LA PERIODE DE REGULATION DES MACHINES	76	9	BIBLIOGRAPHIE	91
5.3	DONNEES BRUTES ET MORTALITES ESTIMEES	77	ANNEXES	93	
5.4	VERIFICATION DU DIMENSIONNEMENT DE LA REGULATION	79	9.1	ANNEXE 1 : FICHE DE RELEVÉ DE TERRAIN.....	94
5.5	VERIFICATION DE L'IMPLANTATION DU PATTERN DE REGULATION EN MACHINE	81	9.2	ANNEXE 2 : DONNEES BRUTES DE MORTALITES DECOUVERTES.....	96

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Carte de localisation du parc éolien	9	Figure 16 : Tableau de continuité de présence de chaque espèce (ou groupe d'espèces) sur site au cours du suivi en continu en 2022, basé sur les données enregistrées en nacelle d'éolienne E1 (en seconde d'activité par quinzaine) (Mars-2 : deuxième quinzaine du mois de mars ; les couleurs sont arbitraires mais les couleurs foncées représentent un niveau d'activité plus important)	24
Figure 2 : Extrait du rapport de suivi-post-implantation 2021 effectué par Ecosphère	11	Figure 17 : Echelle de représentation du niveau d'activité par nuit en nacelle d'éolienne (basée sur l'expérience EXEN)	25
Figure 3 : suite et fin de l'extrait du rapport de suivi-post-implantation 2021 effectué par Ecosphère .	12	Figure 18 : Tableau de synthèse des informations relatives aux nuits de plus forte activité relevée en période printanière en 2022	25
Figure 4 : Cliché d'exemple d'installation de Batcorder en nacelle avec micro à travers la paroi de la nacelle.....	13	Figure 19 : Tableau de synthèse des informations relatives aux nuits de plus forte activité relevée en période estivale, en 2022.....	26
Figure 5 : Zone de couverture acoustique des Batcorders sous les nacelles d'éoliennes (modèle Enercon E72 en haut, modèle Vestas en bas).....	14	Figure 20 : Tableau de synthèse des informations relatives aux nuits de plus forte activité relevée en période automnale en 2022.....	27
Figure 6 : Distances de détection (min et max) pour des signaux de pipistrelles et noctules (20 et 40 KHz de fréquences)	14	Figure 21 : 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	28
Figure 7 : Synthèse de la plage de fonctionnement des modules installés en éolienne E1, et nombre d'enregistrements.....	15	Figure 22 : 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 avec une adaptation de l'échelle pour une meilleure visualisation	29
Figure 8 : Référentiel EXEN de niveau d'activité pour une nuit mesurée par un Batcorder au sol (en secondes d'activité cumulée par nuit).....	15	Figure 23 : 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 2022 en nacelle d'éolienne)	30
Figure 9 : Grille de hiérarchisation EXEN du niveau d'activité relevé par les Batcorders utilisés en hauteur (en seconde d'activité par nuit)	15	Figure 24 : Graphique présentant l'activité chiroptérologique (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 des pics (en bas à droite) relevés en nacelle d'éolienne E1	31
Figure 10 : Schéma des différents types de vols des chauves-souris.....	17	Figure 25 : 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	32
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 »).....	18	Figure 26 : Rythme d'activité nocturne (en seconde d'activité cumulée) par groupe d'espèces mesuré au niveau de l'éolienne E1 (en 2022).....	33
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).....	19	Figure 27 : Rythme d'activité nocturne des chauves-souris en fonction de l'écart au coucher du soleil ou lever du soleil et en fonction des mois.....	33
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).....	20	Figure 28 : Calendrier des dates de visites effectuées lors du suivi de 2022	35
Figure 14 : Tableau recensant l'ensemble des espèces contactées au cours des suivis en continu (en blanc sont représentées les espèces dont la détermination reste incertaine).....	21	Figure 29 : Schéma représentatif du transect de prospection théorique	36
Figure 15 : Proportion d'activité par groupe d'espèces relevées au niveau du point d'enregistrement en continu sur l'éolienne E1 (En haut détail par espèce, en bas par groupe de vol).....	22	Figure 30 : Carte de l'orientation des carrés et de la surface prospectée lors du suivi mortalité sous les éoliennes de Ids-Saint-Roch en 2022	37

Figure 31 : Clichés des principaux critères utilisés pour la détermination des chauves-souris	39	56
Figure 32 : Clichés des peluches utilisées pour la réalisation des tests de détection (sur un autre site).	40	Figure 51 : Paramètres pour le calcul des équations selon la deuxième méthode de calcul.....	56
Figure 33 : Clichés témoignant de la difficulté de perception des peluches dispersées (sur un autre site)	40	Figure 52 : Résultats des calculs du taux de mortalité 2022 des chauves-souris par la seconde méthode de calcul	57
Figure 34 : Bilan des mortalités de chauves-souris constatées en 2022 et répartition par éolienne	43	57
Figure 35 : Cliché d'exemple d'enfouissement d'une Pipistrelle de Kuhl (Pipistrellus kuhlii) par un couple de Nécrophore chasseur (Nicrophorus investigator), sous un autre parc	44	Figure 56 : Bilan des mortalités des oiseaux constatées en 2022 et répartition par éolienne	58
Figure 36 : Chronologie des mortalités de chauves-souris (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne en 2022	45	Figure 57 : Chronologie des mortalités des oiseaux (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne en 2022.....	59
Figure 37 : Chronologie des mortalités de chauves-souris estimées (corrigées) par mois en 2022.....	46	Figure 58 : Chronologie des mortalités d'oiseaux estimées (corrigées) par mois en 2022	60
Figure 38 : Tableau représentant les statuts de protection et de conservation des espèces de chauves-souris retrouvées sous les éoliennes	46	Figure 59 : Tableau représentant les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux protégées retrouvées sous les éoliennes	60
Figure 39 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèce (effectifs constatés) en 2022	46	Figure 60 : Répartition des mortalités d'oiseaux par espèce (effectifs constatés) en 2022.....	60
Figure 40 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2022.....	47	Figure 61 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2022.....	61
Figure 41 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2022 en fonction du type de vol.....	47	Figure 62 : Répartition des mortalités d'oiseaux par espèce (effectifs constatés) en 2022.....	62
Figure 42 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèce (effectifs constatés) en 2022	48	Figure 66 : Graphique de répartition des cadavres et des plumées de 2022 par classe de distances vis-à-vis du mât de l'éolienne	64
Figure 43 : Cliché de la Noctule commune découverte le 22 juin 2022 sous l'éolienne E6	49	Figure 68 : 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).....	66
Figure 44 : Graphique de répartition des cadavres de 2022 par classe de distances vis-à-vis du mât de l'éolienne.....	49	Figure 69 : Tableau des résultats des tests de découverte et calcul du coefficient de détection d.....	67
Figure 45 : 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).....	50	Figure 70 : Tableau des résultats des tests de persistance ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance	67
Figure 46 : Tableau des résultats des tests de découverte et calcul du coefficient de détection d.....	53	Figure 71 : Paramètres de calcul des équations selon la première méthode de calcul.....	69
Figure 47 : Tableau des résultats des tests de persistance ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance.....	53	Figure 72 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2022 (première méthode de calculs)	69
Figure 49 : Paramètres de calcul des équations selon la première méthode de calcul.....	55	Figure 73 : Paramètres pour le calcul des équations selon la deuxième méthode de calcul.....	69
Figure 50 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2022 (première méthode de calculs)	56	Figure 79 : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour différents suivis des parcs éoliens référencés en France (mise à jour du tableau de l'ALEPE)	72

Figure 80 : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour des parcs éoliens en Europe (Source ALEPE)73

Figure 81 : Niveau d'intensité des risques de mortalité (en vert, les espèces identifiées certitude via le suivi d'activité en hauteur et/ou le suivi de la mortalité au sol)74

Figure 85 : Chronologie de l'activité chiroptérologique réellement à risque en nacelle d'éolienne E1 (tour rotor > 0) et de la mortalité constatée en 202278

Figure 90 : Résultats fournis par l'application web Probat inspector (@ OekoFor GbR ; <https://oekofofor.shinyapps.io/probat-inspector/>).....83

1 PREAMBULE

1.1 Contexte général de l'étude

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.

La société Eurocape a missionné le bureau d'études Ecosphère pour réaliser les suivis environnementaux au cours de la première année d'exploitation. En 2021, la mortalité réelle estimée sur le parc de Ids-Saint-Roch était de 198 chiroptères et 85 oiseaux entre avril et octobre (ECOSPHERE, 2021), soit 227 chiroptères et 145 oiseaux par an sur l'ensemble du parc. A l'issue de ces suivis, des mesures correctrices ont été préconisées.

La société Eucocape 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.

Le présent document propose un bilan décomposé :

- des résultats du suivi de l'activité des chiroptères pour la campagne 2022 (entre mars et novembre),
- des résultats du suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris sous les éoliennes pour la campagne de 2022 (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.

De plus, l'analyse du suivi d'activité des chiroptères permettra de préciser les conditions de risques d'impacts (typologie des mortalités, saisonnalités, facteurs climatiques...), et d'apporter des éléments supplémentaires pour affiner les mesures de réduction, si besoin, pour faire en sorte que les modalités d'exploitation du parc éolien limitent les risques de façon significative.

Figure 1 : Carte de localisation du parc éolien



1.2 Rappel des résultats du suivi antérieur

Un suivi post-implantation a été effectué sur le Parc éolien de Ids-Saint-Roch, en 2021, par Ecosphère.

Le résumé non-technique complet présent dans le rapport qui traite ce suivi post-implantation est disponible à la Figure 2 page 11 et Figure 3 page 12.

Figure 2 : Extrait du rapport de suivi-post-implantation 2021 effectué par Ecosphère

RESUME NON TECHNIQUE

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

❖ Présentation du parc éolien suivi

Le parc éolien d'Ids-Saint-Roch et Touchay se situe au sud du Berry dans la région paysagère de bocage de la Marche dans le département du Cher (18).

Le parc éolien d'Ids-Saint-Roch et Touchay est composé de 6 éoliennes, mises en service le 15 juillet 2020 et exploitées par Eurocape.

❖ Méthodes de travail

Suivi à hauteur de nacelle

Un Batmode S+ a été installé sur l'éolienne E1 et a fonctionné du 25 mars au 11 novembre 2021.

Le micro a été globalement opérationnel du début à la fin, à l'exception de deux nuits (une en juin et une en septembre) où la sensibilité était respectivement trop faible, puis trop élevée.

Mortalité

Le premier suivi ayant débuté en avril 2021, les préconisations du protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (avril 2018) s'appliquent au parc d'Ids-Saint-Roch et Touchay.

Les 6 éoliennes du parc, se trouvant toutes dans un contexte bocager de pâtures entrecoupées de haies, ont été inspectées à chaque passage en appliquant la même méthodologie, selon un protocole standardisé. Un total de 41 passages a été réalisé entre le 9 avril et le 23 octobre 2021 (semaines 14 à 42), avec un intervalle entre les passages de 7 j jusqu'à fin juillet puis de 3,5 j jusqu'à fin octobre, soit un intervalle moyen entre les passages de 4,5 jours.

Les pâles mesurant 65 m, les prospections se sont donc effectuées dans un rayon de 65 mètres autour des mâts des machines.

Deux tests de persistance ont été réalisés (les 08/06 et 13/09/21) avec un suivi de la persistance des 4 à 5 leurres répartis sur chacune des 6 éoliennes à J+1, J+3, J+7, J+10 et J+14. Les deux tests d'efficacité des observateurs (04/06 et 08/10/21) ont consisté en la dépose de 128 leurres sur les différentes zones prospectables autour des éoliennes.

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

Au cours du suivi de 2021, les conditions de fonctionnement des éoliennes ont été variables. En effet, plusieurs algorithmes de bridage ont été proposés par Ecosphère et mis en place pour les raisons suivantes :

- Contexte bocager a priori très favorable à une forte densité en chiroptères ;
- Connaissance de la présence d'une colonie de Noctule de Leisler à proximité du parc ;
- Nombreux cas de mortalité de chauves-souris en cours de suivi, dont plusieurs individus de Noctule commune, espèce menacée.

Aussi, 4 sous-périodes ont dûes être définies pour les analyses :

- De début avril à fin juin : une absence de bridage « Bridage 0 » ;
- Sur le mois de juillet : un bridage à 4 m/s pendant 6h30 après le coucher du soleil (éoliennes 1 à 4) « Bridage 1 » ;
- Sur le mois d'août : un bridage à 5 m/s pendant 4h30 après le coucher du soleil et 3h avant le lever du soleil (éoliennes 1 à 4) « Bridage 2 » ;
- Entre septembre et octobre : un bridage à 6 m/s pendant 4h30 après le coucher du soleil et 3h avant le lever du soleil (éoliennes 1 à 6) « Bridage 3 ».

Ce bridage évolutif a eu des conséquences directes sur la mortalité brute du parc. Ces conséquences ont été analysées.

❖ Résultats du suivi acoustique à hauteur de nacelle

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.

❖ Résultats du suivi de la mortalité

Résultats bruts

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 [sédentaire], 2 Pipistrelles de Kuhl [sédentaire], 1 Pipistrelle de Nathusius [migratrice], 8 Noctules communes [sédentaires pour la plupart, possiblement quelques migratrices] et 1 Noctule de Leisler [statut indéterminé].

Les cadavres découverts sont distribués de manière relativement homogène entre les éoliennes, avec 4 à 8 découvertes par éolienne.

Persistance des cadavres

Les tests de persistance réalisés à partir de 53 leurres montrent un taux de persistance de 33% (première période) à 17 % (seconde période) durant l'intervalle (7 j pour la première période et 3,5 j pour la seconde).

La persistance est supérieure en première partie de suivi et chute en seconde partie de suivi. La réduction de l'intervalle entre deux passages à partir de début octobre permet de réduire les biais liés à la disparition trop rapide des cadavres sur cette période et de ne pas augmenter le degré

Ferme éolienne de IDS | Parc éolien d'Ids-Saint-Roch et Touchay (18) - Suivi post-implantation 2021 | 29/04/2022

Figure 3 : suite et fin de l'extrait du rapport de suivi-post-implantation 2021 effectué par Ecosphère

d'imprécision. En effet, le temps moyen de persistance est d'environ la moitié de l'intervalle aux deux périodes.

Déteçtabilité (efficacité de l'observateur)

Le taux d'efficacité (ou de détection) est de 0,74 pour la période 1 et de 0,60 pour la période 2.

Le taux moyen de détection est considéré comme bon, avec une médiane de 70 % [IC 80 % : 67 % - 74 %] de leurres découverts sur l'ensemble de la période de prospection. Toutefois, on notera que la déteçtabilité est clairement moindre dans les surfaces de moyenne visibilité.

Surface prospectée

La surface moyenne de prospection est de 45 % sur l'intégralité du suivi, avec une variabilité au cours de l'année et entre les éoliennes, ce qui est moyen mais permet des estimations suffisamment robustes.

Estimations de la mortalité

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

Ils ont également été analysés à partir de l'application « GenEst », développée par Huso & Dalthorp (USGS). Les résultats obtenus avec cette seconde méthode ont été conservés car elle permet un ajustement plus fin aux conditions réelles de suivi. Ainsi, l'estimation de la mortalité réelle aboutit à des valeurs médianes de la mortalité d'environ 198 chiroptères [IC 80 %¹ : 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.

La mortalité est variable au cours des périodes du suivi, en fonction de l'écologie des espèces impactées mais également des conditions de fonctionnement des éoliennes (bridage évolutif ayant été mis en place en cours de suivi). Ce bridage semble montrer une certaine efficacité à partir de 6, voire 5 m/s, principalement sur les chauves-souris et éventuellement sur les oiseaux migrateurs. L'ensemble de ces paramètres de bridage reste néanmoins insuffisant au vu des estimations globales obtenues, y compris sur la période stricte de son application.

❖ Evaluation des impacts par collision

Pour les oiseaux, le niveau d'impact avéré est faible pour la Buse variable, à négligeable pour les autres espèces dont des cadavres ont été découverts sous le parc. Il est faible sur la période d'avril à juin et négligeable entre juillet et octobre.

Pour les chauves-souris, le niveau d'impact avéré est assez fort pour la Noctule commune, moyen pour la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius, et négligeable pour les Pipistrelles de Kuhl et commune. Le niveau d'impact par mois est ainsi très fort en août et septembre, fort en juillet, moyen en juin, faible en avril, mai et octobre et enfin, négligeable en novembre.

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

¹ IC 80 % = Intervalle de Confiance à 80 %. L'intervalle de confiance encadre la valeur de mortalité estimée par une borne supérieure et une borne inférieure. Ici, le niveau de confiance de cet intervalle est de 80%. Ce qui signifie qu'il y a 80 chances sur 100 pour que la valeur de l'estimation de la mortalité soit comprise entre la borne inférieure et la borne supérieure.

Bridage nocturne

Un bridage avec différents paramétrages a été établi pro-activement par l'exploitant durant l'année 2021 afin de limiter la mortalité du parc.

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

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

Le tableau ci-dessous résume les paramétrages de bridage mis en place courant 2021 et présente également les options mensuelles de bridage 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 (voir tableau précédent).

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

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 SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHAUVES-SOURIS EN HAUTEUR

2.1 Méthodologie

2.1.1 Suivi automatisé en continu (passif) : généralités et organisation

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 chiroptérologiques 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 période, par mois ou par nuit. 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 climatiques, les effets d'aérodynamisme...). 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'aérodynamisme... et donc plus largement des fonctionnalités des différents secteurs pour les chiroptères.

Afin de pouvoir comparer avec le suivi acoustique, mené par Ecosphère en 2021, il a été choisi d'installer le Batcorder sur l'éolienne E1. Ce dernier fut installé du 21 mars au 15 novembre 2022.

Il faut noter que le suivi s'étale en réalité sur les périodes du 21 mars au 19 juillet 2022 et du 17 août au 15 novembre 2022. En effet, le matériel a rencontré des problèmes techniques. Il a été nécessaire de le remplacer.

Le suivi en continu a permis de couvrir la période printanière, la majorité de la période estivale et de la période automnale.

2.1.2 Suivi passif depuis la nacelle de l'éolienne E1

Pour suivre l'activité des chauves-souris en parallèle de la mortalité, des détecteurs / enregistreurs d'ultrasons de type *Batcorder* (1.0) ont été utilisés. 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.

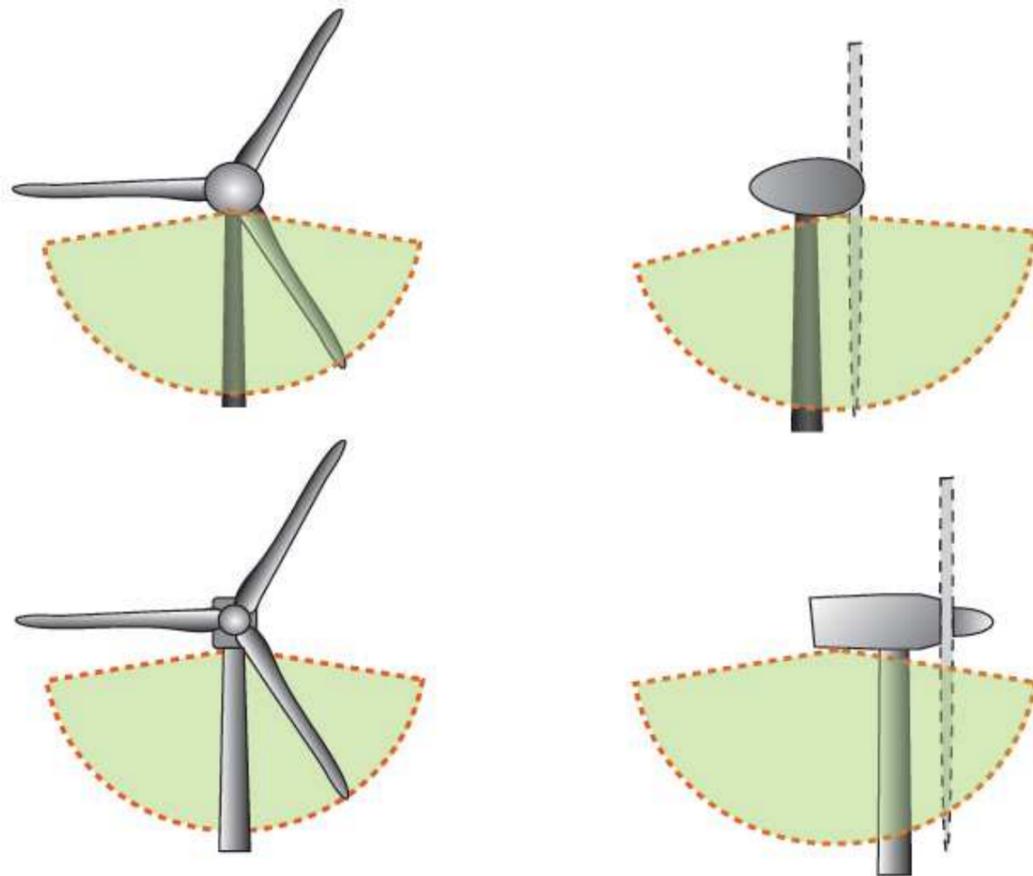
Au niveau de l'éolienne E1, il s'agissait de caractériser l'activité des chauves-souris dans ou à proximité de la zone de rotor des éoliennes (principalement dans un demi-espace inférieur). Un module spécial éoliennes (WKA) est proposé par la société *Eco Obs* comprenant :

- 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 machine de basse fréquence.

Figure 4 : Cliché d'exemple d'installation de Batcorder en nacelle avec micro à travers la paroi de la nacelle



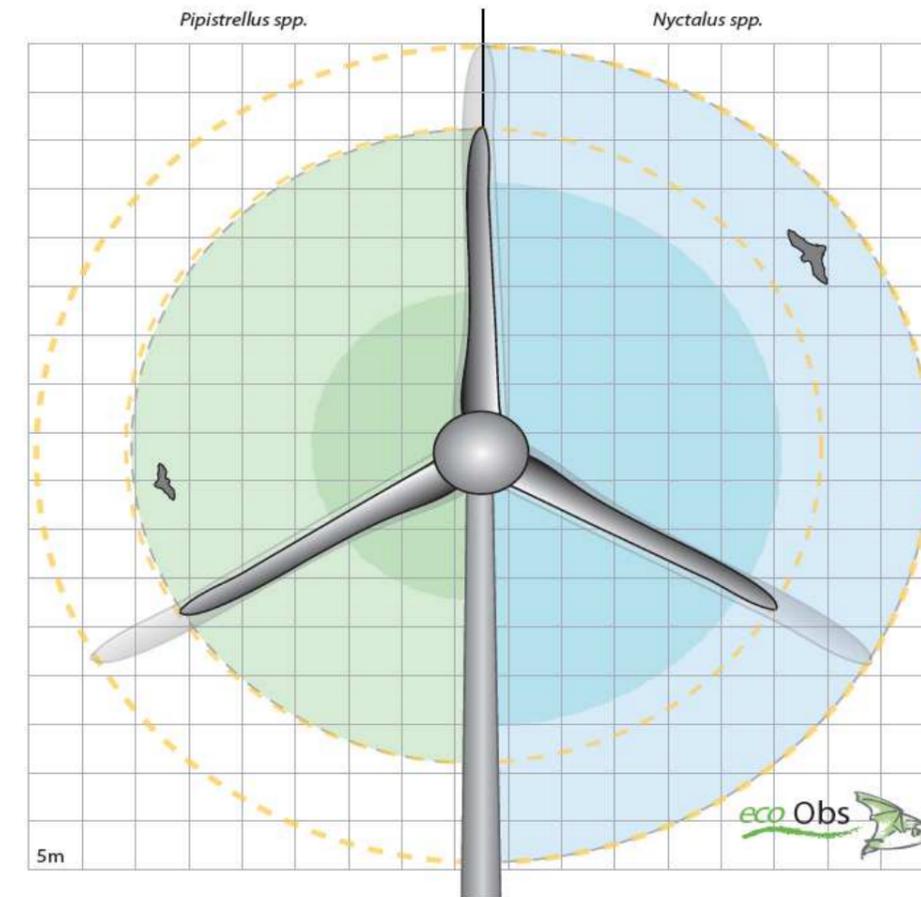
Figure 5 : Zone de couverture acoustique des Batcorders sous les nacelles d'éoliennes (modèle Enercon E72 en haut, modèle Vestas en bas)



L'efficacité des Batcorders placés sur nacelles d'éolienne a pu être testée au cours des plusieurs études pilotes 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 (Batcorders). 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 haut 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'activités 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 6 : Distances de détection (min et max) pour des signaux de pipistrelles et noctules (20 et 40 KHz de fréquences)



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 *batdent*. 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 ultérieure de sons isolés est réalisée par la suite également très facilement grâce aux nombreuses fonctions du logiciel *bcAnalyze 3*. 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. Dans notre cas précis, nous verrons par la suite, qu'au-delà des veilles et mises à jour régulières des paramètres d'analyse et des sons de références, plusieurs plugins proposent notamment une corrélation rapide des données d'activité des chiroptères avec les données climatiques enregistrées sur l'éolienne.

Figure 7 : Synthèse de la plage de fonctionnement des modules installés en éolienne E1, et nombre d'enregistrements

Nom	Date d'intervention	Type d'intervention	Nombre total de séquence enregistrée	Nombre de séquences enregistrée correspondant à des chiroptères
BC modèle 1.0 N°809	21/03/2022	Installation	601	560
	17/08/2022	Désinstallation		
BC modèle 1.0 N°780	17/08/2022	Installation	1895	1821
	15/11/2022	Désinstallation		

Cela représente un total de 2496 données ultrasonores à analyser dont 2381 données correspondaient 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 module Batcorder autonome).

Pour rappel, une période n'a pu être suivi du fait d'un problème technique (du 19 juillet au 17 août 2022). De ce fait, **les données ont été récoltées du 21 mars au 19 juillet et du 17 août au 15 novembre 2022, soit 220 nuits suivies.**

2.1.3 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 par 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 seconde 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

2.1.4 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 climatiques (essaimage d'insectes, effets d'aérodynamisme, 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).
- et 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 Oreillards 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'aérodynamisme au moment des phénologies 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

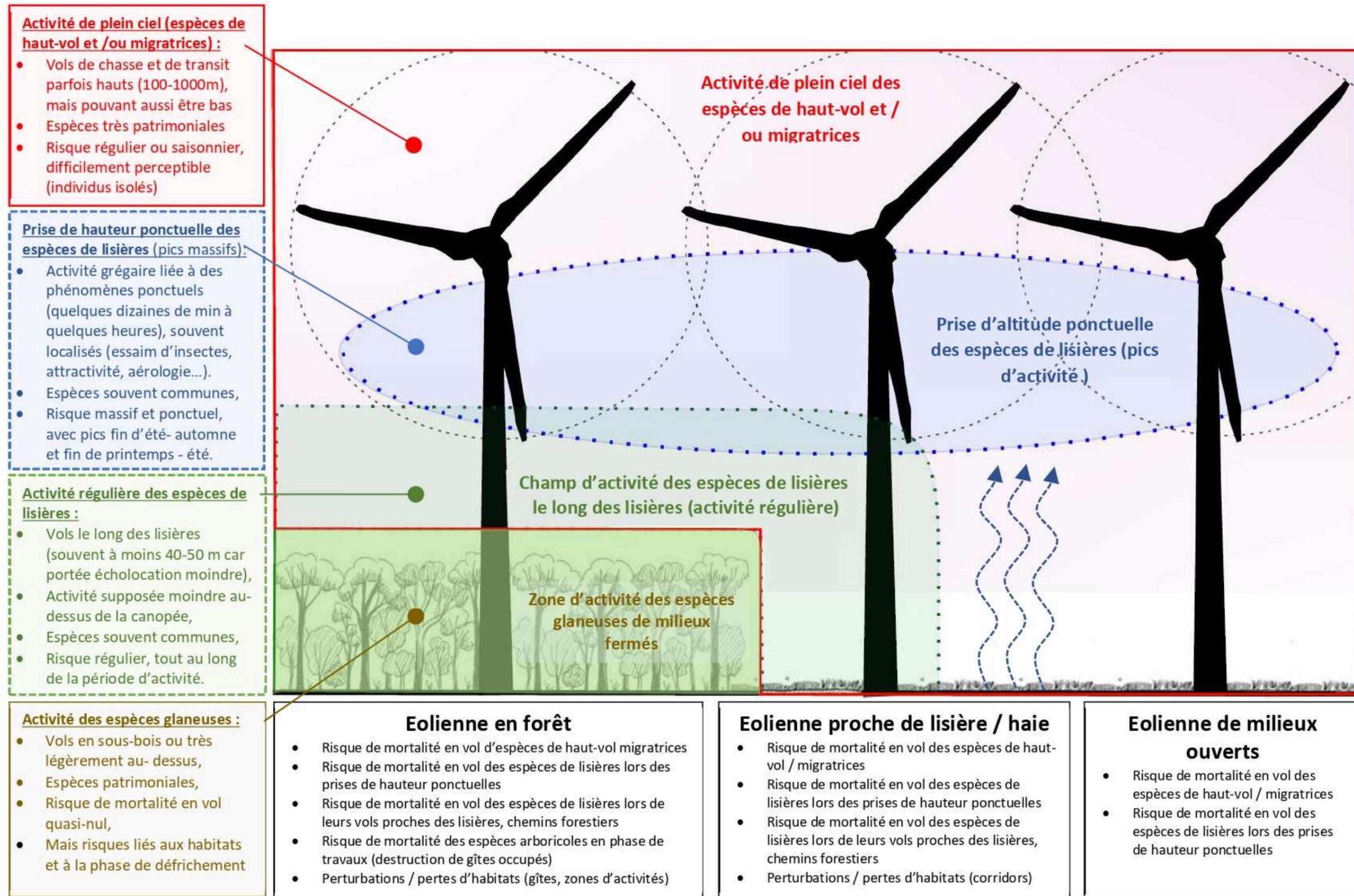
ouverts et évoluent régulièrement en plein ciel tout au long de leur phase d'activité (en chasse, lors de comportements sociaux ou en phases de transits migratoires).

- **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



2.2 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.

2.2.1 Suivi passif (Module Batcorder autonome 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.

Enfin, la qualité, l'usure et le calibrage des micros interviennent aussi sur la quantité d'enregistrements réalisés par les modules Batcorder autonomes. 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.

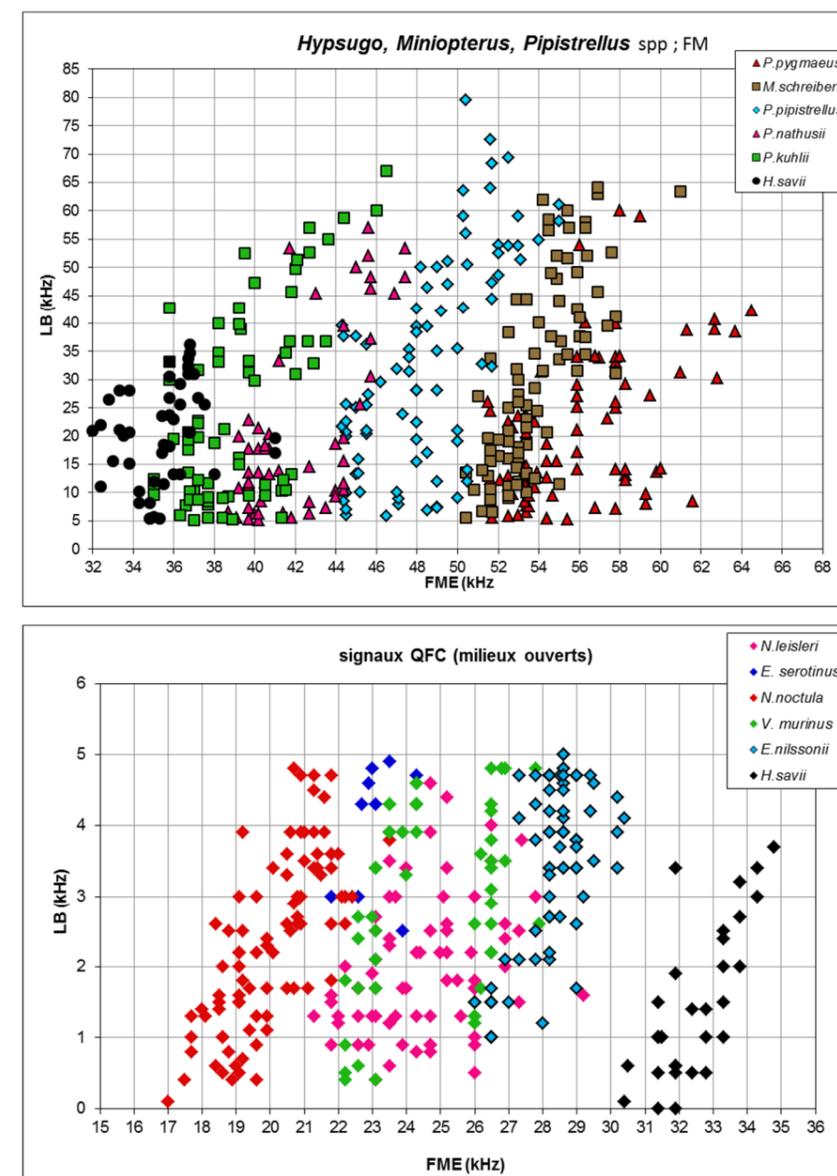
2.2.2 Difficultés d'identification acoustique de certaines espèces

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* 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 »)



2.2.3 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 alcaethoe</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 alcaethoe</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
	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67		<i>Myotis bechsteinii</i>	10	2,50
Moyenne	<i>Myotis blythii</i>	20	1,25	Moyenne	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67
	<i>Myotis myotis</i>	20	1,25		<i>Myotis blythii</i>	15	1,67
	<i>Plecotus spp.</i>	20	1,25		<i>Myotis myotis</i>	15	1,67
	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	25	1,00		<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	20	1,25
	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1,00		<i>Miniopterus schreibersii</i>	20	1,25
	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1,00		<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1,00
	<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1,00		<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1,00
Forte	<i>Miniopterus schreibersii</i>	30	0,83	<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1,00	
	<i>Hypsugo savii</i>	40	0,63	Forte	<i>Hypsugo savii</i>	30	0,83
	<i>Eptesicus serotinus</i>	40	0,63		<i>Eptesicus serotinus</i>	30	0,83
Très forte	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50		Très forte	<i>Eptesicus nilssonii</i>	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

2.2.4 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 détections 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 des Batcorders placés au sol ou les points de suivi au D240X manuel, ces obstacles peuvent notamment correspondre à la végétation et en particulier aux lisières forestières environnantes. 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 :

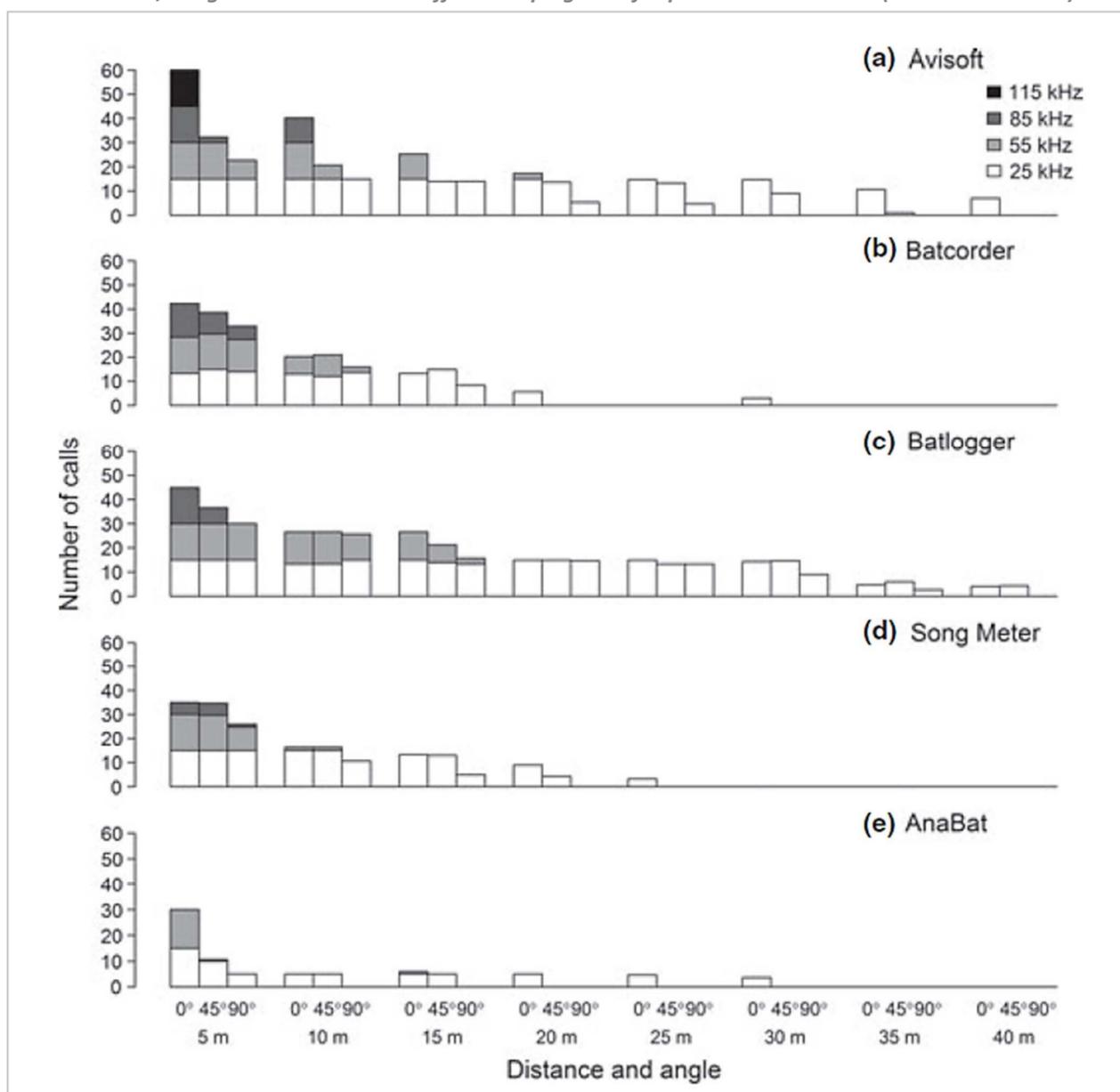
- les limites liées à la qualité et à la fréquence de recalibrage des micros,
- leur volume de détection (cône de détection) et à leur caractère directionnel ou multidirectionnel,
- les paramétrages retenus (filtres des basses ou hautes fréquences, durée d'enregistrement depuis le déclenchement),
- les 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.

Toutefois, nous évoquons enfin un problème propre au Batcorder lié à ses **limites de détection des signaux en très basses fréquences**. Un réglage système limite en effet la perception des signaux inférieurs à 16 kHz, ce qui réduit considérablement les capacités de détection de principalement 2 espèces qui émettent dans cette bande de fréquences : le Molosse de Cestoni (*Tadarida teniotis*) et la Grande noctule (*Nyctalus lasiopterus*). Aussi, pour des suivis en continu, nous descendons manuellement ce seuil de réglage usine à 14 kHz pour limiter la perte de données pour ces espèces, ce qui ne permet toutefois pas d'écartier totalement l'hypothèse d'une sous-évaluation de l'activité de ces grandes espèces. Pour le Molosse de Cestoni qui présente les sonorités les plus basses en fréquence, il faudra considérer ce biais comme potentiellement important. Par contre, pour la Grande noctule qui pratique régulièrement l'alternance de structure de sons, et qui exploite quand même une bande de fréquences majoritairement au-dessus de 15 kHz dans ses activités quotidiennes (13 à 21 kHz), on considère que le Batcorder échouera à la détection d'une petite portion des signaux émis par l'espèce et en particuliers ceux liés à des passages de transits très ponctuels d'un individu en milieu ouvert (vol haut), écartés de toute structure de lisière, et sans activité de chasse. Autrement dit, si le site représente une certaine fonctionnalité écologique pour l'espèce (autre qu'un passage ponctuel haut en transit), les enregistreurs réussiront à percevoir. La preuve en est que nous avons pu découvrir les premiers gîtes de mise-bas de l'espèce en France en 2012 grâce à une nouvelle méthode de suivi et de poursuites acoustiques (méthode EXEN) basée sur l'utilisation de nombreux Batcorders utilisés surtout en début et en fin de nuit (BEUCHER Y., ALBESPY F. MOUGNOT J., 2012).

2.3 Résultats des suivis de l'activité des chiroptères

2.3.1 Cortège d'espèces

Le suivi passif de l'activité ultrasonore des chiroptères est basé sur le fonctionnement d'un enregistreur automatique à ultrasons sur l'éolienne E1.

La position des enregistreurs permet de mieux percevoir l'activité des chiroptères qui concerne directement le rotor de l'éolienne. **La plage de suivi s'est étendue sur environ 6 mois en 2022 (21 mars au 19 juillet 2022 et du 17 août au 15 novembre 2022).**

Le tableau suivant synthétise et distingue les cortèges d'espèces détectés à partir de l'enregistreur automatique en continu placé au niveau de la nacelle d'éolienne E1, en 2022. Il précise les statuts de protection et de conservation de ces différentes espèces. Au total, 7 espèces ont pu être discriminées avec certitude.

Figure 14 : Tableau recensant l'ensemble des espèces contactées au cours des suivis en continu (en blanc sont représentées les espèces dont la détermination reste incertaine)

Espèce	Nom scientifique	Abréviation	Protéc. Fr.	Protéc. U.E.	Conv. Berne	Liste rouge UICN (Mondiale)	Liste rouge UICN (Europe)	Liste rouge nationale (Nov 2017)	Centre-Val de Loire (2013)
Grande Noctule	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Nlas	P	H4	2	Vulnérable	Données insuffisantes	Vulnérable	
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Nnoc	P	H4	2	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Vulnérable	Quasi menacé
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Nlei	P	H4	2	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Quasi menacé
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Ppip	P	H4	2	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Préoc. Mineure
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pkuh	P	H4	2	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Pnat	P	H4	2	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Quasi menacé
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Ppyg	P	H4	2	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Données insuffisantes
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Vmur	P	H4	2	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Données insuffisantes	
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Eser	P	H4	2	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Préoc. Mineure
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Enil	P	H4	2	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Données insuffisantes	

En 2021, le cortège d'espèces enregistré, lors du suivi acoustique mené par Ecosphère, comprenait 8 espèces, dont la Sérotine commune qui n'a pas été contactée avec certitude en 2022, ainsi que l'Oreillard roux et l'Oreillard gris. Ces deux dernières espèces ne sont pas considérées comme potentielles du fait de l'absence de signaux acoustiques qui pourraient laisser présager leur présence et de l'écologie de chasse de ces espèces. La présence de ces deux espèces reste assez peu habituelle à hauteur de rotor.

Pour une meilleure lisibilité, un regroupement des espèces selon leur comportement de vol est réalisé. 6 groupes peuvent être dissociés, il s'agit :

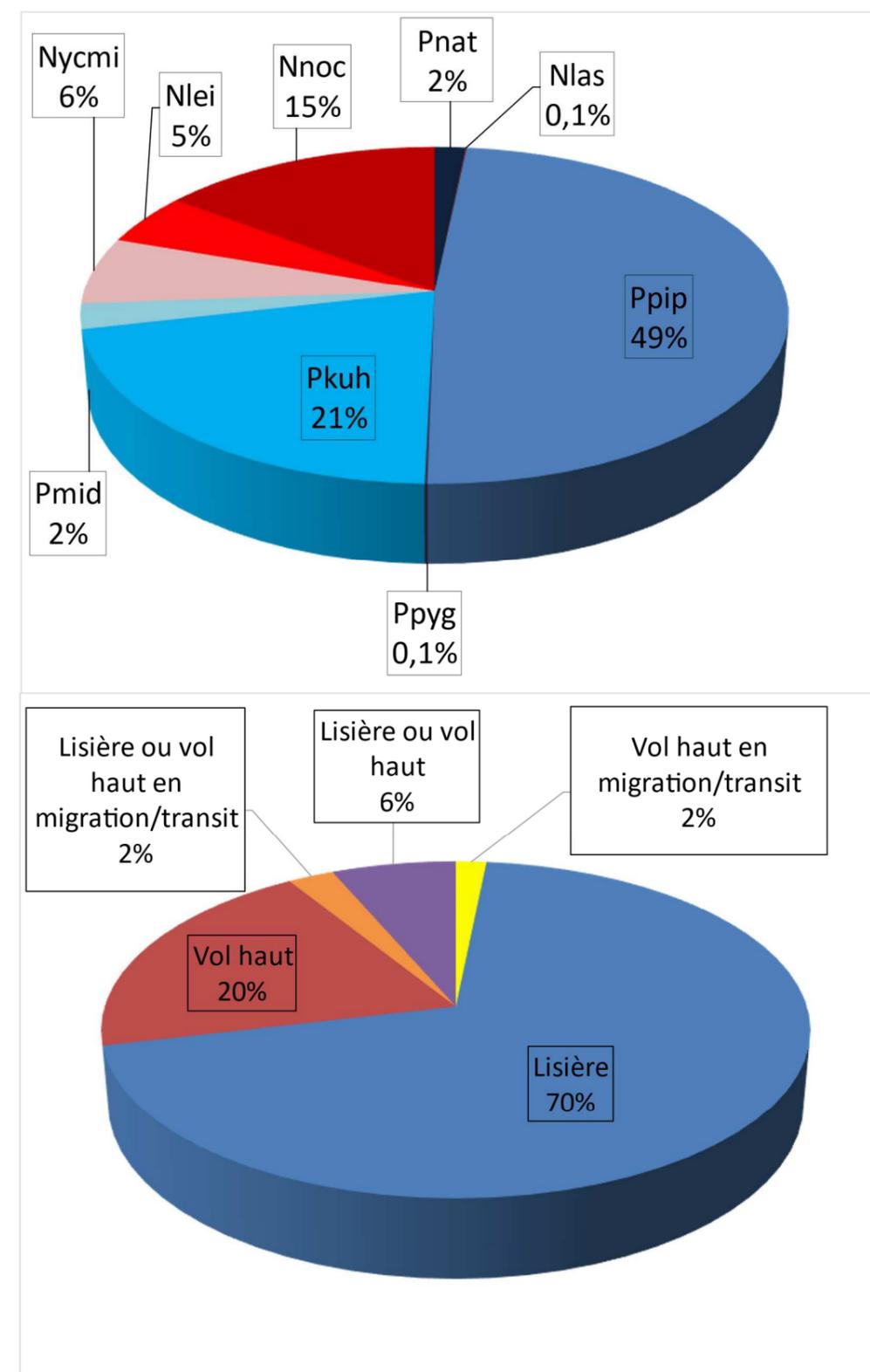
- **Du groupe des espèces de lisières** qui comprend la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle pygmée, la Sérotine commune (potentiellement présente sur le site) et la Sérotine de Nilsson. Ce groupe d'espèces correspond aux espèces évoluant à des hauteurs de vols modérées (moins de 50 m) la plupart du temps en suivant les éléments structurants du paysage (lisières de boisement, haies, chemin...). Cependant il est possible de retrouver ponctuellement ce groupe d'espèces plus en hauteur, notamment lors de poursuite en altitude d'essaimage d'insectes présents en hauteur (ascendance thermique ou dynamique). Il arrive donc que ces espèces se retrouvent à des hauteurs de vol plus importantes,
- **Du groupe des espèces de vol haut en période de migration/transit**, qui comprend la Pipistrelle de Nathusius. En effet, la Pipistrelle de Nathusius semble avoir un comportement similaire aux autres pipistrelles lors de ses vols réguliers de chasse (espèce de lisières) mais lors de ses transits ou en période migratoire, elle utilise volontiers le plein ciel.
- **Du groupe des espèces de vol haut**, qui comprend la Noctule de Leisler, la Noctule commune, la Grande noctule et la Sérotine bicolore. Ce groupe d'espèce comprend donc des espèces qui utilisent les secteurs plus ouverts et donc régulièrement des hauteurs de vol plus importantes même lors de vol de chasse,
- **Du groupe des espèces de vol haut ou de lisières**, qui comprend le groupe des Nyctaloïd qui peut correspondre soit à la Sérotine commune (espèce de lisières), soit à des noctules ou à la Sérotine bicolore (espèces de vol haut), soit la Sérotine de Nilsson (espèce de lisières), le groupe des Nycmi qui peut correspondre à la Sérotine commune, à la Sérotine de Nilsson (espèces de lisières), à la Noctule de Leisler ou à la Sérotine bicolore (espèces 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).
- **Du groupe des espèces de vol bas**, qui comprend notamment le groupe des murins. Ce groupe est très rarement contacté du fait d'habitude de chasse et de transit qui sont généralement proches du sol. Ce groupe n'est pas représenté ici.

Les graphiques de la figure suivante témoignent de la proportion de chacun des 6 grands groupes d'espèces dans l'activité totale relevée, au niveau du Batcorder, sur l'éolienne E1. Le groupe des espèces de lisières est plus contacté que le groupe des espèces de vol haut et de lisières ou de vol haut ; les contacts identifiés en lisière ou vol haut correspondent très probablement pour la majeure partie des contacts à ceux d'espèces de haut vol.

Rappelons toutefois qu'il s'agit, ici, d'une approche des proportions d'activité spécifique par rapport à l'activité totale.

Abréviation	Espèce
Myotis	Murin sp.
Nlei	Noctule de Leisler
Nnoc	Noctule commune
Nlas	Grande noctule
Nycmi	Noctule de Leisler / Sérotine commune / Sérotine bicolore/Noctule commune/Sérotine de Nilsson
Pkuh	Pipistrelle de Kuhl
Pmid	Pipistrelle Nathusius / Pipistrelle de Kuhl
Ppyg	Pipistrelle pygmée
Ppip	Pipistrelle commune
Pnat	Pipistrelle de Nathusius

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



2.3.2 Evolution saisonnière

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 pour le suivi en continu en hauteur (en nacelle d'éolienne E1). Les notions de niveaux d'activité sont aussi représentées au niveau du tableau, 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 nacelle d'éolienne E1. Il s'agit de la **Pipistrelle commune**, de la **Pipistrelle de Kuhl**, de la **Noctule de Leisler** et la **Noctule commune**.

En ce qui concerne les espèces de lisière, les pipistrelles (**Pipistrelle de Kuhl** et **Pipistrelle commune**) sont surtout présentes au printemps (mars-mai) et en début d'été, en particulier la Pipistrelle de Kuhl. En période estivale, elles semblent moins fréquenter le site éolien. La fréquentation semble augmenter à nouveau en période automnale. De fait, ces espèces pourraient être présentes sur le parc qu'au moment des périodes de transit/migration.

La **Pipistrelle pygmée** paraît avoir une utilisation très ponctuelle du site. Cette espèce n'a été contactée que pendant la période transit/migration (fin août).

En ce qui concerne les espèces de vol haut, la **Noctule de Leisler** et la **Noctule commune** semblent fréquenter le parc tout au long de la période d'activité des chauves-souris. Leur présence semble plus élevée en fin de période estivale qui correspond à une période de migration pour ces espèces. La période de dysfonctionnement (du 20 juillet au 16 août) est une période charnière entre la phase de parturition et transit migratoire, où certaines espèces telles que la Noctule commune entament la migration. Il est possible qu'à cette période, l'activité des noctules soit aussi élevée que pendant la seconde semaine d'août.

La **Grande noctule** a été constatée très ponctuellement pendant la deuxième quinzaine du mois de mai. Elle n'avait pas été contactée lors du suivi acoustique en hauteur mené, en 2021, par Ecosphère. De plus, Ids-Saint-Roch se trouve être en limite nord de la répartition géographique de cette espèce. De fait, sa présence semble très exceptionnelle.

Concernant les espèces de vol haut en migration/transit ou de lisière, la **Pipistrelles de Nathusius** a pu être mise en évidence à quelques reprises en période printanière (début mai), estivale (début juillet) et automnale (octobre). Sa présence semble assez ponctuelle.

Figure 16 : Tableau de continuité de présence de chaque espèce (ou groupe d'espèces) sur site au cours du suivi en continu en 2022, basé sur les données enregistrées en nacelle d'éolienne E1 (en seconde d'activité par quinzaine)
 (Mars-2 : deuxième 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					Aout-1	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-2	Sept-1	Sept-2	Oct-1	Oct-2	Nov-1
Ppip		0,1		3,6	1,0	1,9	0,2	1,8			0,9	0,6		94,0	1,8	0,3
Pkuh			5,1	11,3	6,7	3,9		4,8			0,4	2,2		5,5	5,3	
Ppyg											0,2					
Nycmi		0,2		1,2	0,1	0,4	0,2	0,6	1,1		5,8	3,6		1,3	0,4	0,1
Pmid						0,2		2,3			0,1			0,2	2,3	
Nlas					0,2											
Nlei		0,2	0,3	1,7	0,1	0,9	0,3	0,2			4,0	0,2	0,4	2,4	0,2	
Nnoc			0,1	1,1	0,3	0,4	0,1	2,4	0,8		24,1	2,9	0,2	0,4	0,0	
Pnat				0,1				0,6						2,2	0,6	
Total général		0,5	5,5	19,0	8,3	7,7	0,9	12,6	1,9		35,5	9,4	0,6	106,0	10,6	0,5

Groupe d'espèce de lisière	Groupe d'espèce de vol haut	Groupe d'espèce de lisières ou de vol haut	Groupe d'espèce de vol haut en migration/transit	Groupe d'espèces de lisière ou vol haut en migration/transit
Période de dysfonctionnement				

Légende (en sec d'activité totale sur 15 jours) :					
0 à 2,5	2,5 à 5	5 à 20	20 à 50	50 à 90	> 90

2.3.3 Chronologie de l'activité au niveau de la nacelle E1

Le graphique de la Figure 21 page 28 synthétise la chronologie de l'activité relevée par les modules Batcorder autonomes à hauteur de la nacelle de l'éolienne E1, au cours du suivi. 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) ;
- et par corrélation avec différents paramètres d'influences possibles (conditions climatiques, ressources alimentaires, cycle biologique des espèces...).

Le profil de ce graphique 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).

L'activité mesurée, en hauteur, au niveau de l'éolienne E1, peut être qualifiée de modérée globalement.

Figure 17 : Echelle de représentation du niveau d'activité par nuit en nacelle d'éolienne (basée sur l'expérience EXEN)

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

L'activité relevée, en 2021, lors du suivi en hauteur mené par Ecosphère, sur cette même éolienne n'est pas comparable avec le suivi de cette année du fait d'un matériel différent et d'une méthode de calcul d'activité en nombre de contact. Cependant, il a été noté que « le nombre de nuits « positives »

supérieures au quantile 75 % est indicateur d'une activité particulièrement forte et remarquable. » (Ecosphère, suivi 2021). Les quantiles supérieurs à 75 correspondent au niveau fort et très fort définis par Ecosphère. Cela signifie qu'ils ont relevé un niveau d'activité fort à très fort sur une majorité des nuits d'enregistrement.

Parmi les 210 nuits suivies, en 2022, il a été observé :

- 114 nuits d'activité nulle
- 25 nuits d'activité très faible
- 15 nuits d'activité faible
- 12 nuits d'activité faible à modérée
- 31 nuits d'activité modérée
- 8 nuits d'activité modérée à forte
- 4 nuits d'activité forte
- 1 nuit d'activité très forte

- **Période printanière (du début du suivi à mi-mai)**

L'activité chiroptérologique relevée en hauteur à cette période est très hétérogène. Elle varie de nulle (durant 40 nuits) à modérée à forte (le 24 mai 2022). L'activité se fait plus régulière sur la période du 28 avril au 15 mai. Le premier contact est relevé le 12 avril (contacts de Noctule de Leisler). Sur cette période, 5 espèces ont été contactées. Il s'agit de la **Pipistrelle commune** dont l'activité relevée oscille entre un niveau très faible et un niveau modéré ; de la **Pipistrelle de Kuhl** avec une activité plus régulière et variant de faible à modéré à forte ; de la **Pipistrelle de Nathusius** qui présente une activité également très faible et ponctuelle ; de la **Noctule de Leisler** avec un niveau d'activité faible mais régulier ; et de la **Noctule commune** avec une activité ponctuelle d'un niveau, au maximum faible à modéré.

Figure 18 : Tableau de synthèse des informations relatives aux nuits de plus forte activité relevée en période printanière en 2022

Date	Niveau d'activité (seconde d'activité cumulée)	Espèces contactées	Vitesse du vent (en m/s)	Direction du vent	Température	Horaire
04/05/2022	Modéré à fort (65,49s)	Pipistrelle de Kuhl et Noctule de Leisler en majorité et Noctule commune	Moyenne de 3,62 (de 3,26 à 4,72)	N; NO	Moyenne de 12,91°C (de 12,36 à 13,02°C)	Entre 22h00 et 01h30
07/05/2022	Modéré à fort (82,71s)	Pipistrelle commune et Pipistrelle de Kuhl en majorité et Noctule de Leisler	Moyenne de 2,07 (de 1,21 à 3,77)	N; E; NE; S; NO	Moyenne de 16,74°C (de 15,28 à 17,16°C)	Entre 22h30 et 3h00 Principalement entre 22h30 et 1h15

L'activité relevée lors de cette période pourrait indiquer un passage migratoire de certaines espèces telles que la Noctule de Leisler contactée dès le 12 avril, la Noctule commune contactée à partir du 29 avril et qui présente une activité quasi-moderée (9,8 s d'activité) le 05 mai et la Pipistrelle de Nathusius qui a, seulement, été contactée le 09 mai.

Les autres espèces contactées ne sont pas connues pour être migratrices sur de longues distances (mouvement de population sur plusieurs pays) mais il n'est pas exclu qu'elles réalisent des transits entre leur gîte d'hivernage et leur gîte d'estivage.

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

L'activité chiroptérologique relevée en hauteur à cette période est toujours très hétérogène, mais plus régulière. Elle varie de nulle (durant 33 nuits) à modérée à forte (4 nuits, le 27 mai, 10 juin, et le 12 et 13 août 2022). Il faut rappeler que la période du 19 juillet au 17 août a été l'objet d'un dysfonctionnement technique. Quelques données ont été récoltées lors de la nuit du 19 juillet avant que le matériel ne dysfonctionne.

Sur cette période estivale incomplète, la **Pipistrelle de Kuhl** est l'espèce la recensée (237 s d'activité totale). La **Pipistrelle commune** (73 s d'activité) et la **Noctule commune** (52 s d'activité) sont également présentes régulièrement. La **Noctule de Leisler** a également été contactée, sur cette période, avec une activité globale faible. Il faut également noter la présence de la Pipistrelle de Nathusius, lors de la nuit du 13 juillet, avec un niveau d'activité faible à modéré. Pour finir, une activité ponctuelle (2.5 s, activité faible) de Grande noctule a été relevée, le 25 mai.

A partir de début juin, l'activité relevée est plus régulière et élevée. En juillet, elle devient quasi-quotidienne avec un niveau d'activité régulièrement faible à modéré avec notamment la présence récurrente de la Noctule commune.

Le tableau Figure 19 page 26 permet de détailler l'ensemble des informations disponibles (espèces enregistrées, conditions climatiques et horaire) concernant les nuits où les niveaux d'activité relevés sont les plus hauts.

Figure 19 : Tableau de synthèse des informations relatives aux nuits de plus forte activité relevée en période estivale, en 2022

Date	Niveau d'activité (seconde d'activité cumulée)	Espèce contactées	Vitesse du vent (en m/s)	Direction du vent	Température	Horaire
27/05/2022	Modéré à fort (93,43s)	Pipistrelle de Kuhl principalement Pipistrelle commune Grande Noctule	Moyenne de 3,17 (de 2,58 à 4,53)	N	Moyenne de 15,68°C (de 14,98 à 16,55°C)	Entre 23h00 et 01h30 Ponctuellement à 3h30
10/06/2022	Modéré à fort (74,57s)	Pipistrelle commune et Pipistrelle de Kuhl en majorité Noctule de Leisler Noctule commune	Moyenne de 2,61 (de 0,39 à 4,17)	SE; N; NE; O; S; NO	Moyenne de 21,24°C (de 19,53 à 23,33°C)	Entre 22h45 et 00h30 et 02h30 et 04 :50
12/07/2022	Modéré à fort (80,81s)	Pipistrelle de Kuhl en majorité Pipistrelle commune	Moyenne de 5,25 (de 2,4 à 5,95)	E; NE	Moyenne de 25,25°C (de 23,35 à 25,72°C)	Entre 00h50 et 01h00 Ponctuellement entre 04h40 et 04h50
13/07/2022	Modéré à fort (50,43s)	Pipistrelle de Kuhl en majorité Pipistrelle de Nathusius Pipistrelle commune Noctule de Leisler Noctule commune	Moyenne de 1,74 (de 0,85 à 3,54)	SE; E; NE	Moyenne de 28,55°C (de 27,77 à 29,02°C)	Entre 22h38 et 00h38 Ponctuellement entre 2h27 et 2h37

- **Période automnale (de mi-août à la fin du suivi)**

L'activité chiroptérologique relevée en hauteur à cette période est encore très hétérogène mais régulière suivant les mois. Elle varie de nulle (durant 43 nuits, essentiellement en fin septembre et au mois de novembre) à très forte (1 nuit, le 11 octobre 2022). L'activité est quotidienne sur la fin du mois d'août jusqu'au 1^{er} septembre. L'espèce récurrente est la Noctule commune avec une activité globale d'un niveau modéré. Puis, jusqu'à mi-septembre l'activité diminue et devient plus éparse. Début du mois d'octobre, l'activité redevient régulière, bien que très faible les premiers jours. Des nuits de plus forte activité sont notées sur cette période, le 08 et 10 octobre, puis un pic d'activité la nuit du 11 octobre. Le reste du mois démontre une activité plus basse, hormis la fin du mois d'octobre où une dernière nuit de plus forte activité est relevée le 29 octobre. La dernière activité chiroptérologique a eu lieu la nuit du 13 novembre 2022, avec une activité d'un niveau faible à modéré de Pipistrelle commune.

Sur la période automnale, la **Pipistrelle de Kuhl**, la **Pipistrelle commune**, la **Noctule commune**, la **Pipistrelle de Nathusius** et la **Noctule de Leisler** sont toujours recensées. A cela, s'ajoute la **Pipistrelle pygmée** contactée, lors de la nuit de 24 août, avec une activité d'un niveau faible. La **Noctule commune** (413 s relevées en particulier du 17 août au 01 septembre) est la deuxième espèce qui démontre le plus

d'activité sur cette période après la Pipistrelle commune (1466 s dont une grande partie a été relevée pendant le pic d'activité du 11 octobre).

Le tableau suivant permet de détailler l'ensemble des informations disponibles concernant la nuit de pic d'activité relevé sur cette période (espèces enregistrées, conditions climatiques et horaire) ainsi que lors des nuits de plus forte activité.

Figure 20 : Tableau de synthèse des informations relatives aux nuits de plus forte activité relevée en période automnale en 2022

Date	Niveau d'activité (seconde d'activité cumulée)	Espèce contactées	Vitesse du vent (en m/s)	Direction du vent	Température	Horaire
11/10/2022	Très fort (1288,94s)	Pipistrelle commune en majorité ; Pipistrelle de Nathusius ; Pipistrelle de Kuhl ; Noctule de Leisler Noctule commune	Moyenne de 3,46 (de 2,5 à 4,72)	N; NE	Moyenne de 13,8°C (de 12,47 à 15,75°C)	Ponctuellement entre 19h40 et 23h17 En majorité de 00h10 et 04h57
10/10/2022	Fort (127,78s)	Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl et Noctule de Leisler en majorité Noctule commune	Moyenne de 2,62 (de 1,43 à 3,87)	SE; N; E; NE	Moyenne de 17,26°C (de 14,21 à 18,49°C)	De 19h40 à 23h00 puis de 02h00 à 03h00 et de 04h00 à 07h00
07/10/2022	Fort (118,01s)	Pipistrelle commune et Noctule de Leisler en majorité Pipistrelle de Kuhl Noctule commune	Moyenne de 3,73 (de 1,59 à 4,61)	N; NO	Moyenne de 16,8°C (de 14,23 à 18,41°C)	De 19h40 à 23h30 et ponctuellement à 1h40 et 3 h45
29/10/2022	Fort (127,01s)	Pipistrelle de Kuhl en majorité Pipistrelle commune Noctule de Leisler	Moyenne de 1,04 (de 0,64 à 2,52)	O	Moyenne de 24,64°C (de 24,19 à 24,76°C)	De 19h50 à 20h40
23/08/2022	Fort (112,62s)	Noctule commune en majorité Pipistrelle commune Noctule de Leisler	Moyenne de 3,8 (de 2,55 à 5,65)	N; E; NE; NO	Moyenne de 22,72°C (de 21,3 à 24,99°C)	De 21h45 à 22h00 et de 23h40 à 05h40
17/08/2022	Modéré à fort (84,64s)	Noctule commune	Moyenne de 4,67 (de 3,94 à 5,47)	O; SO	Moyenne de 19,1°C (de 17,05 à 20,59°C)	De 23h50 à 2h45 et ponctuellement à 05h40

Hormis lors des nuits d'août où c'est la Noctule commune, la Pipistrelle commune est l'espèce la plus active lors de ces nuits particulières. D'autres espèces telles que la Pipistrelle de Nathusius, la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Kuhl commune sont également contactées lors de ces nuits de plus fortes activités ou pic.

En 2021 (cf. suivi Ecosphère - 2021), la Noctule commune et la Noctule de Leisler ont été les espèces les plus contactées. La Noctule commune a présenté un nombre important de contact, en particulier au mois d'août (6000 contacts). Ce phénomène semble donc récurrent d'une année à l'autre puisqu'il a également été observé en 2022. En revanche, l'activité relevée en octobre 2021 est drastiquement différente de celle relevée en 2022. L'activité était plus concentrée sur le mois de septembre, en 2021.

Figure 21 : 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

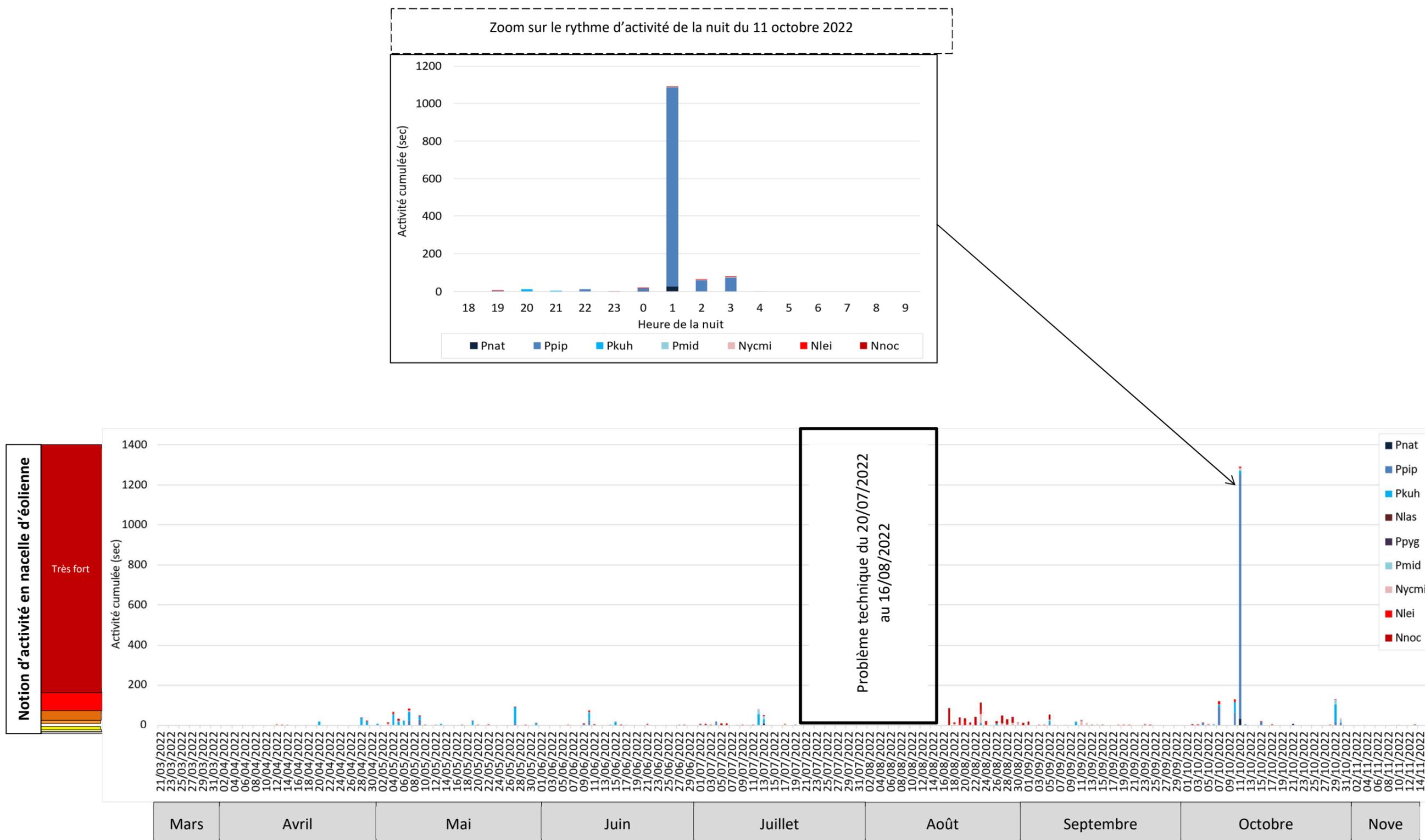
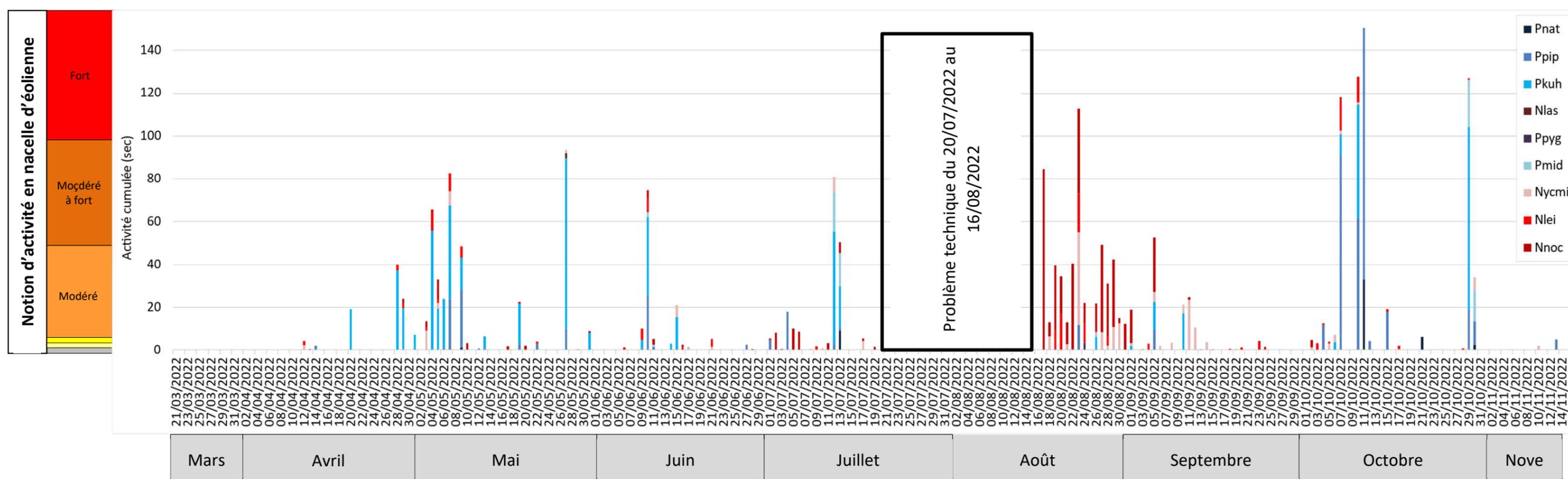


Figure 22 : Graphique de la chronologie de l'activité (en secondes d'activité cumulée par nuit) par espèce ou groupe d'espèces relevés en nacelle d'éolienne E1 avec une adaptation de l'échelle pour une meilleure visualisation



2.3.4 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 proies, 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, nous relevons régulièrement 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 12m/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.

Le graphique ci-contre témoigne des corrélations entre l'activité cumulée des chauves-souris en ordonnée et les notions de vitesse de vent en abscisse (en m/s). C'est ce type de graphique qui permet généralement d'apprécier pour quelle vitesse de vent, la plupart de l'activité est relevée. Généralement, ce type de graphique montre logiquement que l'activité des espèces de lisières diminue plus vite que celle des espèces de haut vol lorsque la vitesse de vent augmente.

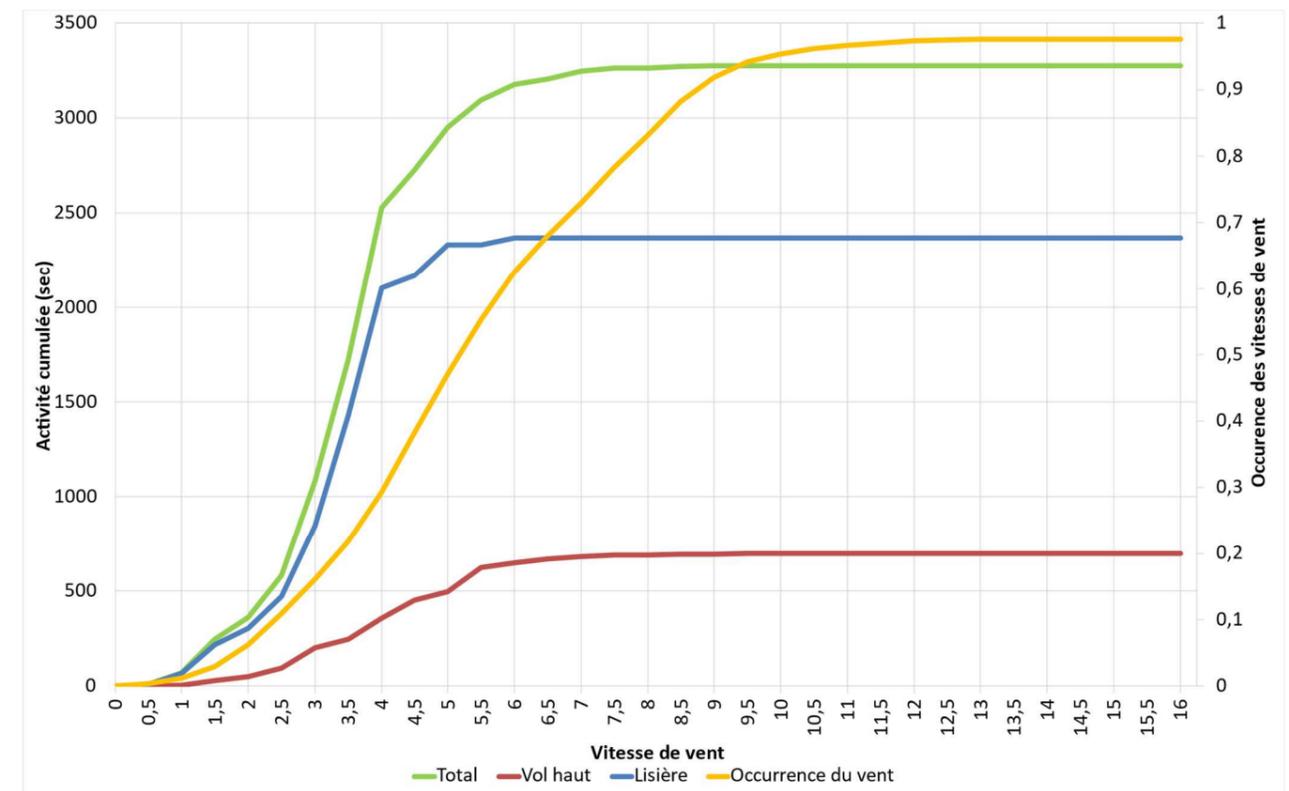
Dans le cas du parc éolien de Ids-St-Roch, le graphique montre que la totalité de l'activité des espèces de lisières (2368 s) a eu lieu pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 6 m/s. La majorité de l'activité (90% soit 2168 s environ) a été enregistrée pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 4,5 m/s.

Pour les espèces de haut vol, la quasi-totalité de l'activité (696 s) a eu lieu pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 9,5 m/s (5 s d'activité n'ont pu être affiliées à des données météorologiques). La majorité de l'activité (96% soit 668 s) a été enregistrée pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 6,5 m/s.

Concernant les pics d'activité, les vitesses de vent relevées, au moment de l'enregistrement de l'activité, varient entre 2,5 m/s et 4,7 m/s.

En 2021 (cf. Ecosphère-2021), 96% de l'activité des chauves-souris en nacelle d'éolienne E1, a lieu par des vitesses de vent inférieures à 6,5 m/s. La totalité de l'activité des chauves-souris a été relevée par des vitesses de vent inférieures à 9 m/s.

Figure 23 : 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 2022 en nacelle d'éolienne)



2.3.5 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. Au niveau de l'éolienne E1, l'activité totale est plus importante pour certaines directions du vent. Ce constat se manifeste au niveau de la figure ci-contre. Les graphiques en haut à gauche et en haut à droite représentent l'activité totale enregistrée et l'occurrence du vent relevée sur l'éolienne E1, selon la direction du vent. Les graphiques du bas représentent l'activité hors-pic et l'activité de pics selon la direction du vent. A noter que 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.

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

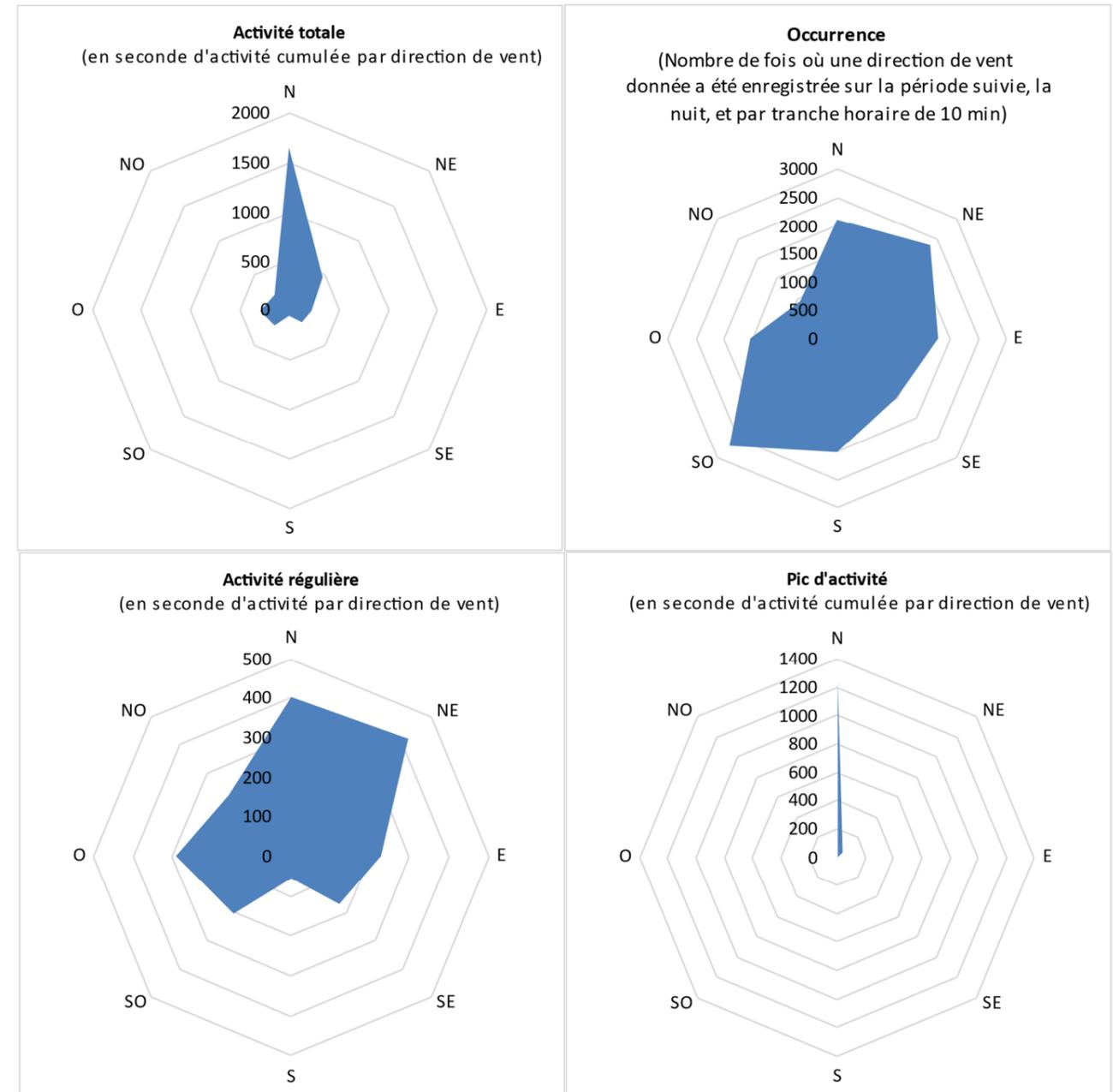
- Dans le cas d'une activité aucunement liée à la direction du vent, la forme des deux graphiques du haut sera similaire ;
- Dans le cas d'une activité plus importante liée à certaines directions de vent, les deux graphiques du haut auraient alors des différences qu'il conviendra d'essayer d'expliquer. Selon l'orientation du vent, des essaimages d'insectes pourraient éventuellement être amenés au niveau du module Batcorder autonome et entraîner une augmentation de l'activité des chiroptères (graphiques du bas).

D'après le graphique de la Figure 24 , l'activité est généralement la plus importante par vent d'ouest, de nord-est, et de nord, tandis que les vents dominants s'expriment plutôt par vent de nord-est, nord et de sud-ouest et de sud. L'activité totale relevée en hauteur n'est donc pas liée aux vents dominants relevés sur site. L'activité marquée par des directions de vent de nord est à mettre directement en lien avec les directions de vent relevées lors du pic d'activité automnal.

L'activité régulière est également peu importante par vent de sud-ouest et de sud malgré une occurrence de ces directions de vent élevée. Cela pourrait indiquer une influence négative de ces directions de vent sur l'activité des chauves-souris. Cependant, la nuit de plus forte activité de Noctule commune relevée le 17 août a été enregistrée par des vents venant du sud-ouest notamment.

En 2021, le suivi post-implantation réalisé par Ecosphère ne présente pas d'étude l'influence de la direction du vent sur l'activité des chiroptères.

Figure 24 : Graphique présentant l'activité chiroptérologique (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 des pics (en bas à droite) relevés en nacelle d'éolienne E1



2.3.6 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. On note que **les périodes de chaleur s'accompagnent généralement d'une activité des chauves-souris plus importante que le reste de l'année**. Dans ce contexte ces conditions de température élevée 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. Si on 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), on comprend que 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, la nuit et au niveau des éoliennes. De ce fait, il s'agit de comparer la courbe d'occurrence à celle d'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.

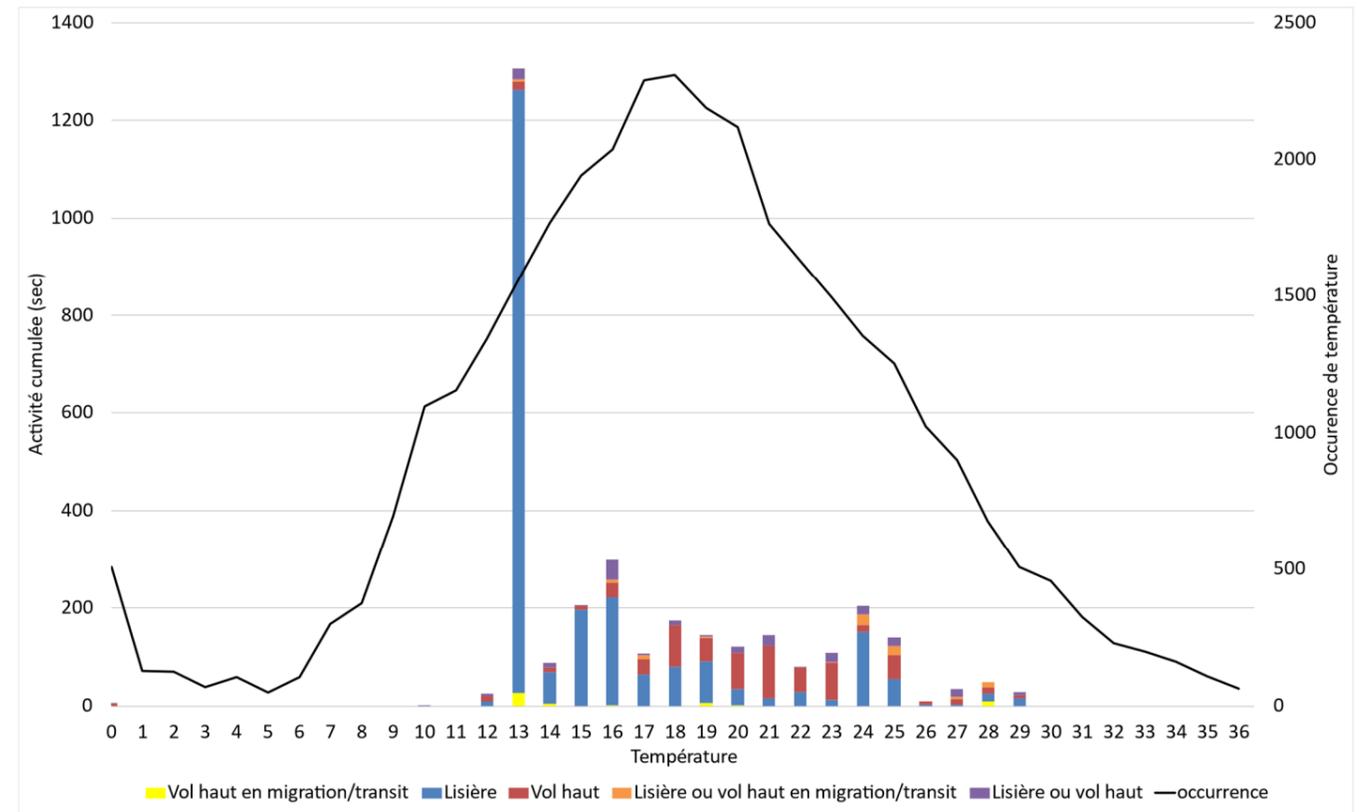
Le graphique suivant montre que l'activité des chauves-souris en hauteur est très faible en dessous de 12°C. En pourcentage d'activité, plus de 98% de l'activité des chauves-souris s'effectue pour des températures supérieures à 13°C et plus de 60% pour des températures supérieures à 14°C.

Au niveau du site, les températures de 15 à 20°C sont celles qui sont le plus souvent relevées. Ce sont des températures qui sont favorable à l'activité chiroptères. Les chauves-souris ont été actives de 12°C à 29°C. L'activité mesurée par des températures de 12°C à 17°C correspond globalement à la forte activité automnale relevée (pic d'activité du 11 octobre et plusieurs nuits d'activité élevée en octobre). L'activité relevée par une température de 0°C est certainement une panne du matériel de mesures, car aucune donnée de vent n'est disponible sur ces mêmes dates.

Il faut rappeler qu'une panne technique (du 19 juillet au 17 août 2022) a eu lieu sur une période qui aurait pu présenter une forte activité de chiroptère et notamment de Noctule commune, à l'image de la fin du mois d'août. Ainsi, l'activité par des températures élevées pourrait être plus importante.

En 2020 (cf. Ecosphère, 2021), 96% de l'activité des chauves-souris a été relevée pour des températures supérieures à 16°C. La température minimale relevée était de 7°C.

Figure 25 : 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



2.3.7 Rythme d'activité nocturne

D'après les graphiques suivants, sur l'ensemble de la période de suivi, 98% de l'activité des chiroptères a été enregistrée entre 30-45 min après le coucher du soleil et 1h-2h avant le lever du soleil. 55% a été enregistrée sur des heures de pleines nuits. Un peu plus d'1% de l'activité totale correspond à une activité de début de nuit (enregistrée avant le coucher du soleil ou entre l'heure du coucher du soleil et 30 minutes après).

Cette activité de début de nuit (avant le coucher du soleil ou entre l'heure du coucher du soleil et 15 minutes après) est d'un niveau très faible à faible, et concentrée sur 1 nuit d'enregistrement. Elle est due à une seule espèce, la Noctule commune, enregistrée le 02 octobre (2s d'activité à 19h38). Cette activité laisse supposer la présence de gîtes dans le secteur, certainement des gîtes de transit, cette période étant une phase de migration.

En 2021 (cf. Ecosphère, 2021), 86% de l'activité a été relevée entre 30 minutes avant le coucher du soleil et 7h après le coucher du soleil.

Figure 26 : Rythme d'activité nocturne (en seconde d'activité cumulée) par groupe d'espèces mesuré au niveau de l'éolienne E1 (en 2022)

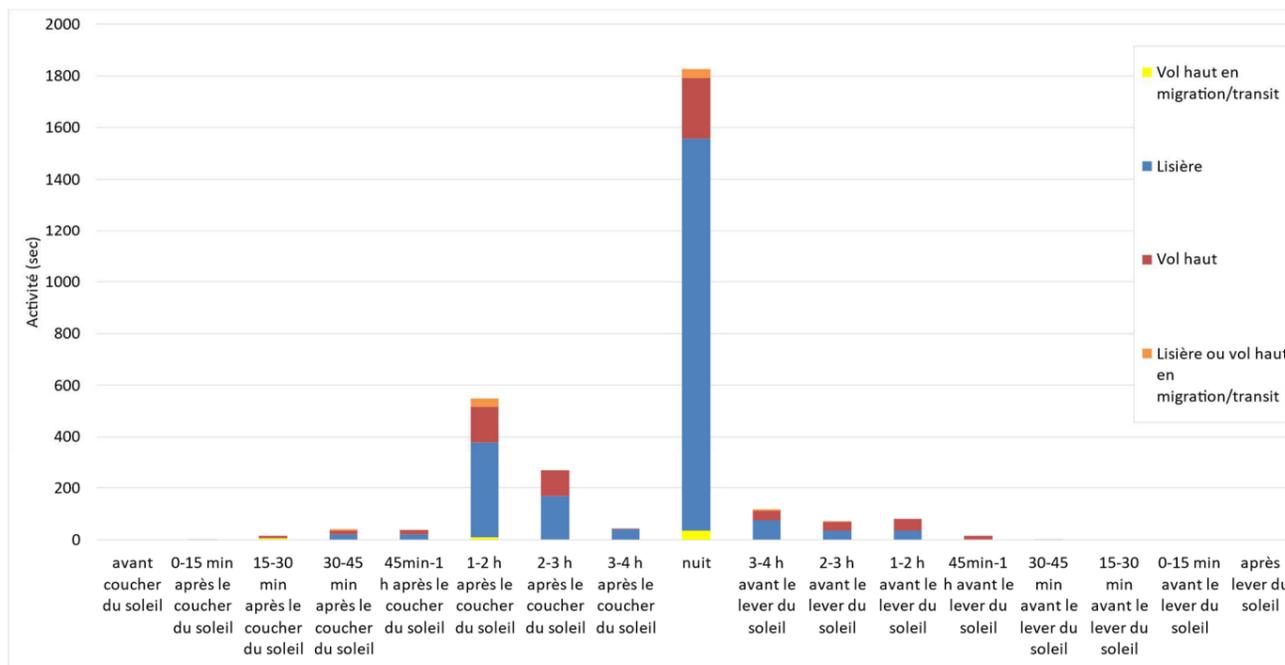
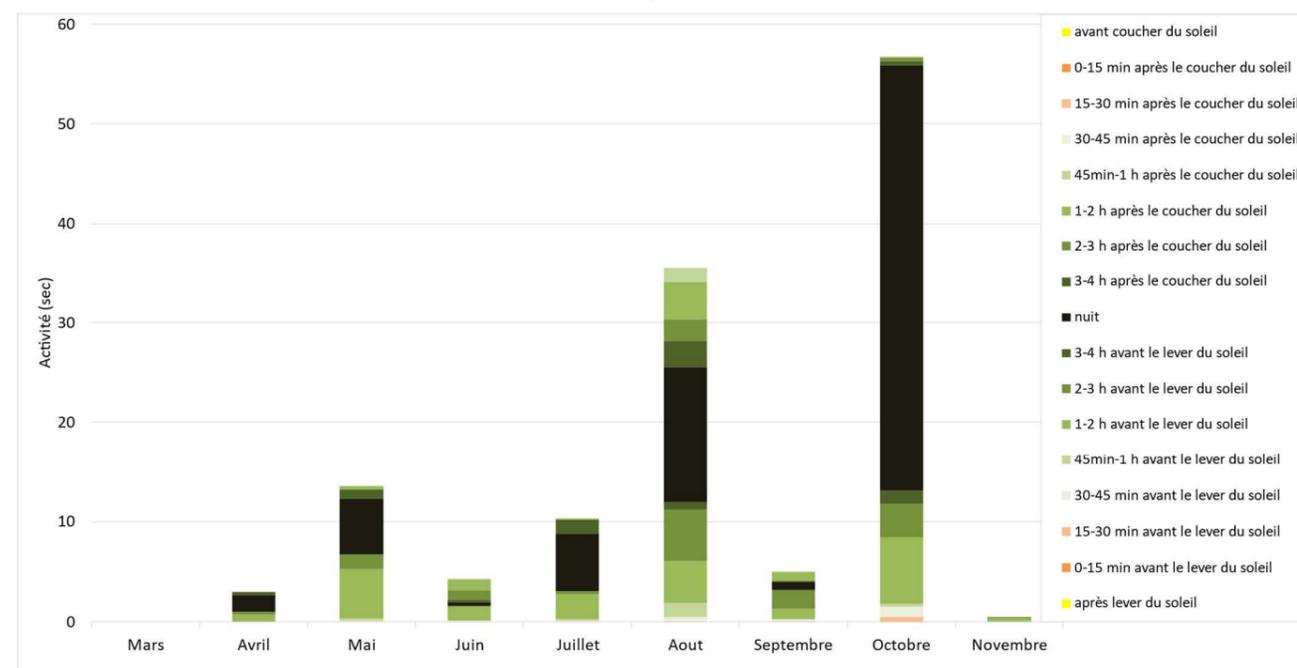


Figure 27 : Rythme d'activité nocturne des chauves-souris en fonction de l'écart au coucher du soleil ou lever du soleil et en fonction des mois



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

3.1 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, sans quoi l'interprétation des données des autres thèmes reste limitée.

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 climatiques ...);
- le taux de mortalité estimé pour l'ensemble du parc éolien de Ids-Saint-Roch, par unité de temps;
- les espèces les plus exposées en fonction des milieux, et en fonction des conditions météorologiques...

De façon plus générale, idéalement, les résultats du suivi de la mortalité doivent être analysés en parallèle des résultats d'activité des chauves-souris. Le tableau de synthèse général des données brutes de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux retrouvés lors du suivi 2022 est présenté en Annexe 2 page 96.

3.2 Méthodologie

3.2.1 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.

3.2.2 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.

De façon générale, [...] le suivi doit idéalement être basé sur un nombre représentatif de visites, et sur un intervalle de temps réduit entre chaque visite afin de limiter les biais liés à la disparition progressive des cadavres. L'intervalle de temps entre chaque visite doit idéalement être proportionnée à la vitesse de disparition des cadavres, qui doit idéalement être évaluée préalablement sur chaque site car elle lui est spécifique et varie selon les saisons et le type de cadavres. [...] (MEEDDM, 2010). Autrement dit, plus le délai entre chaque visite est important et moins l'estimation du taux de mortalité est fiable et précise.

Le calendrier de la page suivante rappelle sur un calendrier annuel, les principales périodes sur lesquelles il nous semble judicieux de cibler tout particulièrement les suivis tant pour les chauves-souris que pour les oiseaux. **Deux principales périodes nous paraissent importantes à cibler au regard des phénologies et des retours de mortalités des études déjà réalisées jusque-là :**

- **Une période de juin à juillet** pour laquelle s'expriment à la fois les problématiques
 - de fin de la période de reproduction des rapaces nicheurs, avec transport de nourriture pour alimenter les jeunes...
 - une période de reproduction qui concerne aussi d'autres espèces nicheuses tardives et patrimoniales comme les fauvelles méditerranéennes,
 - de la période de mise-bas des chiroptères, pour la plus grande majorité des espèces, période généralement concernée aussi par une première phase d'essaimage d'insectes.

3.2.4 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.**

La recherche sous chaque éolienne doit être réalisée seulement au niveau des zones prospectables. C'est-à-dire au niveau de la végétation herbeuse (moins de 60 cm de hauteur) et le gravier. Les boisements, les zones arbustives (genêts, jeunes arbres...) ainsi que les secteurs en culture ne doivent pas être prospectés.

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 zone de culture (blé, maïs, colza...), secteur avec bétail (selon le comportement des animaux), éolienne en maintenance.

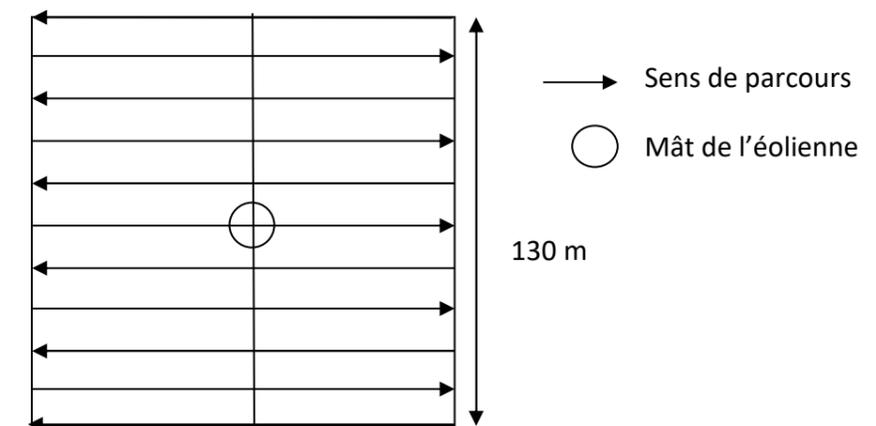
La durée de prospection sous une éolienne pour 100 % de prospection du carré (1,7 hectare) est d'environ 30 min. Pour une zone de prospection correspondant à 50 % du carré, la durée de prospection sera proportionnelle, soit d'environ 15 min. Il convient donc d'adapter son allure à cette durée de prospection 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 29 : Schéma représentatif du transect de prospection théorique

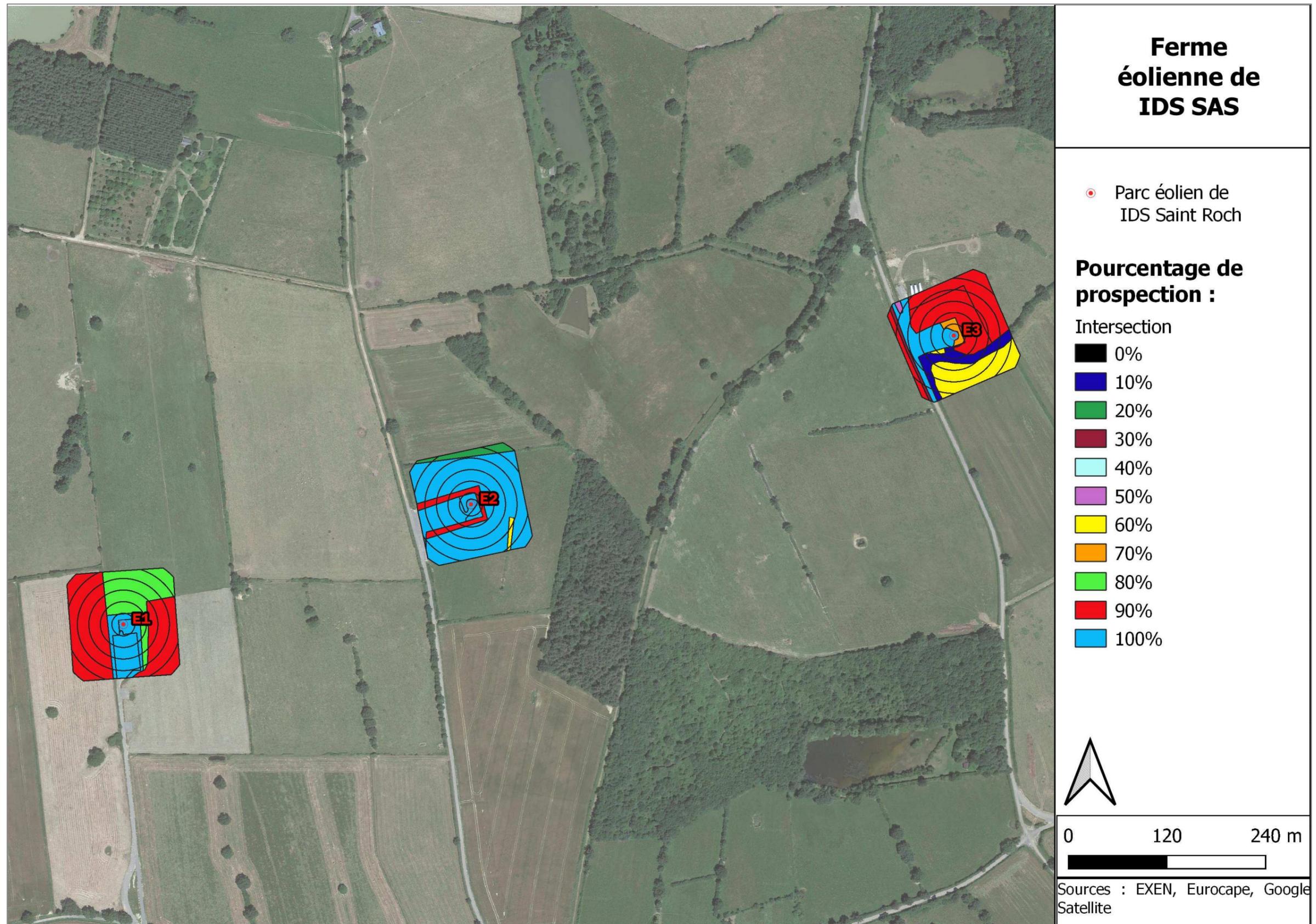


Tout au long de la période de suivi, nous avons noté la proportion (sous chaque éolienne suivie) des différents niveaux de difficulté de prospection. Ainsi, l'évolution de la hauteur de végétation sera prise en compte dans l'estimation des taux de mortalité.

Certaines zones ne sont pas prospectées (zones non prospectables) puisqu'on ne peut 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).

Les surfaces prospectées au cours des suivis par rapport aux surfaces totales à prospecter sont aussi pris en compte dans le calcul du coefficient surfacique. La figure de la page suivante propose de visualiser les surfaces prospectées et celles non prospectées, avec un pourcentage de prospection sur toute la période de suivi.

Figure 30 : Carte de l'orientation des carrés et de la surface prospectée lors du suivi mortalité sous les éoliennes de Ids-Saint-Roch en 2022



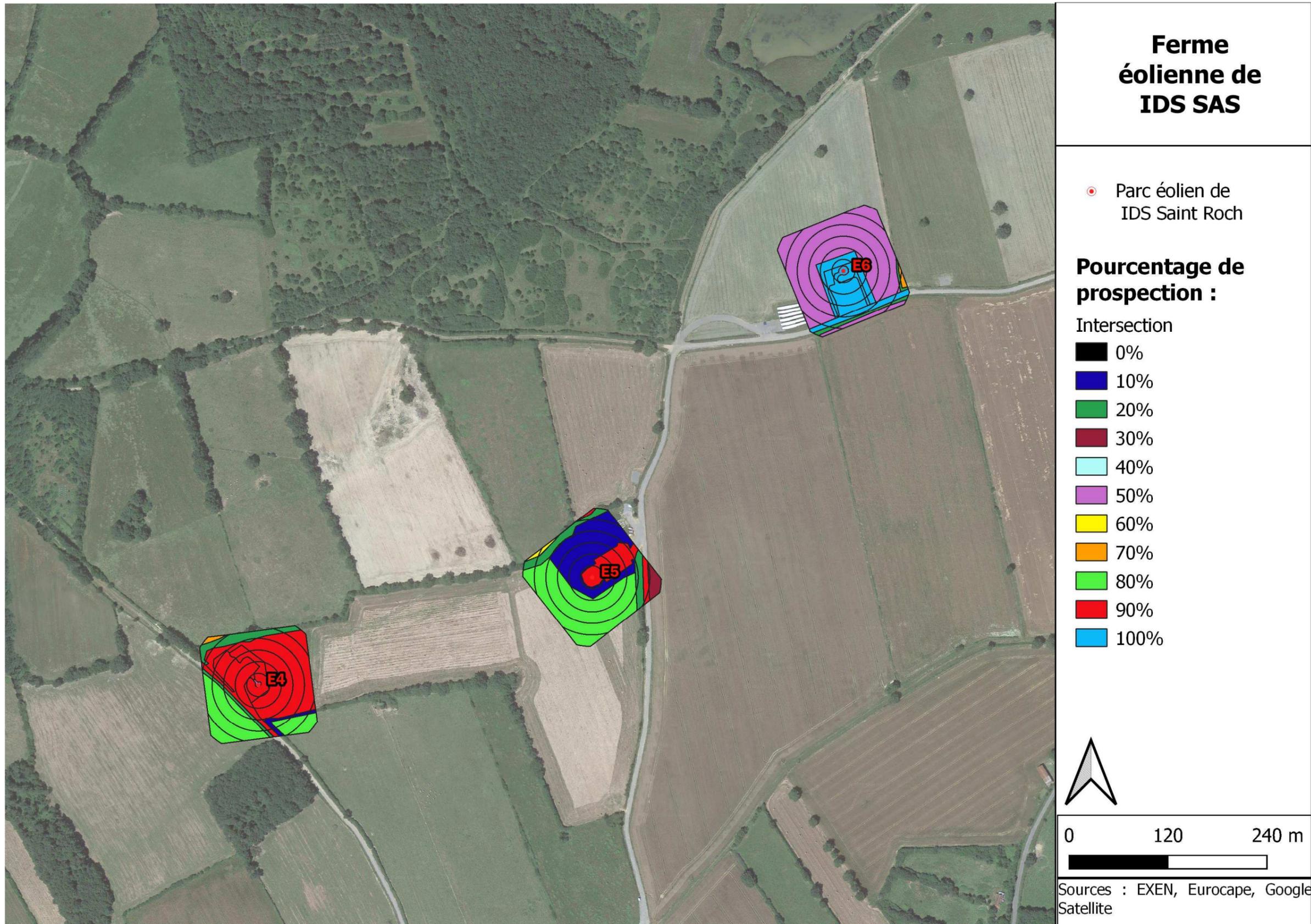


Figure 31 : Clichés des principaux critères utilisés pour la détermination des chauves-souris

3.2.5 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 climatiques, 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 1 de la page 94.



3.2.6 Détermination des coefficients correcteurs

3.2.6.1 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 (9 mai et 6 septembre 2022).

3.2.6.2 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. 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 110). 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.

Cas particulier d'une surface à prospecter inférieure à 50% de 1 hectare : Il s'agit alors d'effectuer ce test de détection sur 2 éoliennes différentes.

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



Figure 33 : 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).

3.2.6.3 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.

2 tests sont effectués au cours de la période de suivi. Environ 10 cadavres-tests 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 3 cadavres tests sont disposés sous la même éolienne.

Ne disposant actuellement que de poussins d'élevage de taille comparable, nous considérons qu'un poussin est le cadavre test de petite taille (chauves-souris ou passereaux). Pour les cadavres de grande taille, 2 cadavres de poussins ont été disposés l'un contre l'autre.

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 : une visite le lendemain de la dispersion des cadavres (Retour test 1), puis 3 jours après la dispersion (Retour test 2), puis au bout de 7 jours après la dispersion (Retour test 3). Les retours-tests suivant sont espacés de 7 jours entre eux à chaque fois. Ces retours-tests sont réalisés jusqu'à l'ensemble des cadavres-test ont disparu. Les retours-tests 1 à 3 sont rapprochés car souvent les poussins disparaissent dans la semaine. Il est donc important de revenir sur site régulièrement pour avoir une idée précise de la vitesse de disparition des cadavres-tests.

3.2.7 Estimation des taux de mortalité

3.2.7.1 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...), puisque cette formule surestime le taux de mortalité. Les résultats seront donc présentés pour chacune des 5 formules disponibles à ce jour à notre connaissance.

4 à 5 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 : Winkelmann, Erickson, 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.

Précisons également que la typologie de la couverture végétale au niveau de chaque carré de prospection sera prise en compte pour permettre de distinguer l'influence de ce paramètre aussi bien sur la pression de prédation des nécrophages que sur l'efficacité de la recherche. Au cours de chaque passage, le chercheur précise alors au niveau du tableau l'évolution de cette végétation (taille de l'herbe qui pousse, opérations de débroussaillage...), de sorte qu'il sera possible de faire évoluer les valeurs de coefficients correcteurs de façon fine au cours de la campagne de suivi.

Aussi, nous avons utilisé 2 méthodes distinctes pour mener l'estimation du taux de mortalité :

- **La méthode des « moyennes »** est basée en grande partie sur une estimation moyenne des différents paramètres :
 - Plusieurs valeurs sont calculées sans prendre en compte la différence de prédation selon le type de végétation (p et Tm notamment)
 - Le taux de détection est quant à lui issu d'une pondération entre les taux de détection sur chacun des types de végétation et le pourcentage de prospection de ces types de végétation. Ces paramètres sont ici calculés une fois, pour toute la période de suivi, quel que soit l'évolution de l'habitat (pousse de la végétation selon les périodes de l'année).
- **La méthode « pondérée »** est quant à elle basée sur la prise en compte des différents types de végétation et de l'évolution éventuelle de ces types de végétation durant la période de suivi.

- Dans le cas d'une évolution de la hauteur de végétation durant le suivi, cette méthode permet d'ajuster les paramètres selon des « périodes » où le pourcentage de chaque type de végétation prospecté est homogène. Les paramètres seront donc estimés comme suit pour chacune des périodes identifiées :
 - Le taux de détection est toujours issu d'une pondération entre les taux de détection sur chacun des types de végétation et le pourcentage de prospection de ces types de végétation selon la période considérée.
 - Les paramètres p et T_m sont aussi issus d'une pondération entre le calcul de ces mêmes paramètres selon le type de végétation et le pourcentage de prospection de ces types de végétation selon la période considérée.

3.2.7.2 Intervalle de confiance

Nous utilisons aussi l'outil d'analyse de l'intervalle de confiance « EolApp » proposé par le CEFÉ-CNRS (A. Besnard) pour apprécier la robustesse statistique du protocole de suivi de la mortalité mis en œuvre pour estimer le taux de mortalité.

Par contre, nous tenons à souligner que cette approche des intervalles de confiance ne concerne qu'une approche quantitative des mortalités. Or, le constat de l'impact et donc, la nécessité et la façon de mettre en œuvre des mesures correctives repose aussi et surtout sur une perception qualitative de l'impact (quelles espèces sont concernées ? quels sont les statuts biologiques ou de patrimonialité ? quels rapports entre mortalités et état des populations ? ...). Autrement dit, au-delà de l'approche statistique du nombre de mortalités estimées, l'analyse fine des données brutes est tout aussi essentielle dans le processus de maîtrise des impacts éoliens.

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, Winkelmann 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.

L'application GenEst (Simonis et al, 2018) sera également utilisée dans le même but, afin de comparer les estimations de taux de mortalité et d'intervalle de confiance entre les différents outils disponibles actuellement.

L'analyse des résultats cherchera à mettre en évidence l'importance de différents facteurs pour expliquer les éventuelles mortalités constatées (facteurs climatiques, facteurs milieux, facteurs lumières, autres facteurs comportementale particulier, types d'espèces, phénologie des espèces...) et proposer des mesures correctives adaptées.

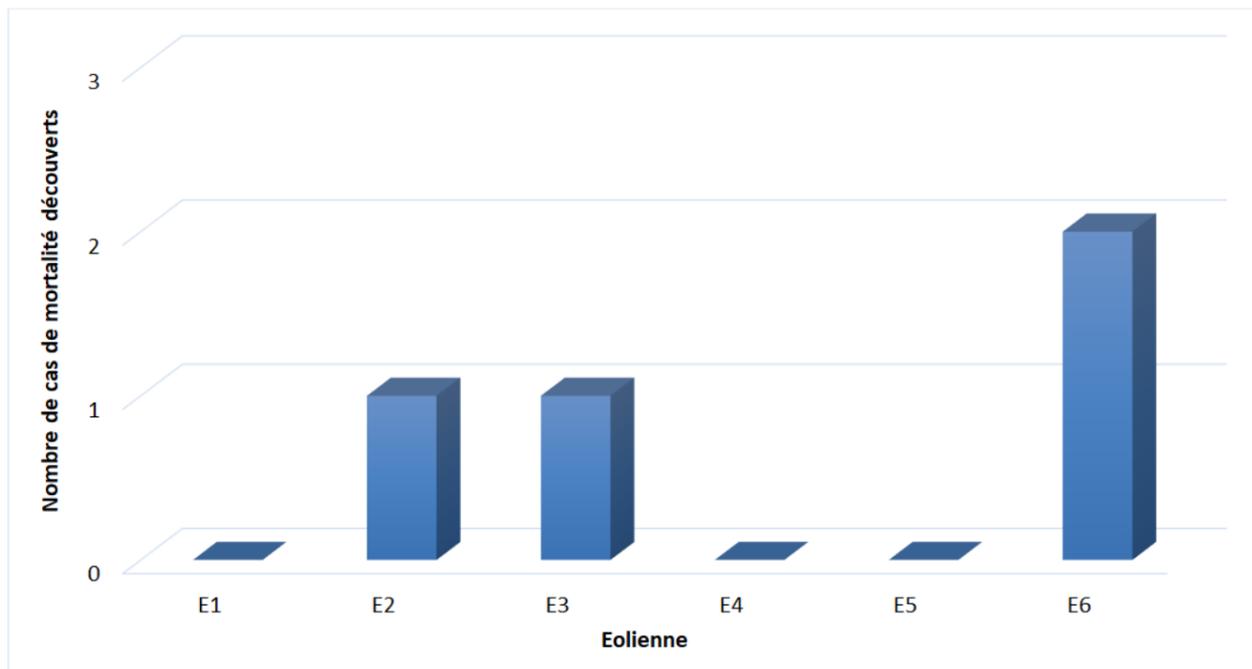
3.3 Bilan de la mortalité des chauves-souris

3.3.1 Bilan des mortalités par éolienne

4 chauves-souris furent retrouvées sous les éoliennes du parc de Ids-Saint-Roch, au cours de la campagne de suivi menée entre le 6 avril et le 26 octobre 2022. Pour 30 visites de recherches réalisées au cours de cette période de 7 mois, cela représente une moyenne de 0,6 chauve-souris découverte par mois pour l'ensemble du parc (soit 6 éoliennes).

Pour rappel, en 2021 (cf. Ecosphère – 2021), 22 chiroptères avaient été retrouvées sous les éoliennes de Ids-Saint-Roch. Il s'agissait de 10 cadavres de Pipistrelle commune, 2 de Pipistrelle de Kuhl, 1 de Pipistrelle de Nathusius, 8 de Noctule commune et 1 de Noctule de Leisler.

Figure 34 : Bilan des mortalités de chauves-souris constatées en 2022 et répartition par éolienne



La Figure 34 permet de constater que les éolienne E1, E4 et E5 n'ont été à l'origine d'aucune mortalité brute en 2022. L'éolienne E6 est la plus accidentogène avec 2 cadavres découverts. Les éoliennes E2 et E3 ont été responsables d'un 1 seul cas de mortalité observée chacune.

3.3.2 Chronologies constatées et corrigées des mortalités de chauves-souris

Le premier graphique de la Figure 36 page 45 représente la chronologie des découvertes de cadavres de chauves-souris sur l'ensemble du parc éolien en 2022.

Le délai qui s'écoule entre la mort des chiroptères 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 2022 sur une visite de terrain par semaine, le décalage entre la date de la découverte et la date de la mortalité effective pourra varier :

- entre 0 (cas d'une chauve-souris tombée la nuit précédant la visite) et 6-7 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 deux 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. Le deuxième graphique de la page 45 synthétise cette

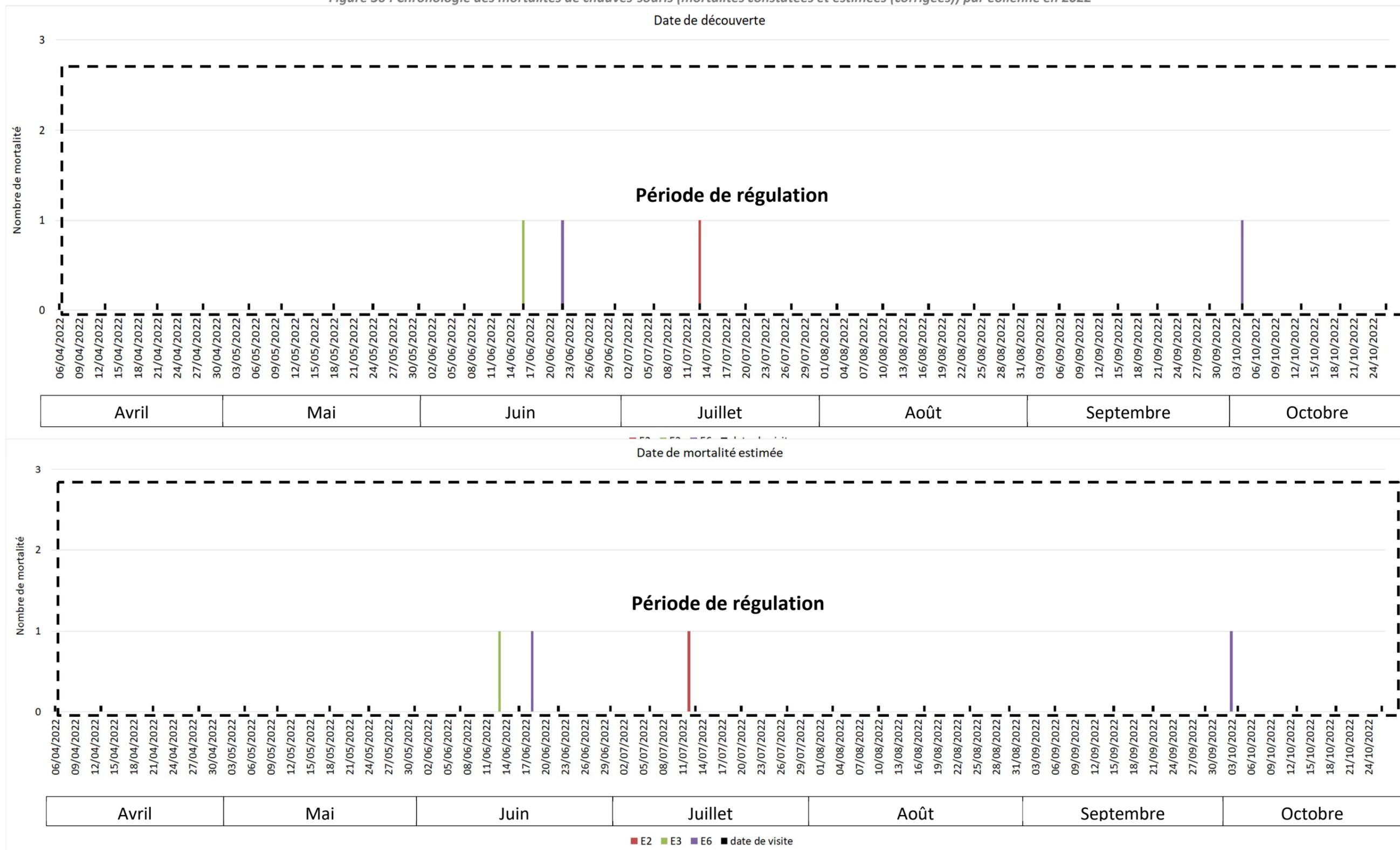
estimation corrigée de la date des mortalités. La différence est peu significative sur une si large échelle de temps, mais elles pourront avoir certains intérêts pour d'éventuelles confrontations à posteriori entre ces mortalités et les conditions climatiques par exemple.

Les profils généraux des histogrammes mensuels des mortalités constatées de la page suivante permettent une vision de synthèse des périodes sensibles pour les chiroptères.

Figure 35 : Cliché d'exemple d'enfouissement d'une Pipistrelle de Kuhl (Pipistrellus kuhlii) par un couple de Nécrophore chasseur (Nicrophorus investigator), sous un autre parc



Figure 36 : Chronologie des mortalités de chauves-souris (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne en 2022

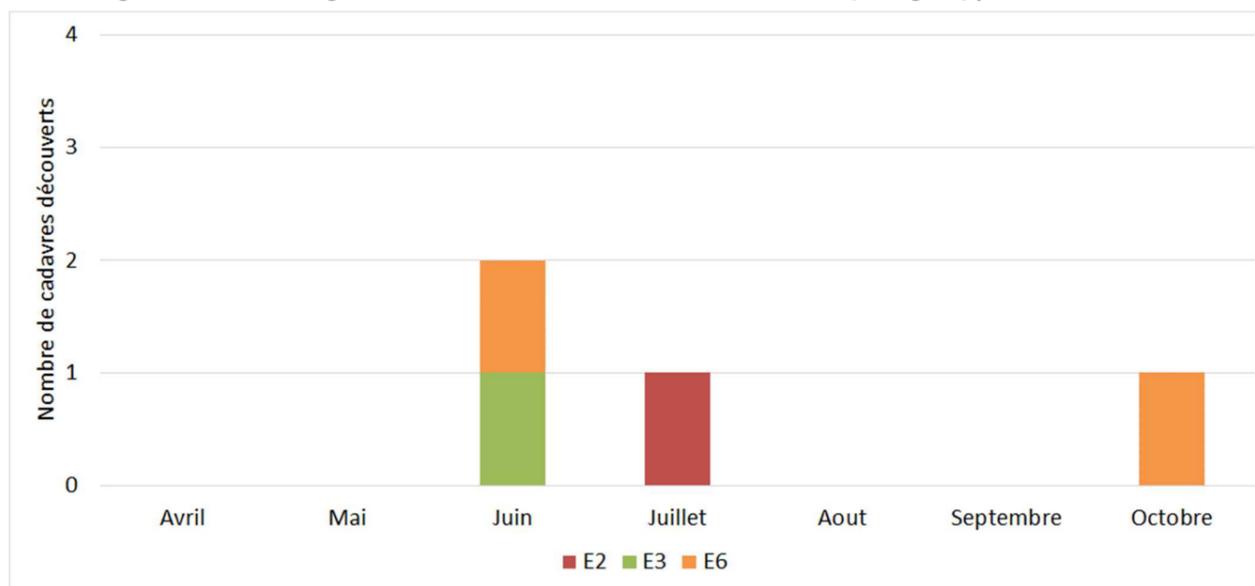


En ce qui concerne les rapports entre chronologie des mortalités et les éoliennes, nous relevons plusieurs concentrations des mortalités sous plusieurs éoliennes. Une surmortalité est relevée (3 cas sur 4) entre mi-juin et mi-juillet. La dernière mortalité a eu lieu au début du mois d'octobre.

L'analyse fine des données acoustique pourra nous renseigner sur l'activité relevée en hauteur liée ou non à ces mortalités. Ainsi il sera peut-être possible de dire si elles sont liées à une activité hors régulation (plage horaire nocturne, vitesse de vent, température).

Souvent, ces mortalités s'expliquent plutôt par des conditions bien particulières, qui peuvent aussi interagir entre elles ; on peut évoquer des conditions climatiques, jouant sur l'activité des chauves-souris comme celles des éoliennes, des situations phénologiques particulières qui pourraient augmenter ponctuellement le niveau d'activité des chauves-souris, ou encore certains comportements précis qui pourraient plus les exposer au risque de mortalité à un moment donné. Nous chercherons par la suite si cette concentration de mortalités s'exprime aussi pour des espèces ou des comportements comparables.

Figure 37 : Chronologie des mortalités de chauves-souris estimées (corrigées) par mois en 2022



3.3.3 Typologie des cadavres découverts

La détermination des espèces n'est pas toujours aisée selon l'état des cadavres au moment de leur découverte. Mais ce ne fut pas le cas en 2022, où toutes les espèces ont pu être déterminées. Dans notre cas précis, tous les cadavres ont fait l'objet de plusieurs analyses biométriques.

Le **cortège d'espèces impactées en 2022 est peu diversifié** puisque parmi les 4 cadavres découverts, nous notons 2 espèces différentes. La Noctule commune représente 2 cas. Les 2 autres cadavres correspondent à de la Noctule de Leisler.

Pour rappel, en 2021, lors du suivi de mortalité effectué par Ecosphère sur la période du 9 avril au 23 octobre (41 passages), le nombre de mortalités retrouvées était de 22 chauves-souris. Les espèces impactées ont été la Pipistrelle commune (10 cas de mortalité), la Pipistrelle de Kuhl (2 cas de mortalité), la Pipistrelle de Nathusius (1 cas de mortalité), la Noctule commune (8 cas de mortalité) et la Noctule de Leisler (1 cas de mortalité).

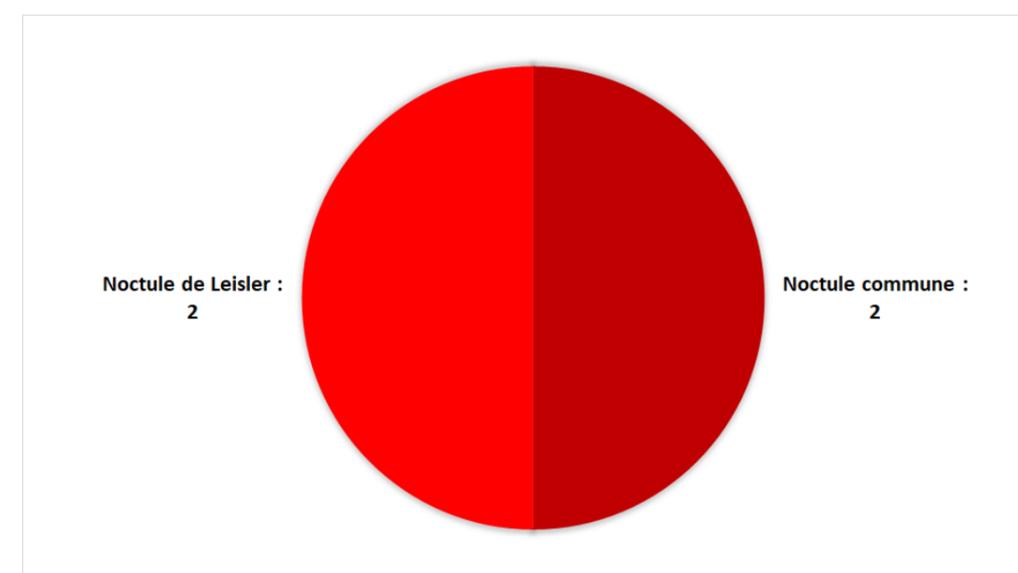
Le tableau ci-dessous présente les statuts de protection et de conservation des espèces retrouvées sous les éoliennes.

Figure 38 : Tableau représentant les statuts de protection et de conservation des espèces de chauves-souris retrouvées sous les éoliennes

Espèce	Nom scientifique	Abréviation	Statut de protection			Plan national d'action (2016-2025)			Statut de conservation			
			Protec. Fr.	Protec. U.E.	Conv Berne	Espèce prioritaire	Espèce à forte pression liée à l'éolien	Tendance évolutive	Liste rouge UICN (Mondiale)	Liste rouge UICN (Europe)	Liste rouge nationale (Nov 2017)	Centre-Val de Loire (2013)
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Nnoc	P	H4	2	oui	oui	?	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Vulnérable	Quasi menacé
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Nlei	P	H4	2	oui	oui	-	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Quasi menacé

Le graphique suivant synthétise la proportion des effectifs touchés par espèce.

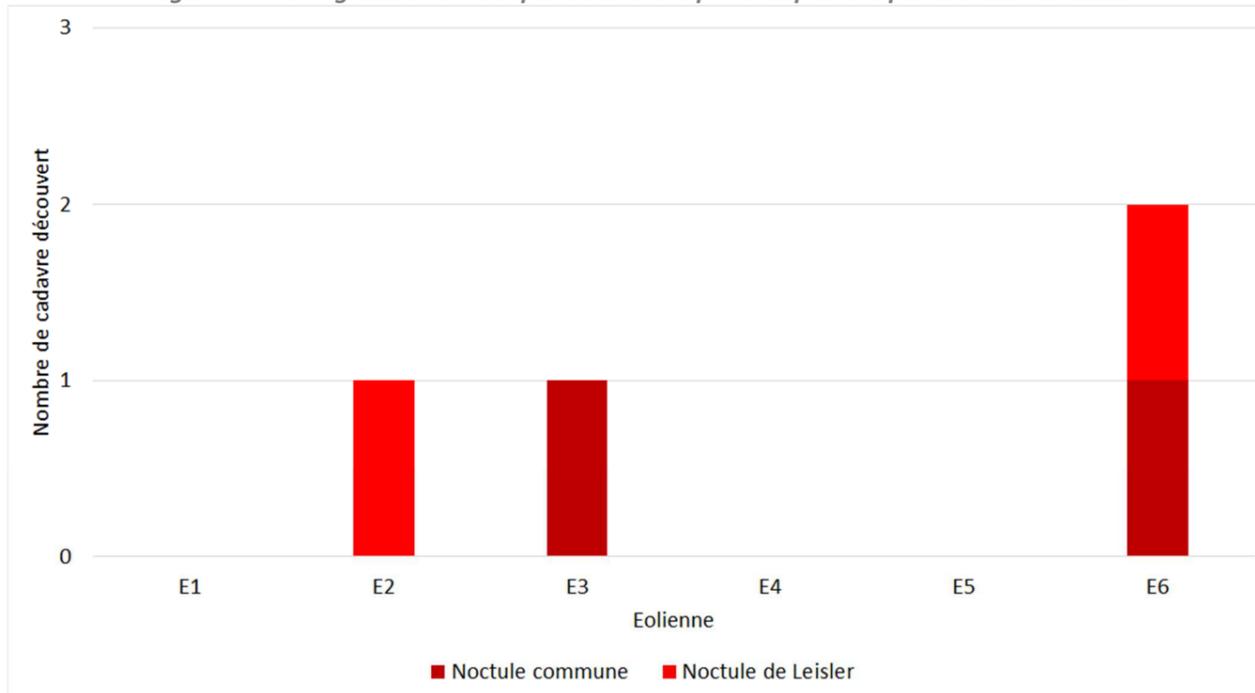
Figure 39 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèce (effectifs constatés) en 2022



3.3.4 Relation espèce / éolienne et type de vol / éolienne

Le graphique suivant précise la répartition des cadavres des différentes espèces par éolienne.

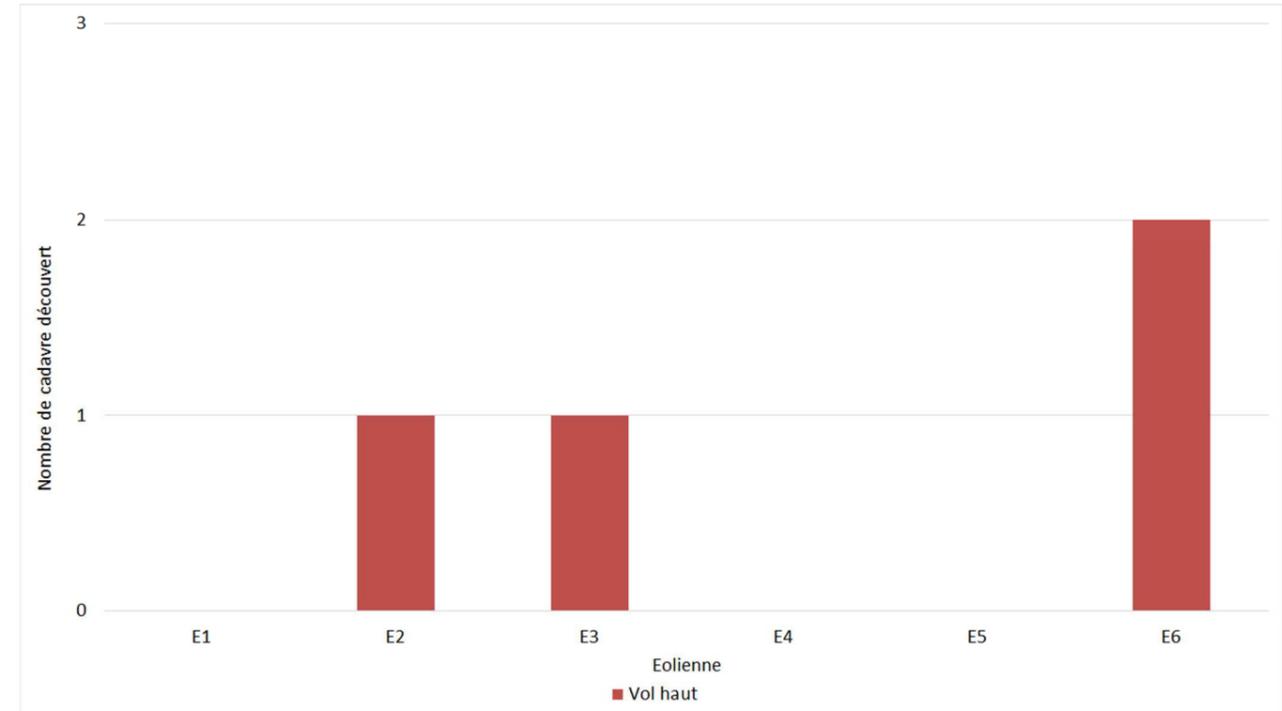
Figure 40 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2022



Le graphique précédent ne semble pas montrer la présence d'un regroupement de mêmes espèces sous les éoliennes accidentogènes du parc. En effet, deux Noctules communes ont été retrouvées sous les éoliennes E3 et E6. Une Noctule de Leisler a été retrouvée sous E6 et une deuxième Noctule de Leisler a été découverte sous E2.

Le graphique suivant représente, pour chaque cas de mortalité, le type de vol de l'espèce concernée, de manière à y rechercher l'expression de certaines explications phénologiques (migration, dispersion des jeunes...) ou comportementales (chasse en groupe, comportements sociaux...) par éolienne. On considère ainsi que la Noctule commune et la Noctule de Leisler sont des espèces de haut-vol (vol de plein ciel, sans support d'écholocation particulier).

Figure 41 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2022 en fonction du type de vol



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

La figure suivante représente les dates estimées (corrigées) des mortalités par espèce en 2022. Il s'agit de rechercher l'expression de certaines explications phénologiques (migration, dispersion des jeunes...) ou comportementales spécifiques (chasse en groupe, comportements sociaux...).

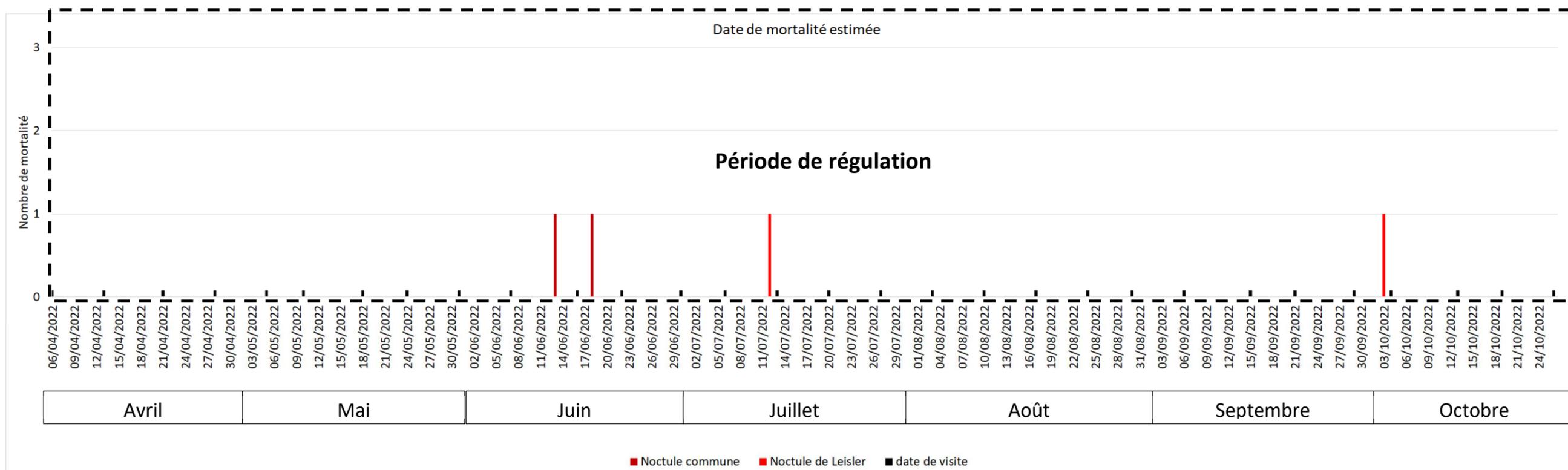
Deux types de mortalité peuvent être définie :

- La mortalité dite « régulière » correspond à une mortalité étalée sur la période de suivi et qui apparait par hasard due à une activité régulière (mais très faible) des chiroptères en hauteur,

- Les pics de mortalité sont, quant à eux, brefs dans le temps et correspondent à plusieurs cas de mortalité consécutifs. Il s'agit d'une forte mortalité très ponctuelle qui est due à plusieurs facteurs climatiques dont la durée dans le temps ne dépasse pas quelques minutes ou quelques heures et qui augmente le risque de mortalité pour les chiroptères (conditions orageuses, essaimages d'insectes...).

Sur le suivi 2022, aucun pic de mortalité n'a été constaté lors du suivi. Les mortalités sont réparties de manière ponctuelle au cours de la saison estivale et automnale.

Figure 42 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèce (effectifs constatés) en 2022



3.3.6 Interprétation par espèce (phénologie, comportement de vol ...)

➤ Noctule commune (2 cas de mortalité)

En ce qui concerne la **Noctule commune** (*Nyctalus noctula*), les 2 cadavres identifiés en 2022 sont notés seulement entre le 16 et le 22 juin. A noter que le corps de l'individu a retrouvé le 22 juin 2022 sous E3, une semaine après la découverte d'une aile seule, le 16 juin. Cette dernière fait donc office de date de référence pour la mortalité. Il s'agissait d'un adulte. Le deuxième individu retrouvé sous E6 était également un adulte.

Ces données supposent que l'espèce exploite le site de manière régulière en période de reproduction et en période automnale. Cela suppose que des gîtes diurnes sont localisés dans l'entourage du parc éolien. Même si l'espèce est considérée comme migratrice, les mortalités sont intervenues en dehors des périodes de transit. Ces mortalités peuvent donc être intervenues lors de comportements de chasse.

Pour rappel, en 2021, 8 Noctules communes avaient été découvertes lors du suivi de mortalité. Un individu avait été retrouvé sous l'éolienne E2 et E3, 2 individus sous l'éolienne E5 et 4 sous l'éolienne E6.

La découverte de ces deux cas de mortalité a donné lieu à la rédaction de deux rapports d'incident transmis à l'administration.

Figure 43 : Cliché de la Noctule commune découverte le 22 juin 2022 sous l'éolienne E6



➤ Noctule de Leisler (2 cas de mortalité)

En ce qui concerne le cas des **Noctules de Leisler** (*Nyctalus leisleri*), un cadavre a été découvert sous l'éolienne E2 le 13 juillet 2022. Il s'agissait d'un mâle immature. Un deuxième individu a été retrouvé le 4 octobre 2022 sous l'éolienne E6. Il s'agissait d'un mâle adulte.

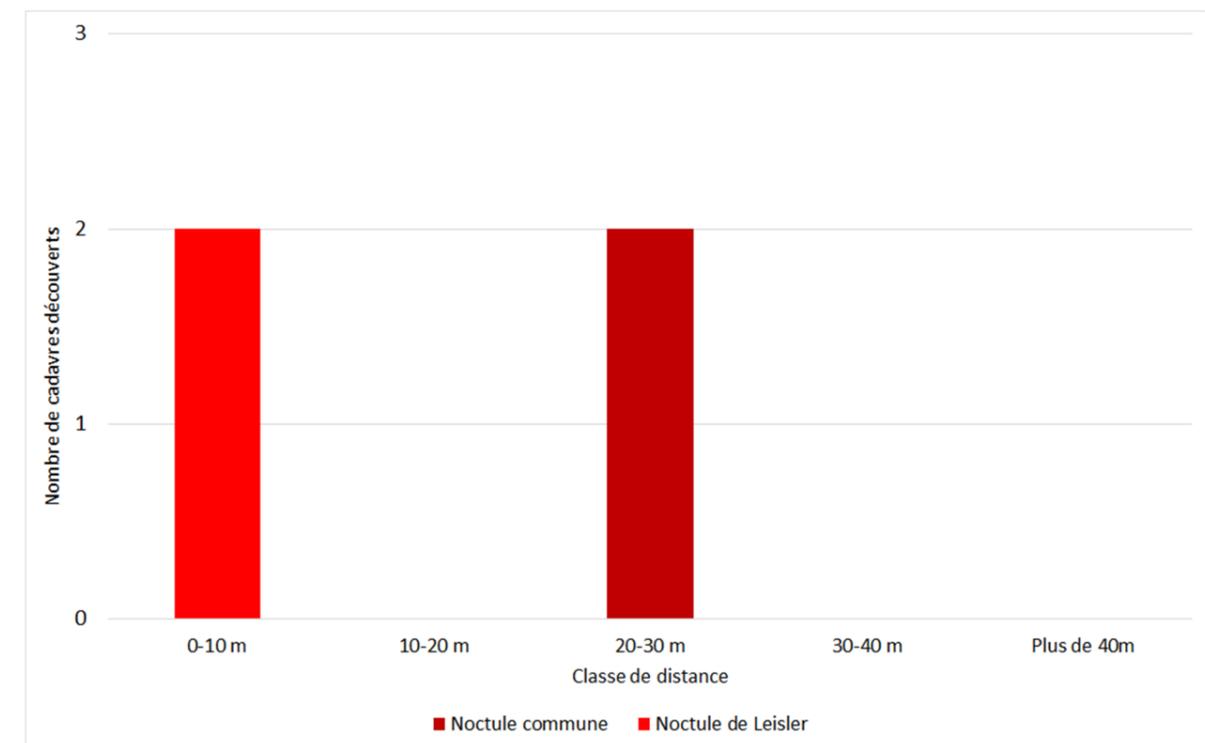
D'après l'état actuel de connaissances, les mâles de Noctules sont considérés comme sédentaires. Cela laisse supposer que ces mortalités sont survenues lors de comportement de chasse. L'intervalle de temps de ces mortalités, à 3 mois d'écart, irait dans le sens de cette hypothèse.

3.3.7 Dispersion des cadavres sous les éoliennes

L'expérience montre que la précision de la distance de dispersion des cadavres vis-à-vis des mâts des éoliennes peut permettre de préciser la nature des causes de mortalité. Ainsi sous le parc éolien de Castelnau Pégayrols ce paramètre était apparu caractéristique des mortalités occasionnées dans la partie basse du champ de rotation des pales, mortalités alors dues en partie à l'allumage automatique de lumières au passage des chauves-souris (BEUCHER et KELM 2010).

Lors du suivi de 2022, le graphique suivant témoigne d'une dispersion assez hétérogène. Les deux Noctule de Leisler ont été découvertes entre 0 et 10 mètres du mât. Les 2 autres cas concernant les Noctules communes ont été découverts entre 20 et 30 mètres. Généralement, plus on s'éloigne du mât, moins le nombre de cadavre retrouvé est important.

Figure 44 : Graphique de répartition des cadavres de 2022 par classe de distances vis-à-vis du mât de l'éolienne



La distance moyenne de dispersion pour les 4 cadavres est d'environ 20m. Il semblerait, à la vue de ce graphique, que les deux espèces de Noctule présentent des comportements différents à proximité des éoliennes. Les deux Noctules de Leisler ont été retrouvées très proche du mat alors que les deux Noctules communes ont été découvertes entre 20 et 30 mètres. Cependant, un facteur aléatoire (déplacement du corps par prédation, direction du vent, violence du contact avec les pales...) ne nous permet pas de certifier cette hypothèse.

3.3.8 Taux de mortalité des chauves-souris

3.3.8.1 Planning du suivi de la mortalité et évolution du type de végétation en 2022

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 éparse ou basse, ...),
- Niveau 3 : moyennement prospectable (végétation plus haute, hétérogénéité du milieu, ...)
- Niveau 4 : non prospectable (zone boisée, ...)

Cette proportion est calculée au prorata de la **surface prospectée (et n'intègre donc pas les zones non prospectables)**. Par exemple, si sur une surface de 1 hectare, nous prospectons 0,4 hectare (0,6 hectare correspond à du boisement et n'est donc pas prospecté) et que sur ces 0,4 hectares, 0,2 hectares correspond à du type 1 et 0,2 hectares correspond à du type 2, nous aurons alors prospecté 50% en type 1, 50% en type 2 et 0% en type 3 (soit un total de 100% de 0,4 hectare prospectable).

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 45 : 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)

Date des visites	Période	Végétation			Mortalité chauves-souris
		Type 1	Type 2	Type 3	
6-avr.	Période 1	15,94	62,25	21,81	
13-avr.	Période 1	34,29	40,93	24,78	
21-avr.	Période 1	18,95	34,88	46,17	
28-avr.	Période 1	12,95	42,73	44,32	
5-mai	Période 2	22,90	19,27	57,82	
10-mai	Période 2	20,94	8,26	70,80	
18-mai	Période 2	27,38	17,63	54,99	
24-mai	Période 2	15,60	18,96	65,44	
31-mai	Période 2	12,23	23,26	64,51	
07-juin	Période 2	13,48	23,40	63,12	
16-juin	Période 3	11,01	61,01	27,97	1
22-juin	Période 3	9,13	58,48	32,39	1
30-juin	Période 3	18,25	72,99	8,77	
06-juil	Période 3	17,91	61,63	20,47	
13-juil	Période 3	20,48	75,00	4,52	1
20-juil	Période 3	13,00	83,39	3,61	
27-juil	Période 3	11,93	84,99	3,07	
03-août	Période 3	13,90	85,20	0,90	
10-août	Période 3	15,06	73,65	11,29	
17-août	Période 3	13,68	80,99	5,33	
24-août	Période 3	13,27	79,25	7,48	
30-août	Période 3	11,37	86,27	2,36	
06-sept	Période 3	11,37	83,91	4,72	
15-sept	Période 3	5,62	91,95	2,43	
21-sept	Période 3	14,13	69,91	15,96	
29-sept	Période 3	10,27	89,53	0,21	
04-oct	Période 3	8,99	90,83	0,18	1
13-oct	Période 3	14,23	85,77	0,00	
19-oct	Période 3	17,15	46,33	36,53	
26-oct	Période 3	16,84	74,04	9,13	
Moyenne		15,41	60,89	23,70	4,00
Période 1		20,53	45,20	34,27	0,00
Période 2		18,75	18,47	62,78	0,00
Période 3		13,38	76,75	9,87	4,00

3.3.8.2 Les formules utilisées

Quatre modèles sont utilisés pour le calcul des estimations (Winkelmann, Eriksson, 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).

- Winkelmann (LPO 2005)

Cette équation est celle conseillée par le protocole LPO (ANDRE, 2005) et c'est la formule la plus simpliste des quatre que nous ayons utilisées :

$$N = \frac{C}{p \times d} \times a$$

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

C : Le nombre de cadavres comptés,

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),

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

a : Coefficient de correction surfacique.

Dans ce modèle, la probabilité que l'observateur détecte un cadavre est égale au produit du taux de persistance du cadavre et de l'efficacité de l'observateur. Cependant, ce modèle ne tient pas compte du fait qu'un cadavre qui n'aurait pas été trouvé lors d'une prospection peut être découvert lors d'une prospection ultérieure. Cela implique une surestimation lorsque l'efficacité de détection est faible et que le taux de persistance est élevé (Korner-Nievergelt et al., 2011).

L'inconvénient de cette formule, et pas des moindres, est l'impossibilité d'effectuer le calcul si le taux de persistance est égal à 0 (si tous les cadavres disparaissent entre 2 visites). Ce cas peut être assez courant sur des sites où la prédation est très marquée notamment à proximité de fermes où des chiens errants peuvent être présents.

L'expérience montre également que cette formule surestime la réalité et quelquefois dans de fortes proportions, notamment lorsque le taux de persistance est faible.

- 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 tm (durée de persistance en jours) :

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

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,

tm : 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) :

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

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,

tm : 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 :

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

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.

3.3.8.3 Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules)

En 2022, deux tests ont été menés le 9 mai et le 6 septembre pour apprécier les coefficients correcteurs nécessaires aux calculs du taux de mortalité.

Taux de détection

Figure 46 : 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	4	0,20
Type 1	Moyenne	Moyenne	7	2	0,29
Type 2	Moyenne	Moyenne	8	2	0,25
Type 3	Moyenne	Moyenne	5	0	0,00
Moyen	E4	09/05/2022	10	2	
Type 1	E4	09/05/2022	4	1	
Type 2	E4	09/05/2022	4	1	
Type 3	E4	09/05/2022	2	0	
Moyen	E6	06/09/2022	10	2	
Type 1	E6	06/09/2022	3	1	
Type 2	E6	06/09/2022	4	1	
Type 3	E6	06/09/2022	3	0	

	d	Pourcentage de prospection		
		Type 1	Type 2	Type 3
Moyenne	0,20	15,41	60,89	23,70
Période 1	0,17	20,53	45,20	34,27
Période 2	0,10	18,75	18,47	62,78
Période 3	0,23	13,38	76,75	9,87

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.

Par exemple, le calcul du taux de détection moyen sur la totalité du suivi nous donne :

$d = d(\text{niveau 1}) * \text{proportion de niveau 1 prospecté en moyenne} + d(\text{niveau 2}) * \text{proportion de niveau 2 prospecté en moyenne} + d(\text{niveau 3}) * \text{proportion de niveau 3 prospecté en moyenne}$

$$d = 0,29 * (15,41/100) + 0,25 * (60,89/100) + 0 * (23,70/100) = 0,20$$

Autrement dit, 20% des peluches dispersées ont été retrouvées.

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.

Les haies arborées n'ont pas été prospectées car elles ne peuvent être prospectées de façon rigoureuse (cadavres retenus dans les branchages).

Taux de persistance

Figure 47 : 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_moy en	p_péριο de 1	p_péριο de 2	p_péριο de 3
				1	3	9	15					
Moyen		Moyenne	30	29	21	1	0	2,57	0,26	0,23	0,26	0,26
Type 1		Moyenne	10	9	6	0	0	2,10	0,20	0,18	0,20	0,21
Type 2		Moyenne	10	10	7	0	0	2,40	0,23	0,20	0,23	0,24
Type 3		Moyenne	10	10	8	1	0	3,20	0,33	0,30	0,33	0,34
Moyen	Toutes	09/05/2022	15	15	11	0	0					
Type 1	Toutes	09/05/2022	5	5	3	0	0					
Type 2	Toutes	09/05/2022	5	5	3	0	0					
Type 3	Toutes	09/05/2022	5	5	5	0	0					
Moyen	Toutes	06/09/2022	15	14	10	1	0					
Type 1	Toutes	06/09/2022	5	4	3	0	0					
Type 2	Toutes	06/09/2022	5	5	4	0	0					
Type 3	Toutes	06/09/2022	5	5	3	1	0					

	Tm	p	Pourcentage de prospection		
			Type 1	Type 2	Type 3
Moyenne	2,57	0,26			
Période 1	2,61	0,23	20,53	45,20	34,27
Période 2	2,85	0,29	18,75	18,47	62,78
Période 3	2,44	0,24	13,38	76,75	9,87

- Paramètre p (formules de Winckelmann + Erickson adaptée)

« p », utilisé pour la formule de Winckelmann (+ 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).

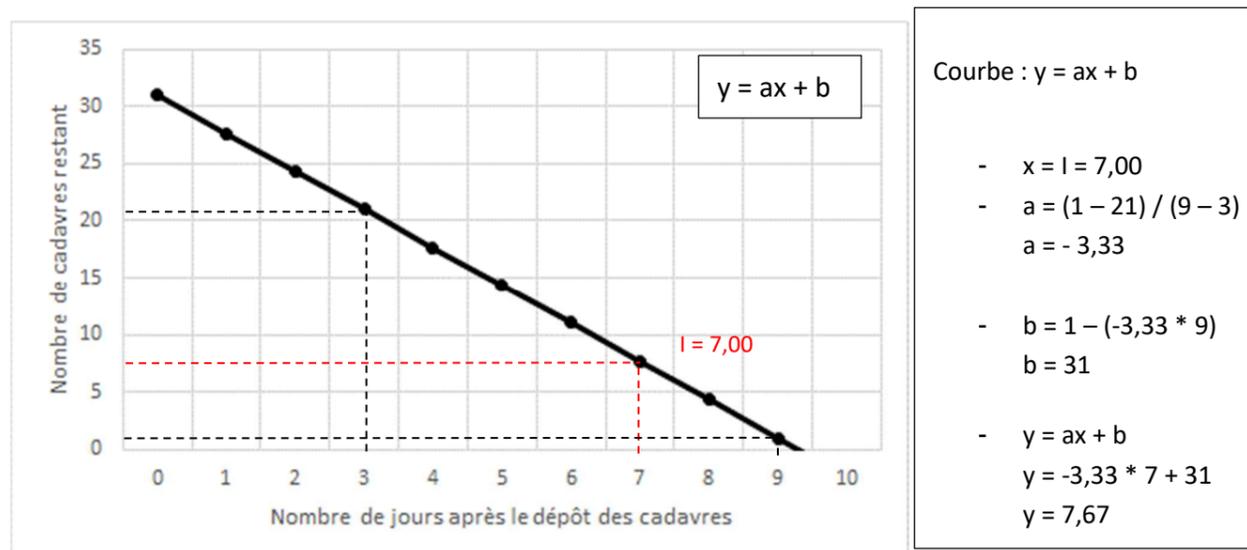
Dans notre cas précis, cet intervalle I moyen entre deux visites est calculé précisément en fonction du planning de suivi de l'année 2022 (cf. Figure 45 page 50). Le tableau suivant détaille ce calcul. On obtient un intervalle moyen de l'ordre de $I = 7,00$.

Durée intervalle (en jours)	Nombre d'intervalles	Total
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	2	10
6	6	36
7	14	98
8	4	32
9	3	27
Total	29	203
Intervalle pondéré (tot)		7,00

Période 1	7,25
Période 2	7,00
Période 3	6,95

En considérant que la diminution du nombre de cadavres est linéaire entre les retours tests de 1 à 15 jours, on estime le nombre de cadavres restant à I jours. Le schéma suivant montre les étapes de calcul du nombre de cadavres encore présents après I jours.

Figure 48 : Schéma de calcul du « nombre de cadavre encore présent après I jours »



De ce fait,

$$p = \frac{\text{Nombre de cadavres encore présents après } I \text{ jours}}{\text{Nombre de cadavres déposés au départ}} = \frac{7,67}{30} = 0,26$$

Ainsi, on obtient une valeur de $p = 0,26$. Selon les périodes, le coefficient p varie de 0,23 à 0,26.

- Paramètre T_m (formules de Erickson + Jones + Huso)

Le paramètre T_m traduit la durée moyenne de persistance d'un cadavre. T_m se calcule sur la durée au bout de laquelle tous les cadavres test ont disparus. Dans notre cas précis, $T_m = 2,57$. Selon les périodes, on obtient un T_m variant entre 2,10 et 3,20.

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

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

Autrement dit, la vitesse de disparition des cadavres est d'environ 2 à 3 jours.

▪ Coefficient de correction surfacique

Le coefficient surfacique sert à corriger le fait que certaines zones autour des éoliennes (notamment les forêts) 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.

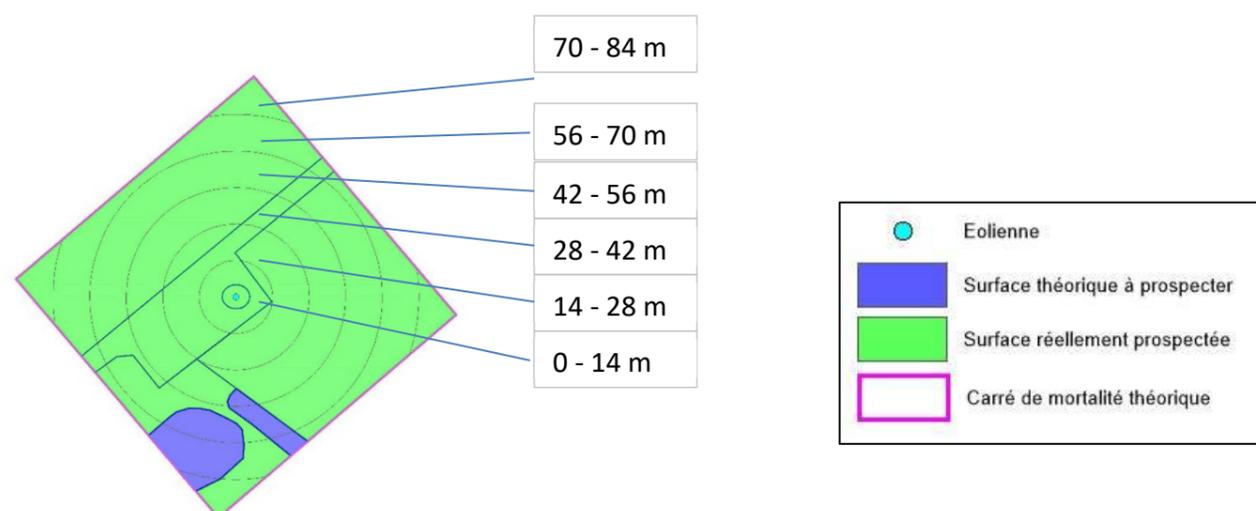
Arnett (2005) propose un mode de calcul du coefficient surfacique qui prend en compte à la fois la dispersion des cadavres découverts sous les éoliennes et la proportion de surfaces prospectées par classes de distances vis-à-vis du mât de l'éolienne. Cette estimation est basée sur la formule suivante, 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 84m, de sorte de la surface considérée soit proche des 1,7 ha de prospection réalisés sous la plupart des parcs éoliens. 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.



Le tableau suivant détaille la base de calculs pour la dispersion des cadavres découverts en 2022 en fonction des surfaces prospectées (en hectare).

	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	0,19	6	1,17	0,81	69,22	0
56m - 70m	0,48	6	2,91	2,09	71,75	0
42m - 56m	0,43	6	2,58	1,99	76,82	0
28m - 42m	0,31	6	1,85	1,44	77,96	0
14m - 28m	0,18	6	1,11	0,90	80,95	2
0m - 14m	0,06	6	0,37	0,34	91,54	2

$$a = 1,16$$

3.3.8.4 Calcul de mortalité avec la première méthode de calcul (méthode des « moyennes »)

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

Figure 49 : Paramètres de calcul des équations selon la première méthode de calcul

Paramètres	Valeurs	Explications
C	4,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
d	0,20	Valeur du taux de détection globale tout type de recouvrement confondu
p	0,26	Valeur du taux de persistance globale tout type de recouvrement confondu
tm	2,57	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain globale tout type de recouvrement confondu
I	7,00	Pas de temps du suivi
\hat{I}	5,13	$\hat{I} = -\log(0.01) * tm$
\hat{e}	0,73	$\hat{e} = \text{Min}(I/\hat{I}) / I$
a	1,16	Coefficient de correction surfacique

Sur la base des paramètres précédents, les résultats de calculs des taux de mortalités sont les suivants pour les différentes formules utilisées.

Winkelmann :

$$N = \frac{C}{p \times d} \times a = \frac{4}{0,26 \times 0,20} \times 1,16 = 92,83$$

Erickson adaptée :

$$N = \frac{I \times (C - C \times p)}{tm \times d} \times a = \frac{7,00 \times (4 - 4 \times 0,26)}{2,57 \times 0,20} \times 1,16 = 64,53$$

Erickson réelle :

$$N = \frac{I \times C}{tm \times d} \times a = \frac{7,00 \times 4}{2,57 \times 0,20} \times 1,16 = 64,70$$

Jones :

$$N = \frac{C}{d \times \hat{e} \times e^{(-0.5 \times I / tm)}} \times a = \frac{4}{0,20 \times 0,73 \times e^{(-0.5 \times 7,00 / 2,57)}} \times 1,16 = 87,93$$

Huso :

$$N = \frac{C}{d \times \frac{tm \times (1 - e^{-I/tm})}{I} \times \hat{e}} \times a = \frac{4}{0,20 \times \frac{2,57 \times (1 - e^{-7,00/2,57})}{7,00} \times 0,73} \times 1,16 = 74,82$$

Tous ces résultats correspondent aux différentes estimations du nombre de chauves-souris mortes sur la période allant du 6 avril au 26 octobre 2022, et pour les 6 éoliennes du parc suivies. Ces résultats sont basés sur l'intégralité du parc éolien et sur 7 mois, soit la quasi-totalité de la période d'activité du cycle biologique des chiroptères. Même si ce raisonnement dépend bien sûr des espèces, on considère en effet que la phase d'activité des chiroptères s'étale en moyenne sur 8 mois / an (4 mois d'hibernation) sur le site de Ids-Saint-Roch.

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 8 → on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par an** (pour la période d'activité moyenne des chiroptères).
- On multiplie par 6 → on aura une estimation de la **mortalité pour le parc entier et par an** (pour la période d'activité moyenne des chiroptères).

Finalement, le tableau suivant synthétise les résultats pour chacune des formules utilisées. Il aboutit à un **résultat moyen de l'ordre de 14,66 mortalités par éolienne et par an**, avec une fourchette oscillant entre 12,29 et 16,75, (17,68 pour la formule de Winkelmann) mortalités par éolienne et par an selon les formules utilisées.

Figure 50 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2022 (première méthode de calculs)

	Winkelmann	Erickson		Jones	Huso	Moyenne	Moyenne (Sans Winkelmann)
		adaptée	réelle				
Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi	92,83	64,53	64,70	87,93	74,82	76,96	73,00
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	15,47	10,76	10,78	14,66	12,47	12,83	12,17
Mortalité par éolienne et par mois	2,21	1,54	1,54	2,09	1,78	1,83	1,74
Mortalité par éolienne et pour une année	17,68	12,29	12,32	16,75	14,25	14,66	13,90
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	106,09	73,75	73,94	100,49	85,51	87,96	83,42

3.3.8.5 Calcul de mortalité avec la seconde méthode (méthode « pondérée »)

Ici on tient compte de la hauteur et de l'évolution des hauteurs des types de végétation. Ci-dessous sont ainsi présentées les valeurs des paramètres nécessaires aux différentes équations.

Figure 51 : Paramètres pour le calcul des équations selon la deuxième méthode de calcul

Paramètres	Période	Valeurs	Explications
C	Période 1	0,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
	Période 2	0,00	
	Période 3	4,00	
	Période 4	0,00	
d	Période 1	0,17	Valeur du taux de détection pondérée selon le type de recouvrement moyen de la période
	Période 2	0,10	
	Période 3	0,23	
p	Période 1	0,23	Valeur du taux de persistance pondérée selon le type de recouvrement moyen de la période
	Période 2	0,29	
	Période 3	0,24	
tm	Période 1	2,61	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain pondérée selon le type de
	Période 2	2,85	
	Période 3	2,44	
I	Période 1	7,25	Pas de temps du suivi
	Période 2	7,00	
	Période 3	6,95	
î	Période 1	5,23	î = - log(0.01) * tm
	Période 2	5,69	
	Période 3	4,88	
ê	Période 1	0,72	ê = Min(I/î) / I
	Période 2	0,81	
	Période 3	0,70	
a	Toutes périodes confondues	1,16	Coefficient de correction surfacique selon la période

Pour chaque formule, on effectue le calcul pour chacune des périodes et ensuite on fait la somme de chacun de ces résultats pour obtenir la mortalité estimée sur la totalité de la période de suivi et pour l'ensemble des éoliennes suivies.

Les résultats pour cette seconde méthode de calcul sont présentés dans le tableau ci-dessous. Les résultats sont présentés selon les mêmes formats que pour la première méthode de calcul, c'est-à-dire ramenés par éolienne, puis par éolienne et par mois, puis par éolienne et sur l'ensemble de la période d'activité théorique des chauves-souris et enfin pour le parc éolien entier.

Le tableau aboutit à un résultat moyen de l'ordre de 13,06 mortalités par éolienne et par an, avec une fourchette qui oscille entre 10,95 et 14,92 (15,74 pour la formule de Winkelmann) mortalités selon les formules utilisées avec prise en compte de la dispersion des cadavres dans le coefficient surfacique.

Figure 52 : Résultats des calculs du taux de mortalité 2022 des chauves-souris par la seconde méthode de calcul

	Winkelmann	Erickson		Jones	Huso	Moyenne	Moyenne (Sans Winkelmann)
		adaptée	réelle				
Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi	82,66	57,49	57,63	78,33	66,65	68,55	65,03
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	13,78	9,58	9,61	13,05	11,11	11,43	10,84
Mortalité par éolienne et par mois	1,97	1,37	1,37	1,86	1,59	1,63	1,55
Mortalité par éolienne et pour une année	15,74	10,95	10,98	14,92	12,70	13,06	12,39
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	94,46	65,70	65,86	89,52	76,17	78,34	74,32

3.3.8.6 Calcul de mortalité avec l'application EolApp

Le tableau suivant détaille l'ensemble des paramètres par cette application.

Figure 53 : Paramètres à renseigner dans l'application EolApp

Paramètres	Valeur
Intervalle de temps entre les passages	7,00
Nombre de peluches déposées pour l'étude de détection	20
Nombre de peluches découvertes pour l'étude de détection	4
Pourcentage de la surface prospectée	0,76

Les résultats sont présentés sous forme d'un tableau, pour chaque formule utilisée (Erickson, Huso, Winkelmann 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.

Figure 54 : 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	70,85	12,85	315,79	27,09	174,88
Huso	76,00	13,85	336,40	29,12	186,18
Winkelmann	394,74	65,79	986,84	157,89	789,47
Jones	101,77	18,37	452,55	38,49	257,26
Moyenne par éolienne	26,81	4,62	87,15	10,52	58,66
Moyenne par éolienne (sans Winkelmann)	13,81	2,50	61,37	5,26	34,35

En considérant les 3 modèles (sans Winkelmann), il y a 80% de chance que le nombre réel de chauves-souris impactées se situe entre 5,26 et 34,35 cas de mortalité par éolienne sur la période suivie. De même, il y a 95% de chance que le nombre réel de chauves-souris impactées se situe entre 2,50 et 61,37 cas de mortalité par éolienne sur la période suivie. La médiane est de 13,81 mortalités par éolienne 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 8 -> on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par an** (pour la période d'activité moyenne des chauves-souris).

On aboutit à un résultat à un intervalle de confiance de **95%** de l'ordre de **2,86 à 70,14 mortalités par éolienne et par an**. A un intervalle de confiance de **80%**, le résultat est de l'ordre de **6,01 à 39,26 mortalités par éolienne et par an**. La médiane est de **15,79 mortalités par éolienne et par an**.

3.3.8.7 Calcul de mortalité avec l'application GenEst

L'application GenEst donne les résultats d'estimations de la mortalité réelle par éolienne suivants :

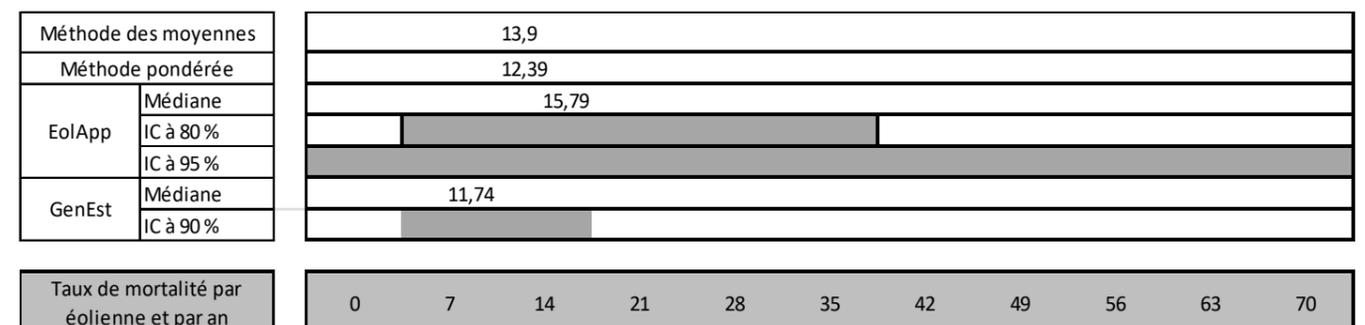
- La médiane est de : **11,74 chauves-souris par éolienne et par an** ;
- L'intervalle de confiance à 90 % varie entre **6,62 cas/éolienne/an et 20,2 cas/éolienne/an**.

3.3.8.8 Comparaison entre les différents calculs du taux de mortalité des chauves-souris en 2022

Les différents taux de mortalité estimés sont comparables et compris dans les intervalles de confiance donnés par EolApp et GenEst.

Théoriquement, nous aboutissons 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**.

Figure 55 : Comparatif des taux de mortalité calculés en 2022 et intervalles de confiance associés



3.4 Bilan de la mortalité des oiseaux

3.4.1 Bilan des mortalités par éolienne

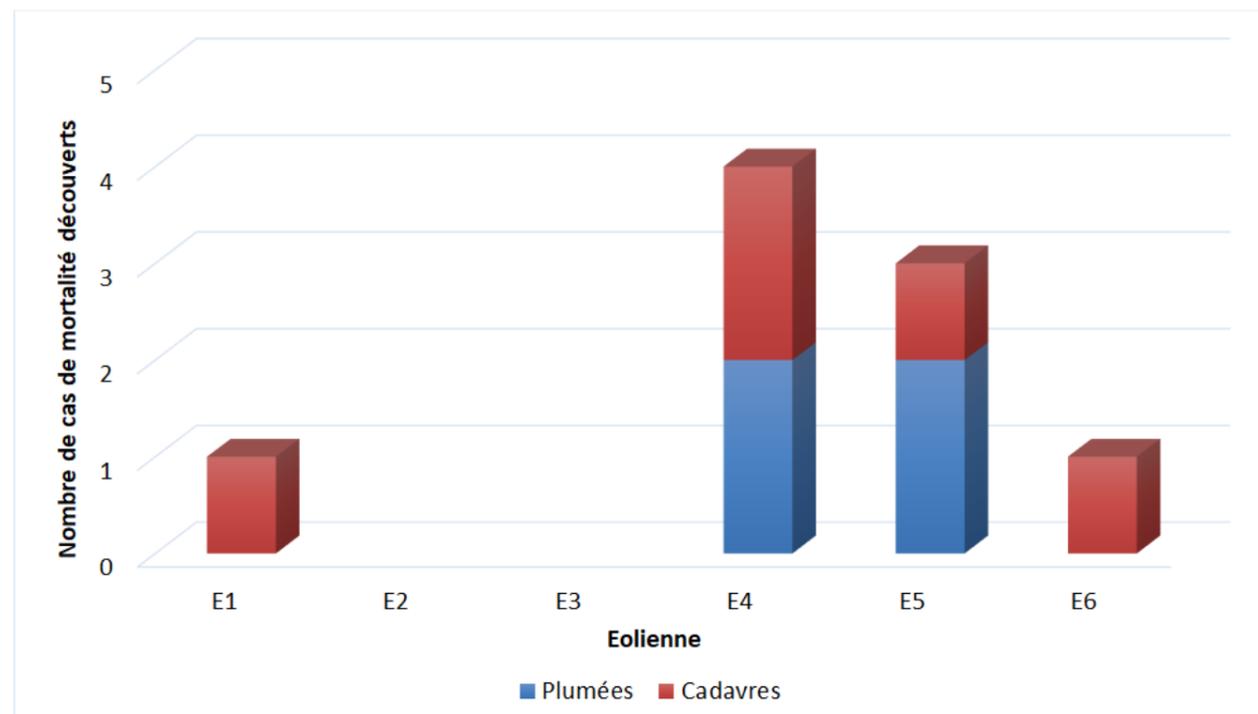
5 cadavres et 4 plumées d’oiseaux furent retrouvés sous les éoliennes au cours de la campagne de suivi menée entre le 6 avril et le 26 octobre 2022.

A propos des plumées, celles-ci ne seront pas intégrées au calcul du taux de mortalité, du fait de leur caractère d’oiseaux domestiques, chassables ou nuisibles et dont la mortalité peut ne pas être liée au fonctionnement du parc. En revanche, les données seront présentées en suivant, à titre indicatif.

Pour 30 visites de recherches réalisées au cours de cette période de 7 mois, cela représente une moyenne de 1,3 oiseau découvert par mois pour l’ensemble du parc éolien (soit 6 éoliennes).

Pour rappel, en 2021, 12 oiseaux avaient été retrouvés sur le parc éolien de Ids-Saint-Roch lors du suivi de mortalité.

Figure 56 : Bilan des mortalités des oiseaux constatées en 2022 et répartition par éolienne



On note que 4 des 6 éoliennes ont été à l’origine de mortalités avérées en 2022. L’éolienne E4 a été la plus accidentogène, avec 4 cas de mortalité découverts, avec 2 cadavres et 2 plumées. L’éolienne E5 a été responsable de 3 cas de mortalité (1 cadavre et 2 plumées) et les éoliennes E1 et E6 ont été à l’origine d’un cas de mortalité. Aucune mortalité n’a été relevée sous les éoliennes de E2 et E3.

3.4.2 Chronologies constatées et corrigées des mortalités d’oiseaux

Le premier graphique de la Figure 57 page 59 représente la chronologie des découvertes des cadavres et des plumées d’oiseaux sur l’ensemble du parc éolien en 2022.

Le délai qui s’écoule entre la mort des oiseaux et la date des découvertes des cas dépend du pas de temps de retour entre deux visites et de l’efficacité du chercheur. Comme le protocole d’étude était basé en 2022 sur 1 visite de terrain par semaine selon la période, le décalage entre la date de la découverte et la date de la mortalité effective pourra varier ;

- entre 0 (cas d’un oiseau tombé la nuit précédant la visite) et 6-7 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.

Comme pour les chauves-souris, plusieurs critères d’appréciation peuvent être utilisés en parallèle (cf. : 3.3.2 Chronologies constatées et corrigées des mortalités de chauves-souris).

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 59 synthétise cette estimation corrigée de la date des mortalités. 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 mortalités et les conditions météorologiques par exemple.

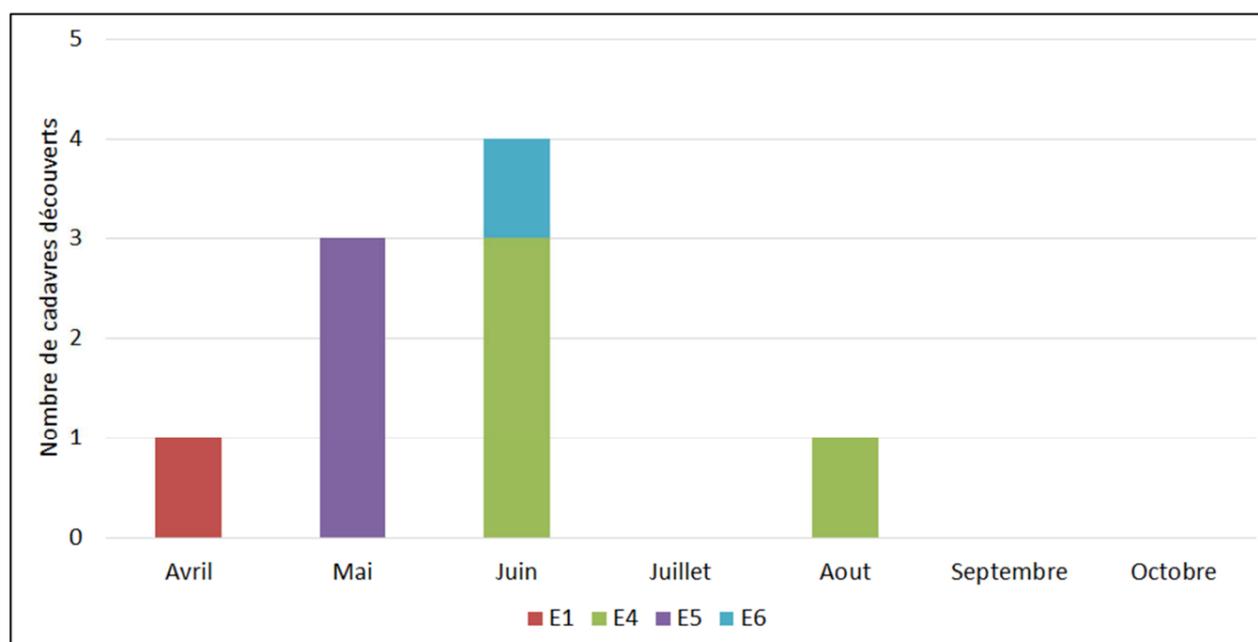
Figure 57 : Chronologie des mortalités des oiseaux (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne en 2022



En ce qui concerne les rapports entre les cas de mortalité et leur chronologie, et les éoliennes, nous relevons une concentration particulière des mortalités. Les mortalités s'étalent de fin avril à mi-août, mais 7 des 9 cas de mortalités ont été relevés entre le 31 mai et le 22 juin.

Nous analyserons par la suite à quelle phénologie du cycle biologique des espèces correspondent ces périodes de mortalités.

Figure 58 : Chronologie des mortalités d'oiseaux estimées (corrigées) par mois en 2022



3.4.3 Typologie des cadavres découverts

La détermination des espèces n'est pas toujours aisée selon l'état des cadavres au moment de leur découverte. Ce fut le cas en 2022, où une plumée n'était pas suffisamment bien conservée au moment de la détermination.

Le **cortège d'espèces impactées en 2022 est assez diversifié** puisque parmi les 5 cadavres et les 4 plumées découverts, 7 espèces différentes sont représentées. Il s'agit de 2 espèces de passereaux, de 2 espèces de rapaces diurnes et 3 espèces intermédiaires.

Pour rappel, le cortège d'espèces impacté était assez similaire en 2021 avec 8 espèces pour 12 cas de mortalité. Il s'agissait de 4 Buses variables, de 1 Epervier d'Europe, de 1 Tourterelle des bois, de 1 Martinet noir, de 2 Bruants proyers, de 1 Moineau domestique, de 1 Gobemouche noir et de 1 Rougegorge familier. On retrouve 3 espèces impactées en commun entre le suivi de 2021 et de 2022.

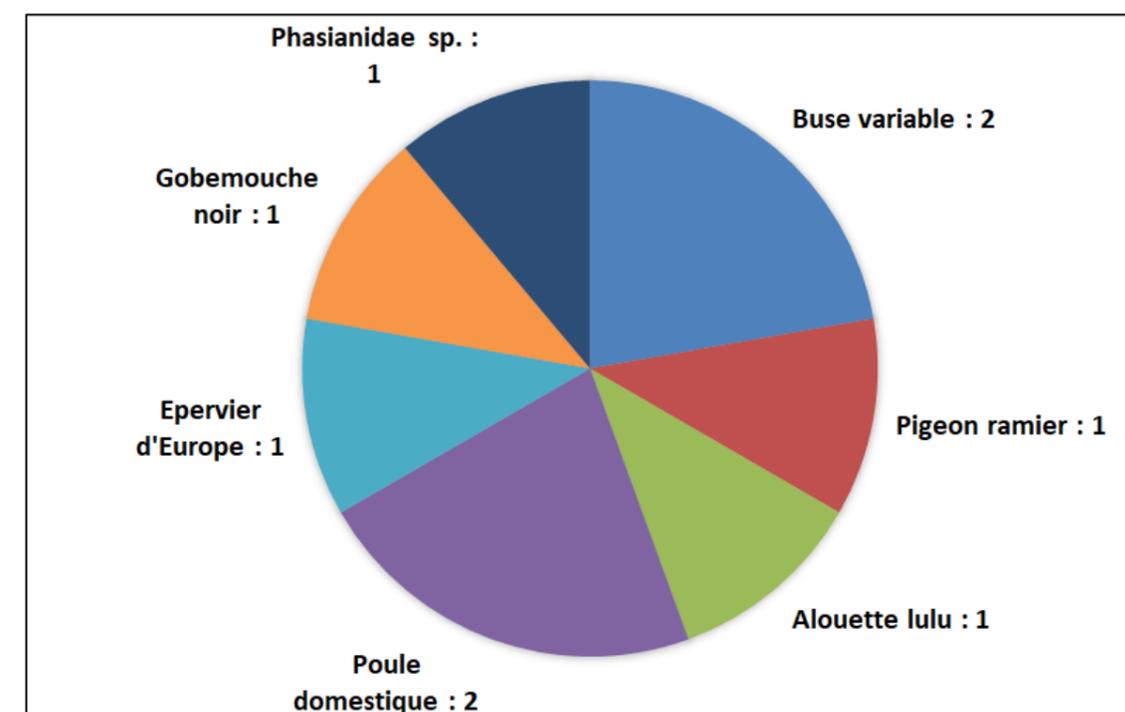
Le tableau suivant présente les statuts de protection et de conservation des espèces protégées retrouvées sous les éoliennes. Les espèces domestiques, chassables et nuisibles n'y sont pas représentées.

Figure 59 : Tableau représentant les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux protégées retrouvées sous les éoliennes

Espèce	Nom scientifique	Type	Statut de protection			Liste rouge nationale (Nov 2017)	Liste Rouge Régionale Centre (oiseaux nicheurs 2013)	Niveau de patrimonialité
			Protec. Fr.	Protec. U.E.	Conv Berne			
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	Passereau	P	O.1	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure	Modéré
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Grand rapace	P	-	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure	Faible
Epervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>	Petit rapace	P-SP	-	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure	Faible
Gobemouche noir	<i>Ficedula hypoleuca</i>	Passereau	P	-	2	Vulnérable	En danger	Fort

Le graphique suivant synthétise la proportion des effectifs touchés par espèce.

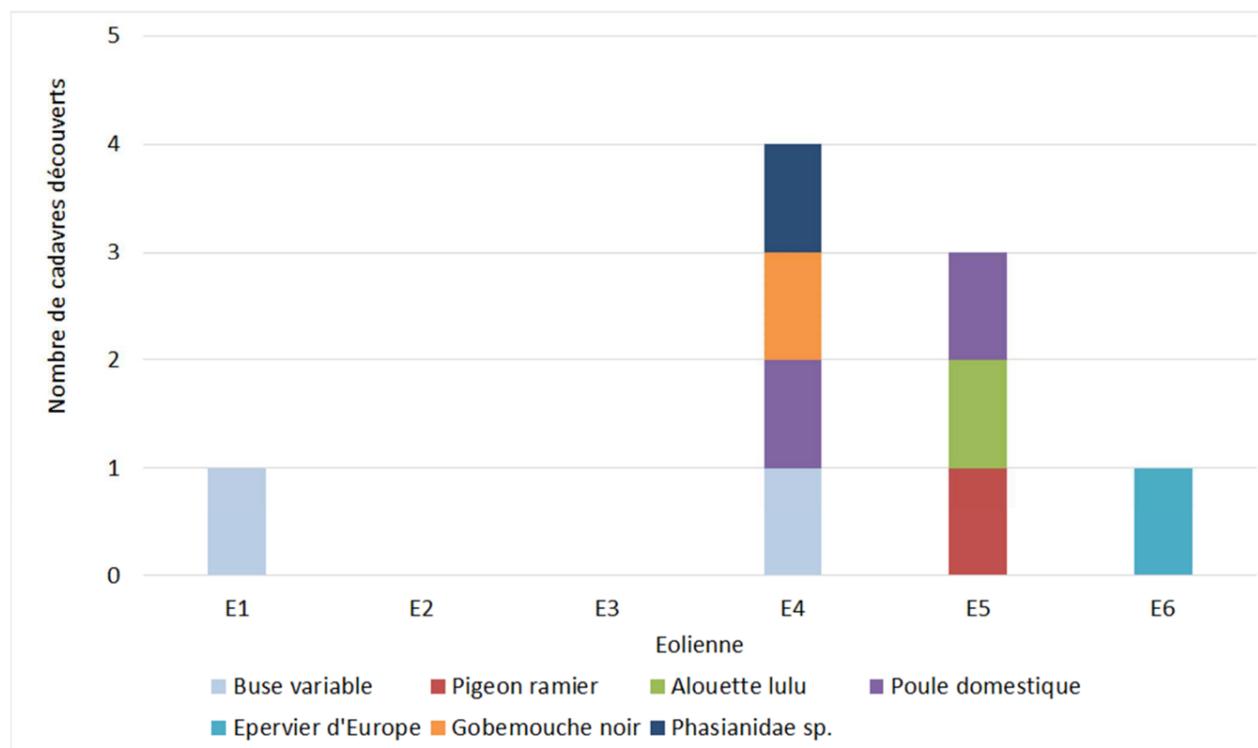
Figure 60 : Répartition des mortalités d'oiseaux par espèce (effectifs constatés) en 2022



3.4.4 Relation espèce / éolienne

Le graphique suivant précise la répartition des cadavres des différentes espèces par éolienne.

Figure 61 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2022



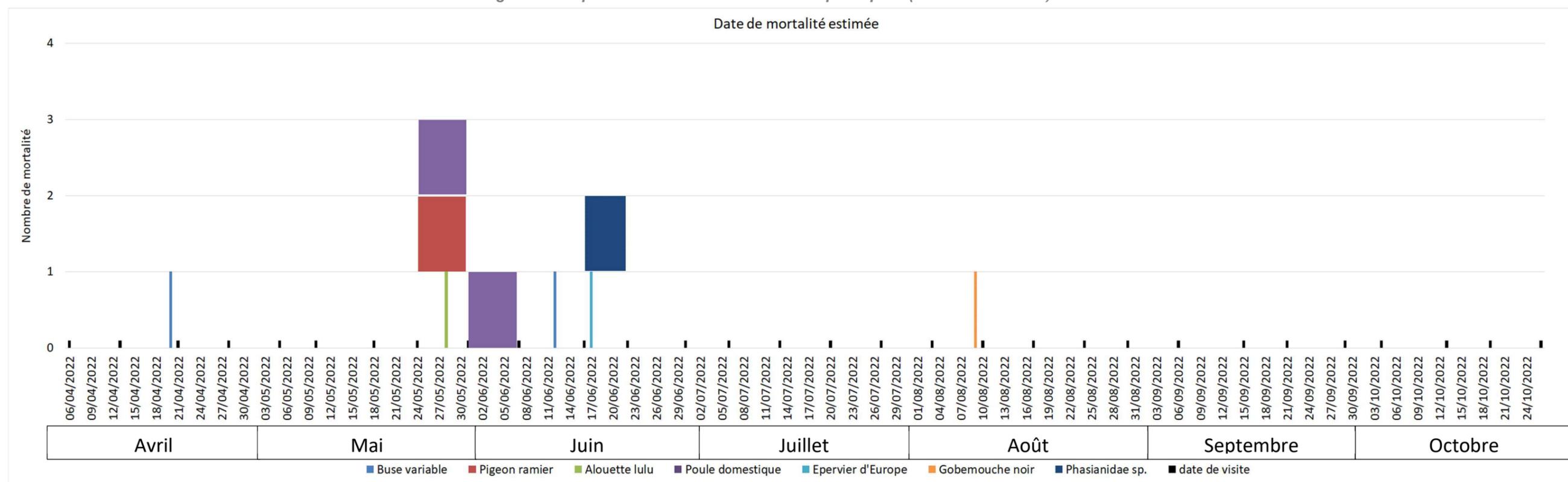
Le graphique précédent ne montre pas la présence de regroupement d'un groupe d'espèces sous des éoliennes en particulier, les espèces ayant été impactées à plusieurs reprises l'ont été par des éoliennes différentes.

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

La figure page suivante représente les dates estimées (corrigées) des mortalités par espèce en 2022. Il s'agit de rechercher l'expression de certaines explications phénologiques (migration, vol de parade, dispersion des jeunes...) ou comportementales spécifiques (chasse, transit, migration...).

On s'aperçoit que les mortalités sont regroupées sur une très courte période. La période de reproduction semble la plus accidentogène.

Figure 62 : Répartition des mortalités d'oiseaux par espèce (effectifs constatés) en 2022



3.4.6 Interprétation par espèce

➤ Alouette lulu (1 cadavre)

Un cadavre d'Alouette lulu (*Lullula arborea*) a été découvert le 31 mai sous l'éolienne E5. A cette période de l'année, il est probable qu'il s'agisse d'un individu nicheur. Les oiseaux nicheurs en France sont sédentaires mais des oiseaux venant du Nord de l'Europe peuvent hiverner en France. Cette espèce est insectivore et granivore, elle chasse principalement au sol. Les mâles volent en chantant, afin de défendre leur territoire. Lors de ces vols ils s'exposent plus facilement aux risques de collision avec les pales des éoliennes. Cette espèce est protégée et est classée à l'annexe O.1 au niveau européen. Elle ne semble pas menacée à l'échelle nationale ou locale (classée préoccupation mineure).

Figure 63 : Cliché du cadavre d'Alouette lulu retrouvée sous l'éolienne E5 le 31 mai 2022



➤ Buse variable (2 cadavres)

Deux cadavres de Buse variable (*Buteo buteo*) a été découverte le 21 avril et le 16 juin sous les éoliennes E1 et E4. A cette période de l'année, il est très probable qu'il s'agisse d'individus nicheurs. Les buses variables sont à majorité sédentaires, même si des individus peuvent venir hiverner en France. Cette espèce de rapace est adepte du vol plané, en utilisant des ascendances pour prendre de l'altitude sans effort. Ce comportement l'expose régulièrement aux risques de collision avec les éoliennes. Cette espèce est protégée, est classée à l'annexe 2 de la convention de Berne et est classée en préoccupation mineure sur les listes rouge nationale et régionale des oiseaux nicheurs.

Pour rappel, en 2021, quatre Buses variables avaient été impactées. Un individu avait été retrouvé sous E1, deux individus avait été découverts sous E4 et un quatrième individu sous E6.

Figure 64 : Cliché du cadavre de Buse variable retrouvée sous l'éolienne E1 le 21 avril 2022



➤ Epervier d'Europe (1 cadavre)

Un cadavre d'Epervier d'Europe (*Accipiter nisus*) a été découvert le 22 juin sous l'éolienne E6. Il s'agit d'une espèce principalement sédentaire en France, même si des individus peuvent venir hiverner en France. La période de découverte du cadavre correspond à sa période de nidification. Son régime alimentaire est principalement constitué de petits oiseaux. Même s'il reste adepte des sous-bois, ses techniques de chasse et de transit peuvent l'exposer à des risques de collision avec les pales d'éoliennes. Cette espèce est protégée, est classée à l'annexe 2 de la convention de Berne et est classée en préoccupation mineure sur les listes rouges nationale et régionales des oiseaux nicheurs.

Pour rappel, un Epervier d'Europe avait déjà été impacté en 2021 sous l'éolienne E2.

➤ Gobemouche noir (1 cadavre)

Un cadavre de Gobemouche noir (*Ficedula hypoleuca*) a été découverts le 10 août sous l'éolienne E4. Il s'agit très certainement d'un individu migrateur. En effet, sa migration postnuptiale s'étale d'août à octobre. Cette espèce est insectivore. On peut donc supposer que ce cas de mortalité est intervenu lors d'un transit migratoire. Le Gobemouche est une espèce protégée, classée dans l'annexe 2 de la convention de Berne. En France, elle est considérée comme vulnérable et elle est également considérée en danger dans la région Centre.

Pour rappel, en 2021, un Gobemouche noir avait été retrouvé sous l'éolienne E6. Il s'agissait également d'un individu migrateur.

➤ Pigeon ramier (1 plumée)

Une plumée de Pigeon ramier (*Columba palumbus*) a été découverte le 31 mai 2022 sous l'éolienne E5. Il s'agit très certainement d'un individu nicheur. Les pigeons ramiers peuvent participer à de grandes migrations mais celles-ci s'opèrent entre février et mars. Le pigeon ramier se nourrit de graines au sol, qu'il vient chercher dans les champs situés au pied des éoliennes. Lors de ses prospections ou lors de ses phases de transit, celui-ci s'expose aux risques de collision avec les éoliennes. Le Pigeon ramier est une espèce considérée comme nuisible et elle est classée en préoccupation mineure en France et région Centre.

Figure 65 : Cliché de la plumée de Pigeon ramier retrouvée sous l'éolienne E5 le 31 mai 2022



➤ Faisan de Colchide et Poule domestique (plumées)

Une plumée de Faisan de Colchide a été retrouvée le 22 juin sous E4. Deux plumées de poule domestique ont été retrouvées le 31 mai et le 7 juin, respectivement sous E5 et E4. Etant donné le statut de ces oiseaux (espèce chassable et espèce domestique), ces données sont plutôt originales et très probablement non liées à l'éolien.

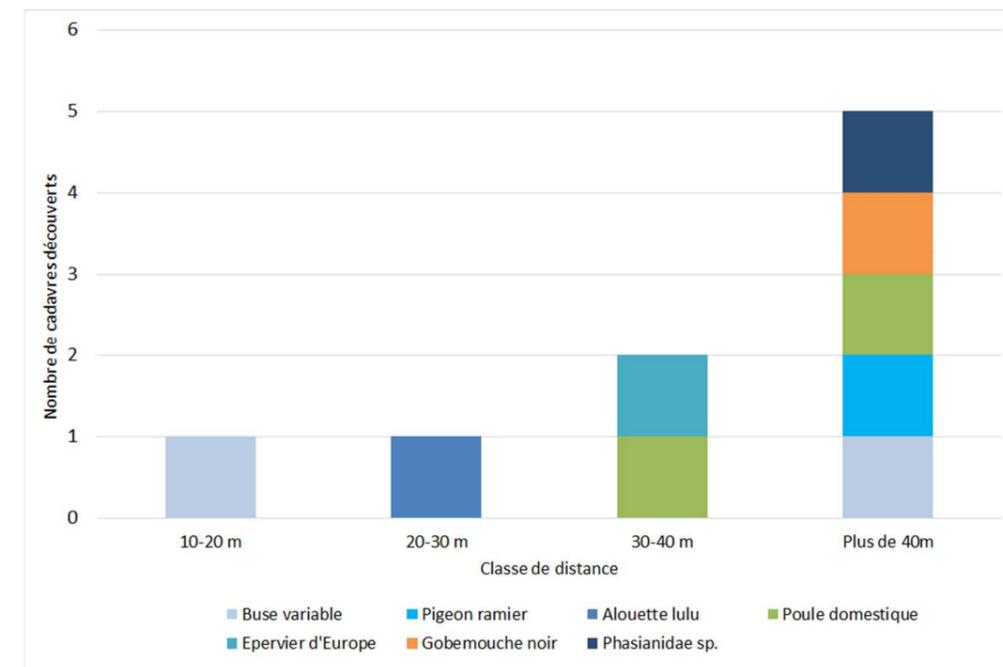
3.4.7 Dispersion des cadavres sous les éoliennes

L'expérience montre que la précision de la distance de dispersion des cadavres vis-à-vis des mâts des éoliennes peut permettre de préciser la nature des causes de mortalité. Ainsi sous le parc éolien de Castelnau Pégayrols ce paramètre était apparu caractéristique des mortalités occasionnées dans la partie basse du champ de rotation des pales (BEUCHER et KELM 2010).

Lors du suivi de 2022, le graphique suivant témoigne d'une dispersion assez marquée. Deux cadavres ont été retrouvés à moins de 30 mètres du mat, un cadavre et une plumée ont été découverts entre 30 et 40 mètres du mat et 3 cadavres et deux plumées ont été découverts à plus de 40 mètres du mat. Elle laisse présager **des causes ou des conditions de mortalités particulières** :

- des individus impactés dans la partie haute du champ de rotation des pales d'éoliennes,
- ou par forte vitesse du vent de façon à être facilement dispersés.

Figure 66 : Graphique de répartition des cadavres et des plumées de 2022 par classe de distances vis-à-vis du mât de l'éolienne



La distance moyenne de dispersion pour les 5 cadavres et les 4 plumées est d'environ 45 m. Finalement, nous retiendrons que les dispersions permettent de supposer qu'au moins une partie des mortalités constatées peut être liée à des vols hauts (partie haute du rotor) et que l'autre partie est peut-être liée à quelques vols à faible altitude. Il est cependant bon de rappeler qu'il ne s'agit là que d'hypothèses et que d'autres éléments extérieurs peuvent venir interférer dans l'analyse des distances vis-à-vis de l'éolienne.

3.4.8 Autres mortalités découvertes

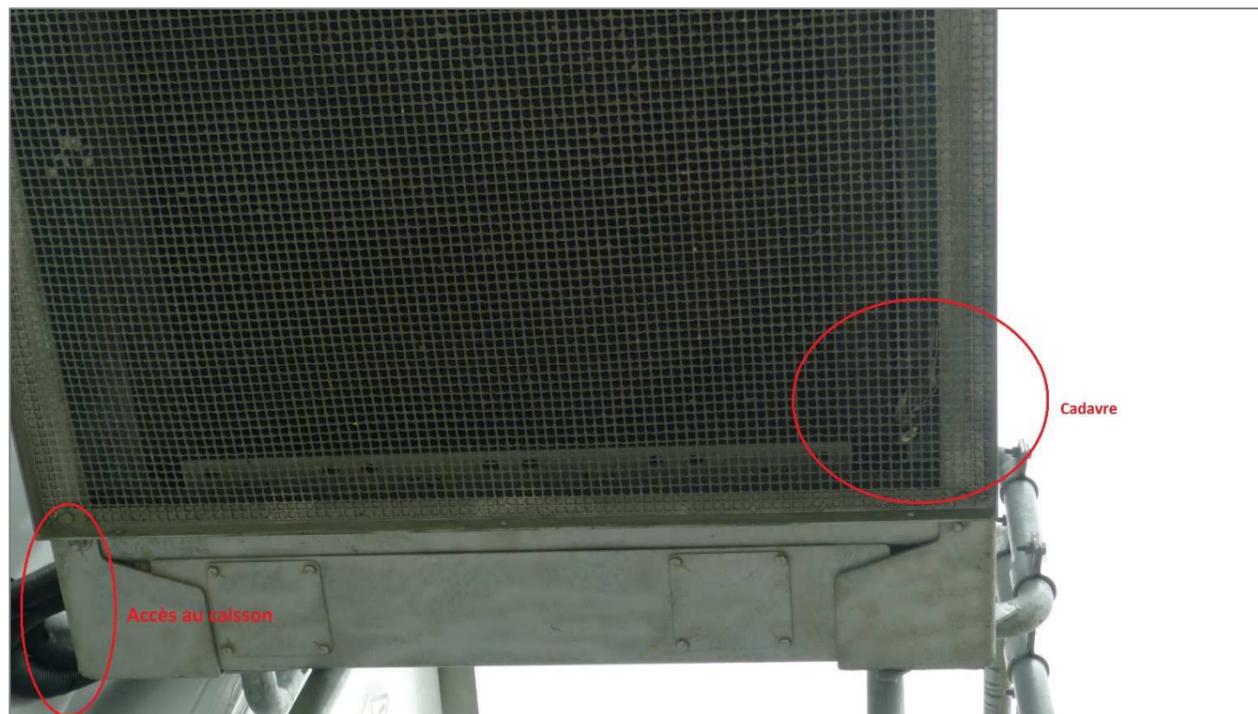
Des cadavres ont également été retrouvés au niveau des caissons de ventilation des machines.

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. Ces oiseaux, en cherchant à nicher dans des anfractuosités, sont attirés par ces caissons, mais une fois à l'intérieur, ils ne trouvent aucune sortie. Il s'agit généralement d'espèces cavernicoles telles que le Rougequeue noir (*Phaenicurus ochruros*) ou la Bergeronnette grise (*Motacilla alba*) par exemple. Ces deux espèces citées en exemple sont toutes les deux des espèces protégées.

L'accès à l'intérieur du caisson s'est fait très certainement par l'ouverture permettant l'arrivée des câbles depuis les caissons vers les éoliennes (cf Figure 57, en bas à gauche).

Suite aux signalements, la société Ferme éolienne de Ids SAS a mis en place des mesures afin de colmater ces ouvertures au cours de l'année 2022. La concentration des câbles à l'aide d'une pièce en plastique (une rondelle) a permis de bloquer l'accès des caissons pour les oiseaux, les rendant étanches.

Figure 67 : Cliché d'un des cadavres d'oiseaux retrouvés dans le caisson de ventilation d'une éolienne



3.4.9 Taux de mortalité des oiseaux

3.4.9.1 Planning du suivi de la mortalité et évolution du type de végétation en 2022

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, ...)

Cette proportion est calculée au prorata de la **surface prospectée (et n'intègre donc pas les zones non prospectables)**. Par exemple, si sur une surface de 1 hectare, nous prospectons 0,4 hectare (0,6 hectare correspond à du boisement et n'est donc pas prospecté) et que sur ces 0,4 hectares, 0,2 hectares correspondent à du type 1 et 0,2 hectares correspondent à du type 2, nous aurons alors prospecté 50% en type 1, 50% en type 2 et 0% en type 3 (soit un total de 100% de 0,4 hectare prospectable).

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, seuls les cadavres seront considérés dans le calcul du taux de mortalité des oiseaux. Les plumées correspondant à des espèces domestiques, chassables ou nuisibles, il se peut aussi qu'elles ne soient pas liées au parc éolien.

Figure 68 : 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)

Date des visites	Période	Végétation			Mortalité cadavre oiseaux
		Type 1	Type 2	Type 3	
6-avr.	Période 1	15,94	62,25	21,81	
13-avr.	Période 1	34,29	40,93	24,78	
21-avr.	Période 1	18,95	34,88	46,17	1
28-avr.	Période 1	12,95	42,73	44,32	
5-mai	Période 2	22,90	19,27	57,82	
10-mai	Période 2	20,94	8,26	70,80	
18-mai	Période 2	27,38	17,63	54,99	
24-mai	Période 2	15,60	18,96	65,44	
31-mai	Période 2	12,23	23,26	64,51	1
07-juin	Période 2	13,48	23,40	63,12	
16-juin	Période 3	11,01	61,01	27,97	1
22-juin	Période 3	9,13	58,48	32,39	1
30-juin	Période 3	18,25	72,99	8,77	
06-juil	Période 3	17,91	61,63	20,47	
13-juil	Période 3	20,48	75,00	4,52	
20-juil	Période 3	13,00	83,39	3,61	
27-juil	Période 3	11,93	84,99	3,07	
03-août	Période 3	13,90	85,20	0,90	
10-août	Période 3	15,06	73,65	11,29	1
17-août	Période 3	13,68	80,99	5,33	
24-août	Période 3	13,27	79,25	7,48	
30-août	Période 3	11,37	86,27	2,36	
06-sept	Période 3	11,37	83,91	4,72	
15-sept	Période 3	5,62	91,95	2,43	
21-sept	Période 3	14,13	69,91	15,96	
29-sept	Période 3	10,27	89,53	0,21	
04-oct	Période 3	8,99	90,83	0,18	
13-oct	Période 3	14,23	85,77	0,00	
19-oct	Période 3	17,15	46,33	36,53	
26-oct	Période 3	16,84	74,04	9,13	
Moyenne		15,41	60,89	23,70	5,00
Période 1		20,53	45,20	34,27	1,00
Période 2		18,75	18,47	62,78	1,00
Période 3		13,38	76,75	9,87	3,00

3.4.9.2 Les formules utilisées

Les formules utilisées sont identiques à celles du calcul du taux de mortalité des chauves-souris (cf. : 3.3.8.2 Les formules utilisées page 51).

3.4.9.3 Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules)

En 2022, deux tests ont été menés le 9 mai et le 6 septembre pour apprécier les coefficients correcteurs nécessaires au calcul du taux de mortalité.

▪ Taux de détection

Figure 69 : 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	12	0,60
Type 1	Moyenne	Moyenne	6	5	0,83
Type 2	Moyenne	Moyenne	8	6	0,75
Type 3	Moyenne	Moyenne	6	1	0,17
Total	E4	09/05/2022	10	6	
Type 1	E4	09/05/2022	3	3	
Type 2	E4	09/05/2022	4	3	
Type 3	E4	09/05/2022	3	0	
Total	E6	06/09/2022	10	6	
Type 1	E6	06/09/2022	3	2	
Type 2	E6	06/09/2022	4	3	
Type 3	E6	06/09/2022	3	1	

	d	Pourcentage de prospection		
		Type 1	Type 2	Type 3
Moyenne	0,62	15,41	60,89	23,70
Période 1	0,57	20,53	45,20	34,27
Période 2	0,40	18,75	18,47	62,78
Période 3	0,70	13,38	76,75	9,87

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.

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).

Les haies arborées n'ont pas été prospectées car elles ne peuvent être prospectées de façon rigoureuse (cadavres retenus dans les branchages).

Le taux de détection est de 0,60. **Autrement dit, 60% des peluches dispersées ont été retrouvées.**

▪ Taux de persistance

Figure 70 : 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_moy en	p_péριο de 1	p_péριο de 2	p_péριο de 3
				1	3	9	15					
Moyen		Moyenne	40	38	28	1	0	2,50	0,25	0,22	0,25	0,26
Type 1		Moyenne	14	12	9	0	0	2,14	0,21	0,19	0,21	0,22
Type 2		Moyenne	14	14	9	0	0	2,29	0,21	0,19	0,21	0,22
Type 3		Moyenne	12	12	10	1	0	3,17	0,33	0,30	0,33	0,34
Moyen	Toutes	09/05/2022	20	20	14	0	0					
Type 1	Toutes	09/05/2022	7	7	5	0	0					
Type 2	Toutes	09/05/2022	7	7	3	0	0					
Type 3	Toutes	09/05/2022	6	6	6	0	0					
Moyen	Toutes	06/09/2022	20	18	14	1	0					
Type 1	Toutes	06/09/2022	7	5	4	0	0					
Type 2	Toutes	06/09/2022	7	7	6	0	0					
Type 3	Toutes	06/09/2022	6	6	4	1	0					

	Tm	p	Pourcentage de prospection		
			Type 1	Type 2	Type 3
Moyenne	2,50	0,25			
Période 1	2,56	0,23	20,53	45,20	34,27
Période 2	2,81	0,29	18,75	18,47	62,78
Période 3	2,35	0,23	13,38	76,75	9,87

- Paramètre p (formules de Winckelmann + Erickson adaptée)

« p », utilisé pour la formule de Winckelmann (+ 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 l'année 2022. Le tableau suivant détaille ce calcul. On obtient un intervalle moyen de l'ordre de $I = 7,00$, allant de 6,95 à 7,25 selon la période étudiée.

Durée intervalle (en jours)	Nombre d'intervalles	Total
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	2	10
6	6	36
7	14	98
8	4	32
9	3	27
Total	29	203
Intervalle pondéré (tot)		7,00

Période 1	7,25
Période 2	7,00
Période 3	6,95

En considérant que la diminution du nombre de cadavres est linéaire entre les retours tests de 1 et 15 jours, on estime le nombre de cadavres restant à I jours. Ainsi, on obtient une valeur de $p = 0,25$. Selon les périodes, p varie entre 0,21 et 0,33.

- Paramètre T_m (formules de Erickson + Jones + Huso)

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

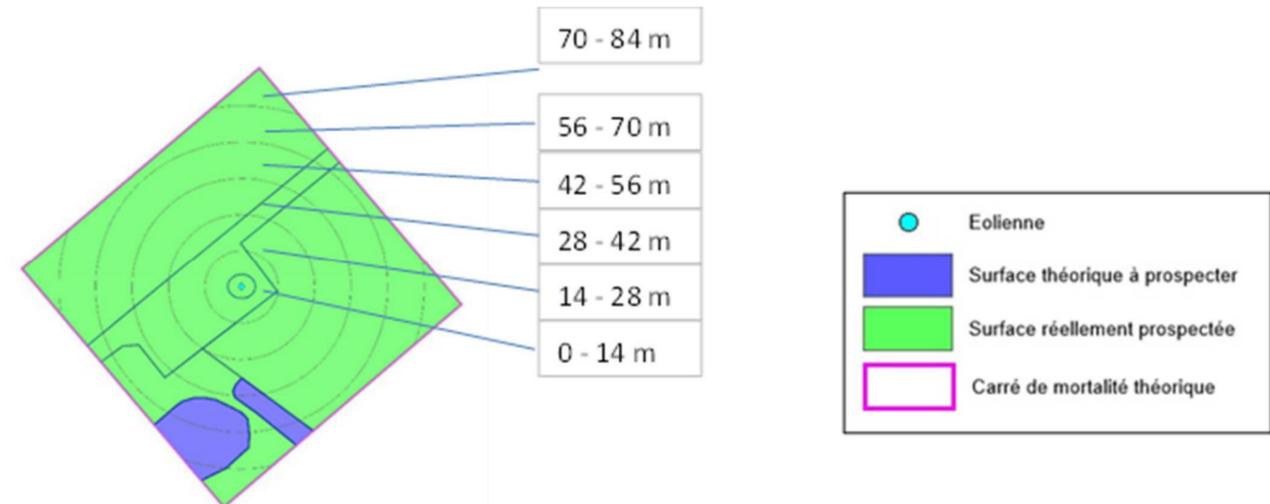
La durée moyenne de persistance d'un cadavre en jour est donc de :

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

Dans notre cas précis, T_m est égal à 2,50 (2,14 à 3,17 selon la méthode pondérée). **Autrement dit, il faut environ 2 à 3 jours pour que les cadavres disparaissent.**

▪ Coefficient de correction surfacique

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



Le tableau suivant détaille la base de calculs pour la dispersion des cadavres découverts en 2022 en fonction des surfaces prospectées (en hectare) pour les oiseaux.

	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	0,19	6,00	1,17	0,81	69,22	1
56m - 70m	0,48	6,00	2,91	2,09	71,75	1
42m - 56m	0,43	6,00	2,58	1,99	76,82	0
28m - 42m	0,31	6,00	1,85	1,44	77,96	1
14m - 28m	0,18	6,00	1,11	0,90	80,95	2
0m - 14m	0,06	6,00	0,37	0,34	91,54	0

a = 1,32

3.4.9.4 Calcul de mortalité avec la première méthode de calcul (méthode des « moyennes »)

Vu que l'on ne tient pas compte des types de végétation, le calcul est effectué sans séparer la période de suivi en différentes périodes. Le tableau suivant synthétise les valeurs des paramètres nécessaires aux calculs des différentes équations.

Figure 71 : Paramètres de calcul des équations selon la première méthode de calcul

Paramètres	Valeurs	Explications
C	5,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
d	0,62	Valeur du taux de détection globale tout type de recouvrement confondu
p	0,25	Valeur du taux de persistance globale tout type de recouvrement confondu
tm	2,50	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain globale tout type de recouvrement confondu
l	7,00	Pas de temps du suivi
\hat{l}	5,00	$\hat{l} = -\log(0.01) * tm$
\hat{e}	0,71	$\hat{e} = \text{Min}(l/\hat{l}) / l$
a	1,32	Coefficient de correction surfacique

Tous ces résultats correspondent aux différentes estimations du nombre d'oiseaux morts sur la période allant du 6 avril au 26 octobre 2022 et pour les 6 éoliennes du parc suivies. Ces résultats sont basés sur l'intégralité du parc éolien et sur 7 mois de suivi (en continu).

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. Si uniquement les cadavres sont pris en compte, on aboutit à un **résultat moyen de l'ordre de 9,53 mortalités par éolienne et par an (sans Winkelmann)**, avec une fourchette oscillant entre 8,42 et 11,48 (12,06 pour la formule de Winkelmann) mortalités par éolienne et par an selon les formules utilisées.

Figure 72 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2022 (première méthode de calculs)

	Winkelmann	Erickson		Jones	Huso	Moyenne	Moyenne (Sans Winkelmann)
		adaptée	réelle				
Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi	42,22	29,48	29,55	40,16	34,18	35,12	33,34
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	7,04	4,91	4,93	6,69	5,70	5,85	5,56
Mortalité par éolienne et par mois	1,01	0,70	0,70	0,96	0,81	0,84	0,79
Mortalité par éolienne et pour une année	12,06	8,42	8,44	11,48	9,76	10,03	9,53
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	72,37	50,53	50,66	68,85	58,59	60,20	57,16

3.4.9.5 Calcul de mortalité avec la seconde méthode (méthode « pondérée »)

Ici on tient compte de la hauteur des types de végétation. Ci-dessous sont ainsi présentées les valeurs des paramètres nécessaires aux différentes équations.

Figure 73 : Paramètres pour le calcul des équations selon la deuxième méthode de calcul

Paramètres	Période	Valeurs	Explications
C	Période 1	1,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
	Période 2	1,00	
	Période 3	3,00	
	Période 4	0,00	
d	Période 1	0,57	Valeur du taux de détection pondérée selon le type de recouvrement moyen de la période
	Période 2	0,40	
	Période 3	0,70	
p	Période 1	0,23	Valeur du taux de persistance pondérée selon le type de recouvrement moyen de la période
	Période 2	0,29	
	Période 3	0,23	
tm	Période 1	2,56	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain pondérée selon le type de
	Période 2	2,81	
	Période 3	2,35	
l	Période 1	7,25	Pas de temps du suivi
	Période 2	7,00	
	Période 3	6,95	
\hat{l}	Période 1	5,12	$\hat{l} = -\log(0.01) * tm$
	Période 2	5,62	
	Période 3	4,71	
\hat{e}	Période 1	0,71	$\hat{e} = \text{Min}(l/\hat{l}) / l$
	Période 2	0,80	
	Période 3	0,68	
a	Toutes périodes confondues	1,32	Coefficient de correction surfacique selon la période

Pour chaque formule, on effectue le calcul pour chacune des périodes et ensuite on fait la somme de chacun de ces résultats pour obtenir la mortalité estimée sur la totalité de la période de suivi et pour l'ensemble des éoliennes suivies.

Les résultats pour cette seconde méthode de calcul sont présentés dans le tableau ci-dessous. Les résultats sont présentés selon les mêmes formats que pour la première méthode de calcul, c'est-à-dire ramenés par éolienne, puis par éolienne et par mois, puis par éolienne et sur l'ensemble de la période d'activité des oiseaux et enfin pour le parc éolien entier.

Le tableau aboutit à un **résultat moyen de l'ordre de 10,12 mortalités par éolienne et par an (sans Winkelmann)**, avec une fourchette oscillant entre 8,95 et 12,19 (13,12 pour la formule de Winkelmann) mortalités selon les formules utilisées avec prise en compte de la dispersion des cadavres dans le coefficient surfacique.

Figure 74 : Résultats des calculs du taux de mortalité 2022 des oiseaux par la seconde méthode de calcul

	Winkelmann	Erickson		Jones	Huso	Moyenne	Moyenne (Sans Winkelmann)
		adaptée	réelle				
Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi	45,92	31,32	31,40	42,67	36,31	37,52	35,42
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	7,65	5,22	5,23	7,11	6,05	6,25	5,90
Mortalité par éolienne et par mois	1,09	0,75	0,75	1,02	0,86	0,89	0,84
Mortalité par éolienne et pour une année	13,12	8,95	8,97	12,19	10,37	10,72	10,12
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	78,73	53,69	53,82	73,15	62,25	64,33	60,73

3.4.9.6 Calcul de la mortalité avec l'application EolApp

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

Figure 75 : Paramètres à renseigner dans l'application EolApp

Paramètres	Valeur
Intervalle de temps entre les passages	7,00
Nombre de peluches déposées pour l'étude de détection	20
Nombre de peluches découvertes pour l'étude de détection	12
Pourcentage de la surface prospectée	0,76

Figure 76 : 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	30,10	7,52	68,51	14,62	52,26
Huso	32,17	8,04	72,40	15,69	55,56
Winkelmann	300,75	65,44	809,72	112,78	631,58
Jones	43,85	10,96	102,10	21,15	77,50
Moyenne par éolienne	16,95	3,83	43,86	6,84	34,04
Moyenne par éolienne (sans Winkelmann)	5,90	1,47	13,50	2,86	10,30

En considérant les 3 modèles (sans Winkelmann), il y a **80%** de chance que le nombre réel d'oiseaux impactés se situe entre **2,86 et 10,30 cas de mortalité** par éolienne sur la période suivie. De même, il y a **95%** de chance que le nombre réel d'oiseaux impactés se situe entre **1,47 et 13,50 cas de mortalité** par éolienne sur la période suivie. La médiane est **5,90 mortalités par éolienne 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 **2,53 à 23,14 mortalités par éolienne et par an**. A un intervalle de confiance de **80%**, le résultat est de l'ordre de **4,90 à 17,65 mortalités par éolienne et par an**. La médiane est de **10,11 mortalités par éolienne et par an**.

Figure 77 : 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	53,72	14,90	122,81	26,08	94,69
Huso	57,37	15,99	129,63	27,85	100,32
Winkelmann	478,47	100,25	964,91	191,39	861,24
Jones	78,18	21,56	183,37	37,71	140,71
Moyenne par éolienne	27,82	6,36	58,36	11,79	49,87
Moyenne par éolienne (sans Winkelmann)	10,52	2,91	24,21	5,09	18,65

En considérant les 3 modèles, il y a **80%** de chance que le nombre réel d'oiseaux impactés se situe entre **5,09 et 18,65 cas de mortalité** par éolienne sur la période suivie. De même, il y a **95%** de chance que le nombre réel d'oiseaux impactés se situe entre **2,91 et 24,21 cas de mortalité** par éolienne sur la période suivie. La médiane est de **10,52 mortalités par éolienne 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 **5,00 à 41,51 mortalités par éolienne et par an**. A un intervalle de confiance de **80%**, le résultat est de l'ordre de **8,73 à 31,97 mortalités par éolienne et par an**. La **médiane** est de **18,03 mortalités par éolienne et par an**.

3.4.9.7 Calcul de mortalité avec l'application GenEst

L'application GenEst donne les résultats d'estimations de la mortalité réelle par éolienne suivants :

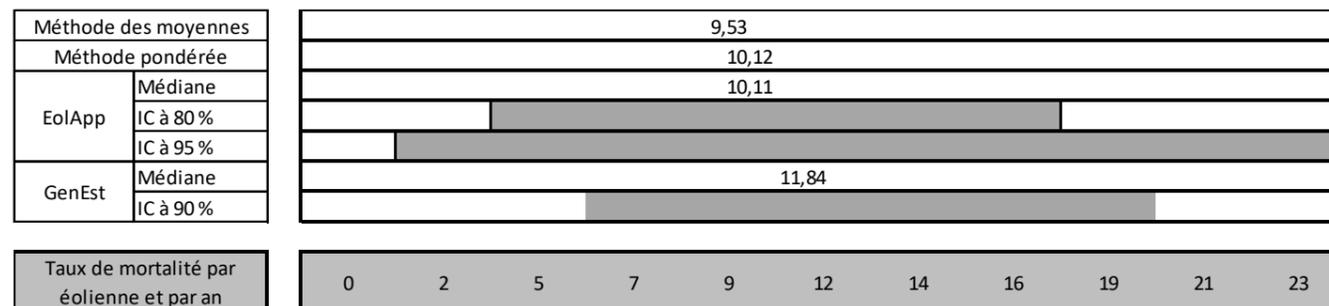
- La médiane est de : **11,84 oiseaux par éolienne et par an** ;
- L'intervalle de confiance à 90 % varie entre **6,72 cas/éolienne/an** et **19,97 cas/éolienne/an**.

3.4.9.8 Comparaison entre les différents calculs du taux de mortalité des oiseaux en 2022

Les différents taux de mortalité estimés sont comparables et compris dans les intervalles de confiance donnés par EolApp et GenEst.

Théoriquement, nous aboutissons à un résultat de l'ordre de **9 à 12 cas de mortalité par éolienne et par an, soit entre 54 et 72 mortalités par an pour le parc éolien d'Ids-Saint-Roch**.

Figure 78 : Comparatif des taux de mortalité calculés en 2022 et intervalles de confiance associés



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

4.1 Impact sur les chiroptères

4.1.1 Analyse quantitative et comparaisons avec d'autres parcs éoliens

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.

Ce taux de mortalité est calculé à partir de la mortalité relevée lors de la période de suivi allant du 6 avril au 28 octobre 2021, c'est-à-dire sur la quasi-totalité de la période d'activité des chauves-souris sur ce site, comme en témoignent les résultats de suivi d'activité à hauteur de la nacelle E1. Ce taux de mortalité caractérise donc bien ce qui se passe sur le site, pour la totalité de la période d'activité des chauves-souris, en termes de risque et niveau d'impact.

D'après les données disponibles actuellement en France mais aussi en Europe (voir tableaux suivants), cette estimation de la mortalité témoignerait d'une valeur de mortalité par éolienne et par an modérée vis-à-vis des chauves-souris. 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), Castelnaud 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.

En 2022, 4 cadavres ont été découverts durant la période de suivi de la mortalité, en période de régulation des machines. Ces derniers sont étalés dans le temps. L'estimation de la mortalité annuelle (environ 12 à 16 mortalités par éolienne et par an) n'atteint pas le seuil de surmortalités exceptionnellement haut des parcs les plus impactant.

Enfin, du point de vue quantitatif, l'impact du parc éolien d'Ids-Saint-Roch en 2022 peut être qualifié de modéré par rapport à d'autres parcs suivis en France ou en Europe.

Figure 79 : 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 milieu	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)
Castelnaud 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)
Castelnaud 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)
Castelnaud 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 80 : 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., 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	Traxler et al., 2004 in Brinkmann et al., 2006
Cantons de bern 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)	03/200 - 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

4.1.2 Analyse qualitative des impacts sur les chiroptères

➤ Définition des risques d'occurrence de la mortalité

L'appréciation des risques de l'exploitation du parc éolien se concentre sur ceux liés au fonctionnement des machines, c'est-à-dire la mortalité dans le voisinage des pales.

Pour chaque espèce impactée par les éoliennes, on peut évaluer l'intensité de son exposition au risque de mortalité sur le site à partir :

- Des données bibliographiques (base de données mortalité, éléments d'écologie liés aux comportements de vol) renseignant sur la sensibilité des espèces ;
- Des résultats du suivi d'activité en hauteur et du fonctionnement des éoliennes (tour-rotor) ;
- Des résultats du suivi de la mortalité.

Il s'agit ici de préciser la potentialité d'occurrence d'un risque de mortalité pour les espèces contactées en hauteur et retrouvées au sol.

Trois principaux niveaux de sensibilité à l'éolien sont définis sur la base des connaissances actuelles :

- Faible : pour les espèces pas ou très rarement impactées et pas ou très rarement contactées en altitude ;
- Modérée : pour les espèces impactées à un faible niveau, mais grégaires et effectuant des déplacements de type migratoire ;
- Forte : espèces de haut vol ou fréquemment retrouvées lors des suivis de mortalité.

La mortalité avérée sur le site est évaluée par le nombre de cadavres découverts sous les éoliennes.

Six modalités ont été retenues pour renseigner le niveau de fréquentation (risque local) des espèces recensées lors du suivi automatisé en hauteur :

- Négligeable : espèce non identifiée précisément sur le site ou non présente ;
- Très faible : quelques contacts ponctuels ;
- Faible : plusieurs contacts ponctuels réparties sur plusieurs périodes de l'année ;
- Faible à modéré : activité récurrente répartie sur plusieurs périodes de l'année ;
- Modéré : activité récurrente répartie sur plusieurs périodes de l'année, avec un niveau d'activité moyen modéré ;
- Modéré à fort : activité récurrente répartie sur plusieurs périodes de l'année, responsable de pics d'activité en hauteur et avec un niveau d'activité moyen modéré à fort.

Les mêmes modalités ont été employées pour définir les niveaux d'activité à risque, c'est-à-dire l'activité qui est relevée lorsque les pales tournent (tour rotor > 0).

Cette évaluation du risque d'occurrence de mortalité sur le site se base sur le nombre de cadavres découverts sous les éoliennes, le niveau d'activité relevé en hauteur et la sensibilité théorique de chaque espèce à l'éolien.

Etant donné, la prédation existant (d'un niveau modéré) sur le site et la possibilité que des cadavres n'aient pas été retrouvés par le découvreur, le nombre d'individus réellement tués est certainement supérieur.

Figure 81 : Niveau d'intensité des risques de mortalité (en vert, les espèces identifiées certitude via le suivi d'activité en hauteur et/ou le suivi de la mortalité au sol)

Espèce	Nom scientifique	Niveau de fréquentation en hauteur	Niveau d'activité à risque	Sensibilité théorique vis-à-vis de l'éolien	Mortalité brute découverte en 2022	Risque d'occurrence de mortalité
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Modéré à fort	Faible à modéré	Forte	2	Modéré à Fort
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Modéré à fort	Faible	Forte	2	Modéré
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Faible	Très faible	Forte		Faible à modéré
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Faible à modéré	Faible	Modérée à forte		Faible à modéré
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Faible à modéré	Négligeable	Forte		Faible à modéré
Grande Noctule	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Négligeable	Négligeable	Forte		Faible
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Négligeable	Négligeable	Forte		Faible
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Négligeable	Négligeable	Modérée à forte		Très faible
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Négligeable	Négligeable	Modérée		Très faible
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Négligeable	Négligeable	Modérée		Très faible

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

Les niveaux d'impact théoriques attendus sont obtenus en croisant proportionnellement leur intensité (risque d'occurrence) avec le niveau de patrimonialité. Leur définition se base sur le tableau suivant.

Figure 82 : Grille de calcul des niveaux de risques d'impacts éoliens pour les chauves-souris (inspiré du protocole SER/SFEPM 2010)

	Très faible	Faible	Faible à modéré	Modéré	Modéré à fort	Fort	Très Fort
Très faible	Très faible	Très faible	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré
Faible	Très faible	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré
Faible à modéré	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort
Modéré	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort
Modéré à fort	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort
Fort	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort
Très Fort	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort	Très Fort

Figure 83 : Evaluation des impacts du parc éolien de Ids-Saint-Roch sur les chauves-souris (en vert les espèces identifiées avec certitude via le suivi d'activité en hauteur et/ou le suivi de la mortalité au sol)

Espèce	Nom scientifique	Niveau de patrimonialité	Risque d'occurrence	Niveau d'impact théorique
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Modéré à fort	Modéré à fort	Modéré à fort
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Modéré à fort	Modéré	Modéré
Grande Noctule	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Fort	Faible	Modéré
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Modéré	Faible à modéré	Faible à modéré
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Modéré	Faible à modéré	Faible à modéré
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Modéré	Très faible	Faible
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Faible	Faible	Faible
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Faible à modéré	Très faible	Faible
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Très faible	Faible à modéré	Faible
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Faible à modéré	Très faible	Faible

Finalement, l'espèce ayant des impacts théoriques les plus importants (modéré à fort) correspond à une espèce très patrimoniale et sensible à l'éolien : la **Noctule commune**. Elle est suivie de la Noctule de Leisler et la Grande noctule, puis de la Pipistrelle commune et de la Pipistrelle de Nathusius. Les autres espèces ont un niveau d'impact faible.

De ce fait, le niveau d'impact théorique, d'un point de vue qualitatif, du parc éolien de Ids-Saint-Roch est qualifié de modéré à fort au maximum, et ce pour une des 2 espèces de noctules impactées en 2022.

4.2 Impact sur l'avifaune

4.2.1 Analyse quantitative et comparaisons avec d'autres parcs éoliens

Théoriquement, nous aboutissons à un résultat de l'ordre de 9 à 12 cas de mortalité par éolienne et par an, soit entre 54 et 72 mortalités par an pour le parc éolien d'Ids-Saint-Roch.

Ces taux sont jugés « faibles à 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.

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.

Enfin, du point de vue quantitatif, l'impact du parc éolien de Ids-Saint-Roch peut être qualifié de « faible à modéré » par rapport à d'autres parcs suivis en France ou en Europe.

4.2.2 Analyse qualitative des impacts sur l'avifaune

7 espèces d'oiseaux ont été impactées, il s'agit de l'Alouette lulu, de la Buse variable, de l'Epervier d'Europe, du Gobemouche noir, d'un Phasianidae sp (Faisan possible), du Pigeon ramier et de la Poule domestique. Comme vu précédemment pour les chiroptères, nous proposons par la suite une évaluation de l'impact du parc en place sur ces espèces au regard des mortalités constatées, mais aussi en se prenant en compte leur valeur patrimoniale.

L'Alouette lulu, la Buse variable, l'Epervier d'Europe et le Gobemouche noir sont des espèces protégées en France.

L'Alouette lulu fait partie des espèces modérément sensibles à l'éolien. Il correspond à la 31^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2022, 122 cas de mortalité). Un cadavre a été retrouvé le 31 mai 2022 sous l'éolienne E5. Sa date de mortalité est estimée au 28 mai 2022. A cette période de l'année, il s'agit très probablement d'un individu nicheur. Cette espèce est protégée, est inscrite à l'annexe O.1 de l'Union Européenne mais ses statuts de conservation sont favorables à l'échelle nationale et régionale. L'Alouette lulu est classé en préoccupation mineure. Au niveau global, ses effectifs sont en augmentation. Ainsi, nous estimons un impact théorique "faible à modéré" du parc éolien sur cette espèce.

La Buse variable fait partie des espèces sensibles à l'éolien. Il correspond à la 3^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2022, 957 cas de mortalité). Deux cadavres ont été retrouvés sur le parc éolien de

Ids-Saint-Roch. Le premier a été découvert le 21 avril 2022 sous l'éolienne E1 et le deuxième cadavre a été retrouvé sous l'éolienne E4 le 16 juin 2022. A cette période de l'année, il s'agit très probablement de deux individus nicheurs. Cette espèce est protégée, et ses statuts de conservation sont favorables à l'échelle nationale et locale (Préoccupation mineure en France et en région Centre). Ses effectifs sont en augmentation au niveau global. Ainsi, nous estimons un impact théorique "faible à modéré" du parc éolien sur cette espèce.

L'Epervier d'Europe fait partie des espèces peu sensibles à l'éolien. Il correspond à la 43^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2022, 81 cas de mortalité). Un cadavre a été retrouvé le 22 juin sous l'éolienne E6. Il peut s'agir très certainement d'un individu nicheur. Cette espèce est protégée, mais ses statuts de conservation ne sont pas défavorables à l'échelle nationale et régionale (classée préoccupation mineure sur la liste rouge nationale et région Centre). Au niveau global, ses effectifs sont stables. Ainsi, nous estimons un impact théorique "faible" du parc éolien sur cette espèce.

Le Gobemouche noir fait partie des espèces peu sensibles à l'éolien. Il correspond à la 40^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2022, 89 cas de mortalité). Un cadavre a été découvert le 10 août 2022 sous l'éolienne E4. Il s'agit très probablement d'un individu migrateur. Cette espèce est protégée, et ses statuts de conservation sont défavorables à l'échelle nationale et régionale (classée Vulnérable en France et En Danger en Région Centre). Ainsi, nous estimons un impact théorique "faible" du parc éolien sur cette espèce.

Le Pigeon ramier fait partie des espèces régulièrement impactées par l'éolien. Elle correspond à la 15^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2022, 279 cas de mortalité). Une plumée a été retrouvée le 31 mai 2022 sous l'éolienne E5. Il s'agit très certainement d'un individu nicheur. Le Pigeon ramier est considéré comme nuisible en France. Ses statuts de conservation ne sont pas préoccupants (préoccupation mineure en France et en région Centre). De plus, à l'échelle globale, ses effectifs sont en augmentation. Ainsi, nous estimons un impact théorique "très faible" du parc éolien sur cette espèce.

Pour la Poule domestique et le Phasianidae (Faisan possible), il est très probable que les mortalités ne soient pas liées au fonctionnement du parc. Le niveau d'impact est non évalué.

Enfin, l'impact théorique sur les populations locales varie de « faible » à « faible à modéré » selon les espèces d'oiseaux. Les impacts en 2022 semblent concerner principalement des espèces nicheuses.

5 EVALUATION DE L'EFFICACITE DE LA MESURE DE REGULATION

5.1 Rappel du pattern de régulation

En 2022, le pattern de régulation devait se traduire par un arrêt automatique des éoliennes lorsque les conditions suivantes étaient réunies :

Figure 84 : Extrait du suivi post-implantation réalisé par Ecosphère, en 2021. Mesure de bridage préconisée et appliquée, en 2022, sur le parc éolien Ids-Saint-Roch

(gris : faible ; jaune = moyen ; rouge = fort ; marron = très fort)

	Bridage à appliquer
Avril	4 m/s 8°C 9h30 après le coucher du soleil Protection estimée : 60%, dont 66% de sérotules (soit 25 contacts, dont 25 sérotules)
Mai	4,5 m/s 8°C 8h30 après le coucher du soleil Protection estimée : 56%, dont 44% de sérotules (soit 24 contacts, dont 15 sérotules)
Juin	3 m/s - Nuit complète (entre 8h et 8h30 après le coucher du soleil) Protection estimée : 76%, dont 81% de sérotules (soit 246 contacts, dont 139 sérotules)
Juillet	5,5 m/s 15°C Nuit complète (entre 8h et 9h après le coucher du soleil) Protection estimée : 91%, dont 90% de sérotules (soit 462 contacts, dont 408 sérotules)
Août	6 m/s 12°C Nuit complète (entre 9h et 10h30 après le coucher du soleil) Protection estimée : 98%, dont 98% de sérotules (soit 8220 contacts, dont 6958 sérotules)
Septembre	6,5 m/s 12°C Nuit complète (entre 10h30 et 12h30 après le coucher du soleil) Protection estimée : 96%, dont 95% de sérotules (soit 2302 contacts, dont 1732 sérotules)
Octobre	5 m/s 10°C 12h30 après le coucher du soleil Protection estimée : 57%, dont 30% de sérotules (soit 48 contacts, dont 14 sérotules)

5.2 Confrontation entre les résultats du suivi de la mortalité et du suivi d'activité avec la période de régulation des machines

Le graphique de la page suivante permet une analyse comparée de la date de mortalité estimée des chauves-souris retrouvées en 2022 et de la chronologie d'activité à risque, enregistrée au niveau du module Batcorder autonome de l'éoliennes E1 lorsque les pales tournent (tour rotor > 0). En effet, seule l'activité des chiroptères enregistrée lorsque les pales des éoliennes tournent (tour rotor/minute > 0) est prise en compte dans cette figure.

Cette comparaison repose sur les dates de mortalité de découverte. Il s'agit donc plutôt de comparer grossièrement le cas de mortalité relevé au sol avec l'activité à risque relevée en nacelle, sur une période précédant la découverte (quelques jours) et non sur une date très précise.

Deux cadavres ont été retrouvés sous l'éolienne E6, un sous l'éolienne E2 et un sous l'éolienne E3, non équipées d'un enregistreur. En extrapolant les résultats de suivi acoustique effectué en nacelle de E1, il est possible d'émettre une corrélation entre les cadavres retrouvés, le 22 juin sous E6 et le 13 juillet sous E2. Une activité élevée d'espèces de vol haut a été relevée en nacelle d'éolienne E1, les nuits précédant les découvertes.

Aucun cadavre n'est lié au pic d'activité relevé le 11 octobre. Pour cette nuit particulière, aucune activité à risque n'est relevée le 11 octobre. Toute l'activité chiroptérologique relevée au cours de cette nuit a été protégée par la régulation en vigueur sur le parc.

A noter qu'en novembre, il n'est pas possible de savoir si des individus ont été impactés au cours de la nuit du 10 novembre (niveau d'activité relevé faible) car le suivi de mortalité n'était plus effectif (fin du suivi fin octobre).

D'après la figure page suivante, cinq nuits d'activité à risque se caractérisent par un niveau d'activité modéré. Il s'agit de la nuit du 06 mai, du 10 et 15 juin (découverte de deux mortalités de Noctule commune le 22 juin), du 12 juillet (découverte d'un cas de mortalité de Noctule de Leisler le 13 juillet) et du 27 août 2022.

Compte tenu des différents biais liés au suivi mortalité, il est possible que des individus aient été impactés sans qu'ils n'aient été découverts lors des prospections. En effet, la détection est assez faible sur ce site (d = 0.20), la prédation est assez importante sur le site (disparition des cadavres en 2-3 jours) et peut faire disparaître un cadavre avant que le prospecteur vienne sur le site (intervalle moyen entre 2 visites de près de 7 jours).

Dans le cas présent, soit ces nuits d'activité à risque plus importante n'ont pas entraîné de mortalités des chiroptères, soit elles ont entraîné des mortalités sans qu'elles soient retrouvées au sol (biais de détection et de prédation).

En 2021, les périodes à risque, identifiées par Ecosphère, étaient surtout concentrées sur la période estivale et début de la période automnale.

Enfin, les cas de **mortalité retrouvés en 2022** sous les éoliennes sont bien **corrélés avec une activité à risque en nacelle d'éolienne**. Ce premier élément suppose que le **bridage n'est pas suffisant** sur cette période de mortalité, ou bien que les **conditions de vol** des chauves-souris ont **changé entre les 2 années de suivi**, d'où un **pattern de régulation légèrement sous dimensionné** sur cette plage de temps.

5.3 Données brutes et mortalités estimées

- Analyse des données brutes de mortalité (2022)

Sur la période du 06 avril au 28 octobre 2022, 04 cas de mortalité ont été découverts, contre 22 cas de mortalité, en 2021 (Ecosphère 2021). La mortalité retrouvée a donc fortement diminué entre les 2 années de suivi.

En termes de cortège d'espèces impactées, la mortalité des pipistrelles a fortement réduit entre les 2 années de suivi (13 pipistrelles retrouvées en 2021, aucune en 2022). La régulation semble avoir permis de maîtriser les risques de mortalité pour ce groupe d'espèces. Pour le groupe des noctules, la mortalité a aussi été réduite (9 cas en 2021 contre 4 en 2022), mais reste récurrente. La régulation a permis de réduire les risques sur ce groupe de vol, mais ils ne sont pas encore maîtrisés.

Les cas de mortalité relevés en 2022 sont concentrés principalement au mois de juin (2 cas) puis s'étendent dans le temps (1 cas en juillet et 1 cas en octobre).

Ces cas ne correspondent pas toujours à une activité à risque importante en hauteur tel que le cas de mortalité de Noctule de Leisler du 04 octobre 2022. Celui-ci ne peut être associée à aucune activité sur l'éolienne E1. Il faut noter que les éoliennes E1 et E6 correspondent aux extrêmes du parc éolien, il est donc possible que l'activité puisse être drastiquement différente au vu de la distance qui sépare ces deux éoliennes.

Les autres cas de mortalité, bien que sous des éoliennes différentes que l'éolienne suivie acoustiquement, semblent être liés à une activité à risque, au maximum d'un niveau modéré sur l'éolienne E1. Il est donc possible que cette activité ait été plus élevée sur les autres éoliennes.

En 2021, les cas de mortalité étaient répartis sur toute période de suivi. De nombreux cas ont été trouvés en août corrélés à une activité à hauteur de nacelle très élevée et régulière.

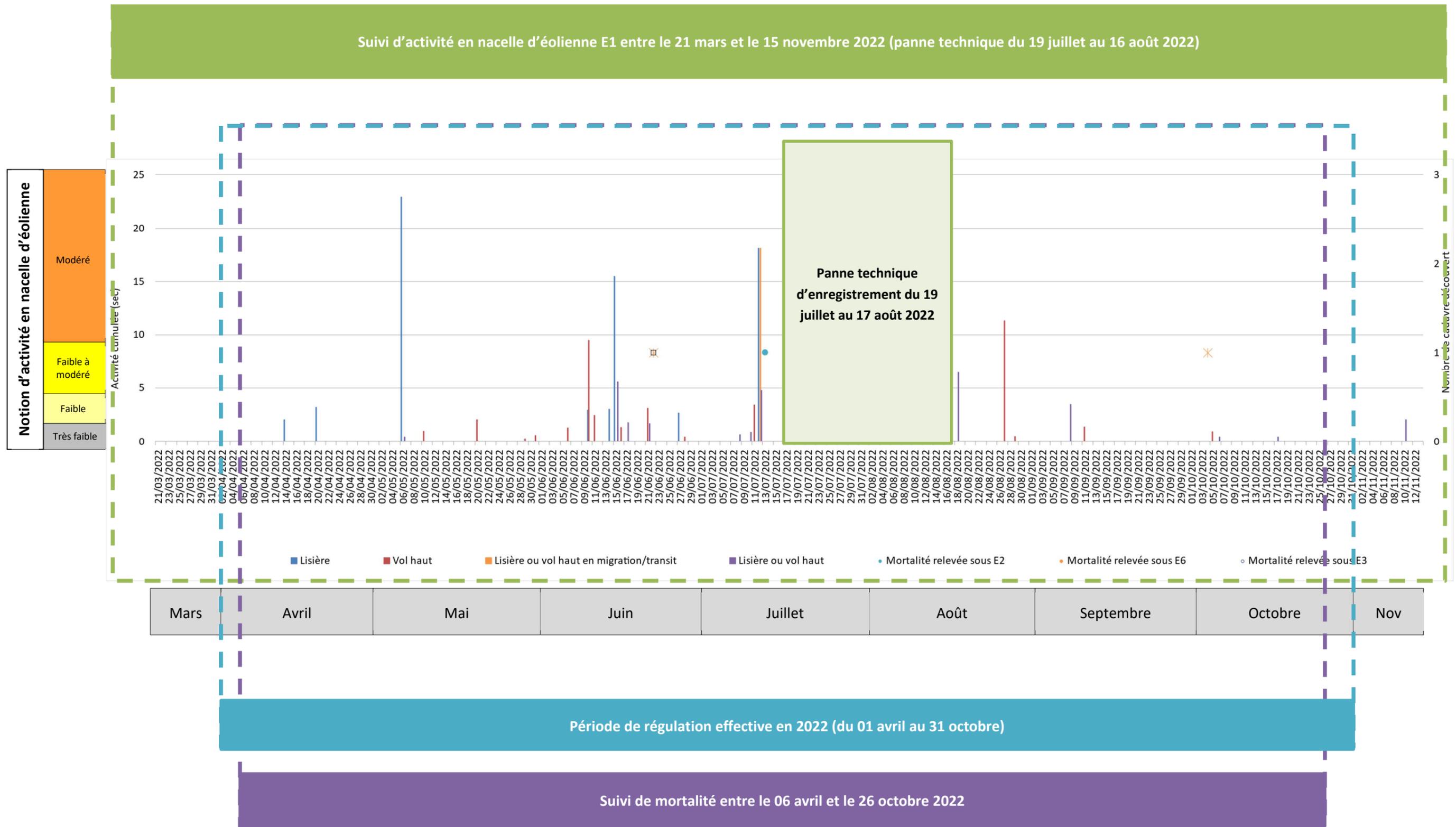
Il faut rappeler que le mois d'août n'a pas été pu être suivi entièrement, en 2022, du fait d'une panne technique de l'enregistreur passif. Cependant, aucun cadavre n'a été retrouvé sur cette période mais cela n'atteste pas d'une absence réelle de mortalité.

- Analyse des taux de mortalité estimés pour les chiroptères

En 2021, le taux de mortalité estimé par Ecosphère était de 104 à 276 chiroptères par an sur le parc éolien de Ids-Saint-Roch. En 2022, le taux de mortalité calculé entre 66 et 84 cas par an pour le parc entier.

Il y a donc une réelle diminution de la mortalité entre ces deux années.

Figure 85 : Chronologie de l'activité chiroptérologique réellement à risque en nacelle d'éolienne E1 (tour rotor > 0) et de la mortalité constatée en 2022



5.4 Vérification du dimensionnement de la 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 2022.

Pour rappel, le suivi d'activité s'est étalé sur les périodes du 21 mars au 19 juillet 2022 et du 17 août au 15 novembre 2022. En effet, le matériel a rencontré des **problèmes techniques sur la période du 19 juillet au 17 août**. Pour autant, **aucun cadavre de chiroptères n'a été retrouvé sous les éoliennes au cours de cette période**. Nous verrons plus bas qu'à cette période de l'année, la régulation était bien fonctionnelle. Il est donc supposé que **la régulation fût efficace à cette période de l'année**.

➤ Concernant la plage de fonctionnement des mesures de régulation

D'après les profils d'activité relevée en hauteur en 2022, les chauves-souris ont été actives essentiellement de mi-avril à mi-octobre avec les derniers contacts enregistrés le 13 novembre pour l'éolienne E1.

En 2020, les chauves-souris étaient actives dès le mois de mars et jusqu'au 10 novembre.

La plage de fonctionnement des mesures de régulation est jugée pertinente, sur la base des données d'activité de 2022.

➤ Concernant le seuil de vitesse du vent

En 2022, l'analyse menée au paragraphe 2.3.4 Influence de la vitesse du vent page 30 a pu mettre en évidence que l'activité des espèces de lisières a été relevée jusqu'à des vitesses de vent de 6 m/s sur la nacelle E1. Pour les espèces de haut vol, l'activité a été relevée jusqu'à des vitesses de vent de 9,5 m/s.

Le tableau ci-après (cf. Figure 86) permet de visualiser les conditions de protections sur le seul critère de la vitesse de vent sur la base de la régulation mise en place. Globalement, la protection semble suffisante sur la majorité de l'année.

Deux mois, juin et juillet, ressortent avec un seuil de bridage de vitesses de vent insuffisant. Le mois de juin est couvert par un seuil de 3 m/s. Ce seuil n'a permis de couvrir que 64% de l'activité chiroptérologique totale relevée, en 2022, sur la nacelle E1, dont 43 % de l'activité des espèces de haut vol. Cela signifie que 35 % de l'activité des chiroptères n'a pas été couverte par la régulation, dont 56% de l'activité d'espèce de vol haut et à, ainsi, représenter un risque de mortalité. Le mois de juillet est couvert par un seuil de 5,5 m/s qui ne semblent pas suffisant notamment pour les espèces de haut vol. Il faut noter que 33 % de l'activité des espèces de haut vol a présenté un risque de mortalité en 2022.

Ces observations semblent cohérentes avec la mortalité relevée. Pour rappel, deux cas de mortalité de Noctule commune ont été relevés, en juin. Les nuits précédentes les jours de découverte font état de nuits d'activité chiroptérologique qui ont lieu par des vitesses de vent comprises entre 3,5 et 4 m/s. Ces deux mortalités pourraient être expliquées par un seuil de bridage insuffisant. Concernant, le cas de mortalité de Noctule de Leisler constaté en juillet, les nuits précédentes semblent également suivre la même hypothèse d'un seuil de bridage insuffisant. En effet, les nuits d'activité chiroptérologique

(notamment l'activité des sérotules et de la Noctule de Leisler) ont été relevées par des vitesses de vent comprises entre 5,7 et 5,9 m/s.

Figure 86 : Tableau récapitulatif de l'activité relevée en fonction du bridage appliqué et de l'activité qui a été à risque, en 2022

Bridage appliqué		Activité de lisière enregistrée par des vitesses de vent égales ou inférieures au bridage appliqué	Activité de haut vol enregistrée par des vitesses de vent égales ou inférieures au bridage appliqué	Activité totale relevée enregistrée par des vitesses de vent égales ou inférieures au bridage appliqué	Activité à risque estimée sur la base de l'activité 2022
Avril	4 m/s	89 % (69s) par 4 m/s 1,5- 4,5 m/s	94 % (9s) par 4 m/s 2 - 4,5 m/s	90 % (81s) par 4 m/s 1,5- 4,5 m/s	10 % (8 s) d'espèces de lisière 6 % (0,5 s) d'espèces vol haut 9,8 % (8,85 s) de l'activité totale
Mai	4,5 m/s	100 % (346s) par 4,5 m/s 1,5- 4,5 m/s	79 % (42s) par 4,5 m/s 1,5- 6,5 m/s	97 % (408s) par 4,5 m/s 1,5- 6,5 m/s	20 % (11 s) d'espèces de vol haut de vol haut 2 % (10 s) de l'activité totale
Juin	3 m/s	76 % (70s) par 3 m/s 0,5- 5 m/s	43 % (11 s) par 3 m/s 2,5- 6 m/s	64 % (82 s) par 3 m/s 0,5- 9,5 m/s	23,9 % (22 s) d'espèces de lisière 56 % (14 s) d'espèces vol haut 35 % (44 s) de l'activité totale
Juillet	5,5 m/s	100 % (93s) par 5,5 m/s 0,5- 5 m/s	66 % (33s) par 5,5 m/s 1 - 8,5 m/s	69 % (136s) par 5,5 m/s 1- 8,5 m/s	33 % (16 s) d'espèces de vol haut 30 % (59 s) de l'activité totale
Août	6 m/s	100 % (23s) par 6 m/s 3 - 5 m/s	91 % (384s) par 6 m/s 2- 7,5 m/s	91 % (484s) par 6 m/s 1- 8,5 m/s	8 % (37 s) d'espèces de vol haut 8 % (47 s) de l'activité totale
Septembre	6,5 m/s	100 % (42s) par 6,5 m/s 2,5- 6,5 m/s	97 % (52s) par 6,5 m/s 2,5- 9 m/s	75 % (112s) par 6,5 m/s 2- 9,5 m/s	2 % (1,4 s) d'espèces de vol haut 24 % (37 s) de l'activité totale
Octobre	5 m/s	100 % (1647s) par 5 m/s 1 - 5 m/s	98 % (82s) par 5 m/s 1,5- 5,5 m/s	99 % (1754s) par 5 m/s 1- 5,5 m/s	1 % (1 s) d'espèces de vol haut 0,05 % (1 s) de l'activité totale
Novembre	-				100 % (5 s) d'espèces de lisière 100 % (7 s) de l'activité totale

En conclusion, les seuils de vitesse de vent du bridage semblent insuffisants pour les mois de juin et de juillet. Ils sont donc à revoir.

➤ Concernant le seuil de température

A propos de la température, l'analyse menée au paragraphe 2.3.6 Influence de la température page 32 a pu mettre en évidence qu'en pourcentage d'activité, plus de 95% de l'activité des chauves-souris s'effectue pour des températures supérieures à 13°C en nacelle d'éolienne E1.

En 2020 (cf. Ecosphère -2021), 96% de l'activité des chauves-souris a été relevée pour des températures supérieures à 16°C. La température minimale relevée était de 07°C.

Le tableau ci-après (cf. Figure 87) permet de visualiser les conditions de protections sur le seul critère de la température sur la base de la régulation mise en place. **Globalement, la protection semble suffisante sur la majorité de l'année.**

Figure 87 : Tableau récapitulatif de l'activité relevée en fonction du bridage appliqué (critère de température) et de l'activité qui a été à risque, en 2022

Bridage appliqué		Activité d'espèces de lisière enregistrée par des températures supérieures / égales au bridage appliqué	Activité d'espèces de haut vol enregistrée par des températures supérieures / égales au bridage appliqué	Activité totale relevée enregistrée par des températures supérieures égales au bridage appliqué	Activité à risque estimée sur la base de l'activité 2022
Avril	8°C	100 % (78s) 12 - 18 °C	100 % (9,5s) 13 - 16 °C	100 % (90s) 12- 18 °C	-
Mai	8°C	100 % (346s) 12 - 25 °C	100 % (51s) 12 - 27 °C	100 % (418s) 12 - 27 °C	-
Juin	Pas de critère température	100 % (90s) 18 - 29 °C	100 % (29s) 16 - 27 °C	100 % (128s) 16 - 29 °C	-
Juillet	15°C	100 % (98s) 18 - 29 °C	100 % (41s) 18 - 29 °C	100 % (196s) 18 - 29 °C	-
Août	12°C	100 % (23s) 20 - 26 °C	100 % (421s) 16 - 29 °C	100 % (531s) 16 - 29 °C	-
Septembre	12°C	100 % (42s) 19 - 25 °C	97 % (53,4s) 0 - 27 °C	98 % (148s) 0 - 27 °C	2,7 % (1,5 s) d'espèces de vol haut 1 % (1,5 s) de l'activité total
Octobre	10°C	100 % (1647s) 12 - 24 °C	93 % (41 s) 0 - 24 °C	99 % (1755s) 0 - 24 °C	7 % (3 s) d'espèces de vol haut 0,3 % (4 s) de l'activité total
Novembre	-				100 % (5 s) d'espèces de lisière 100 % (7 s) de l'activité total

➤ **Concernant les horaires de fonctionnement au cours de la nuit**

D'après l'analyse menée au paragraphe 2.3.7 Rythme d'activité nocturne page 33, 98% de l'activité des chiroptères a été enregistrée entre 30-45 min après le coucher du soleil et 1h-2h avant le lever du soleil.

En 2020 (cf. Ecopshère-2021), 86% de l'activité a été relevée entre 30 minutes avant le coucher du soleil et 7h après le coucher du soleil.

Le tableau ci-après (cf. Figure 88 Figure 86) permet de visualiser les conditions de protections sur le seul critère des horaires de mise en place. Globalement, la protection semble suffisante sur la majorité de l'année.

Il faut noter qu'en octobre, les espèces de vol haut semblent démontrer une fréquentation du parc qui est bien répartie tout au long de la nuit. **Il serait ainsi judicieux de revoir ce critère pour ce mois-là afin de l'élever et ainsi de couvrir la nuit complète.**

Figure 88 : Tableau récapitulatif de l'activité relevée en fonction du bridage appliqué (critère horaire) et de l'activité qui a été à risque, en 2022

Bridage appliqué		Activité d'espèces de lisière enregistrée par les conditions de bridage étudiées	Activité de haut vol enregistrée par les conditions de bridage étudiées	Activité totale relevée enregistrée par les conditions de bridage étudiées	Activité à risque estimée sur la base de l'activité 2022
Avril	9h30 après le coucher du soleil	100 % (78s) 1h après le coucher - 3h avant le lever	100 % (9,5s) 1h après le coucher - 4h avant le lever	100 % (90s) 1h après le coucher - 3h avant le lever	-
Mai	8h30 après le coucher du soleil	100 % (346s) 30 min après le coucher - 3h avant le lever	100 % (51s) 30 min après le coucher - 2h avant le lever	100 % (418s) 30 min après le coucher - 1h avant le lever	-
Juin	Nuit complète	100 % (90s) 30 min après le coucher - 45 min avant le lever	100 % (25 s) 30 min après le coucher - 2 h avant le lever	100 % (128 s) 30 min après le coucher - 45 min avant le lever	-
Juillet	Nuit complète	100 % (98s) 30 min après le coucher - 1h avant le lever	100 % (41s) 30 min après le coucher - 3h avant le lever	100 % (196s) 30 min après le coucher - 1h avant le lever	-
Août	Nuit complète	100 % (23s) 45 min après le coucher - 4h avant le lever	100 % (421s) 15 min après le coucher - 45 min avant le lever	100 % (531s) 15 min après le coucher - 45 min avant le lever	-
Septembre	Nuit complète	100 % (42s) 1h après le coucher - 4h avant le lever	100 % (55s) 15 min après le coucher - 45 min avant le lever	100 % (150s) 15 min après le coucher - 45 min avant le lever	-
Octobre	12h30 après le coucher du soleil	99 % (1645s) 15 min après le coucher - 45 min avant le lever	99 % (44 s) du coucher - 30 min avant le lever	99 % (1756s) du coucher - 30 min avant le lever	1 % (2s) de lisière 1 % (1 s) de vol haut 1 % (3 s) de l'activité total
Novembre	-				100 % (5 s) de lisière 100 % (7 s) de l'activité total

5.5 Vérification de l'implantation du pattern de régulation en machine

Sur la base des données d'activité des chauves-souris et des données météorologiques relevées en nacelle d'éolienne E1, en 2022, il est possible de simuler l'activité qui devait être à risque sur la base des paramètres de régulation.

- L'activité chiroptérologique qui a réellement été à risque, c'est-à-dire l'activité chiroptérologique relevée lorsque les pales d'éoliennes tournent (tour rotor > 0),
- De l'activité chiroptérologique qui aurait dû être à risque, c'est-à-dire l'activité qui a été enregistrée lorsque les conditions climatiques, les dates et les heures devaient entraîner une régulation des machines.

Les graphiques suivants (Figure 89 page 82) permettent une comparaison visuelle simple de ces types d'activité. Globalement, les graphiques semblent similaires. Sur les mêmes nuits d'activité, lorsque l'activité à risque réellement à risque est plus élevée que l'activité théoriquement à risque, cela montre un défaut de mise en place de la régulation. A l'inverse, lorsque sur une même nuit, l'activité réellement à risque est moins élevée que l'activité théoriquement à risque, cela signifie que les critères de bridages n'étaient pas réunis et que l'éolienne aurait dû être en fonctionnement, or elle a présenté un tour rotor égal proche de 0.

La nuit du 06 mai apparaît comme très différente entre les deux graphiques. L'activité qui a eu lieu cette nuit aurait dû être couverte par la régulation puisque l'activité des chiroptères a eu lieu à 23h00 (GMT) par une vitesse de vent comprises en 2,5 et 4,45 m/s. Ici, cela met en évidence un temps d'inertie d'arrêt de la machine. Il faut rappeler que les données de l'éolienne relevées sont compilées sur des pas de temps de 10min. Ainsi, à 23h10 (GMT), la machine apparaît comme arrêtée.

Lors des nuits du 12 juillet, 27 août, 08 septembre, il est également possible de constater des différences entre les graphiques. Cela illustre encore des temps d'inertie d'arrêt et de redémarrage de la machine.

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 horaire de fonctionnement) et de fonctionnement de la machine (tour rotor). Cette application se nomme Probat Inspector (© OekoFor GbR ; <https://oekofor.shinyapps.io/probat-inspector/>). Les sorties obtenues sont disponibles à la Figure 90 page 83 et indiquent que dans **87,4 % du temps le bridage demandé a fonctionné correctement** ; que dans 0,2% des cas l'éolienne était en fonctionnement alors que les conditions de bridages étaient réunies ; et que dans 7,2 % des cas les conditions étaient réunies pour le lancement du bridage (ce type de cas est représenté par des carrés oranges et doit être suivi de carrés verts logiquement qui démontre la bonne mise en place de la régulation).

Figure 89 : Activité réellement à risque (tour rotor > 0) constatée en 2022 et activité théoriquement à risque avec le pattern de régulation préconisé en 2021

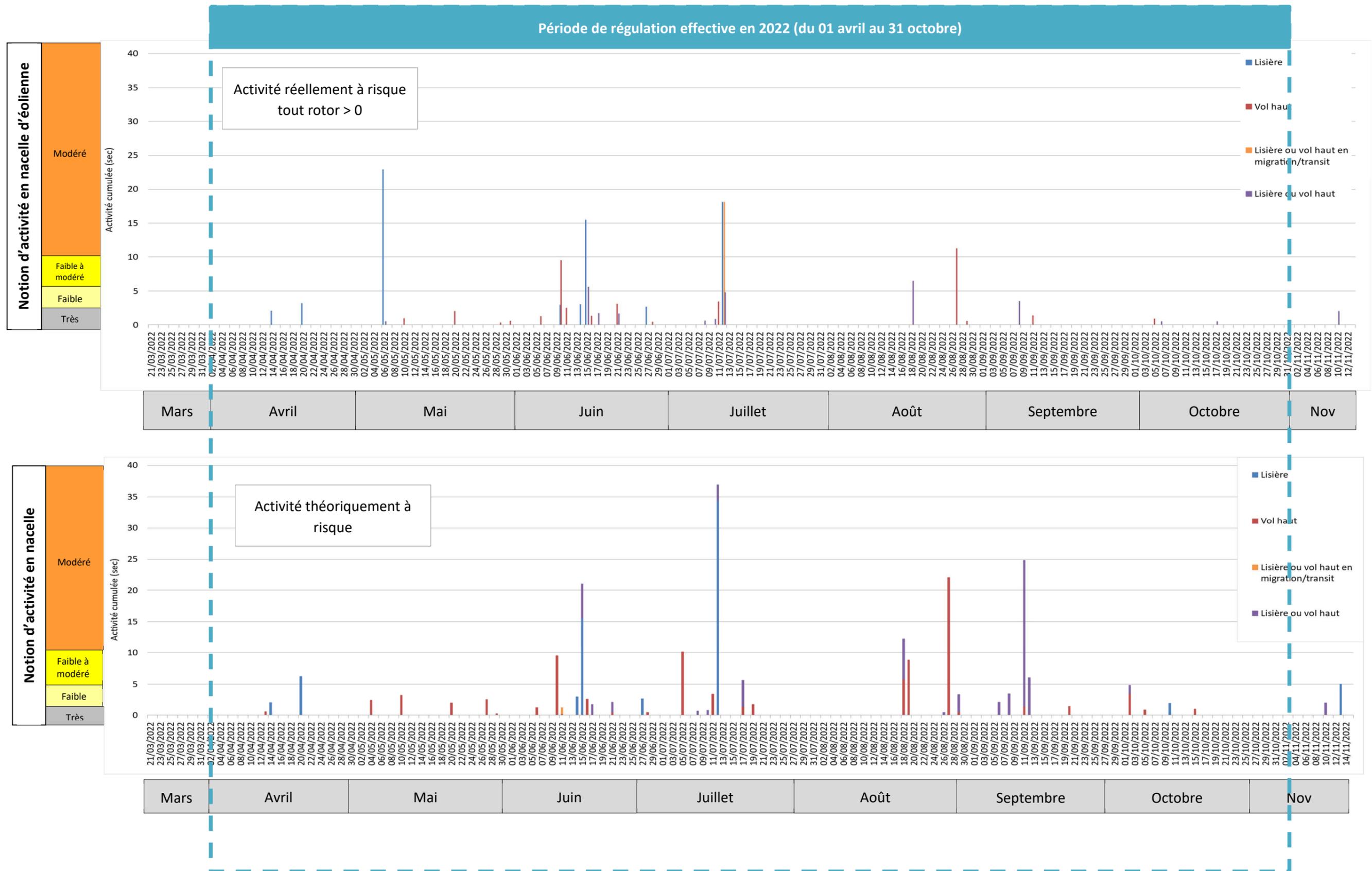
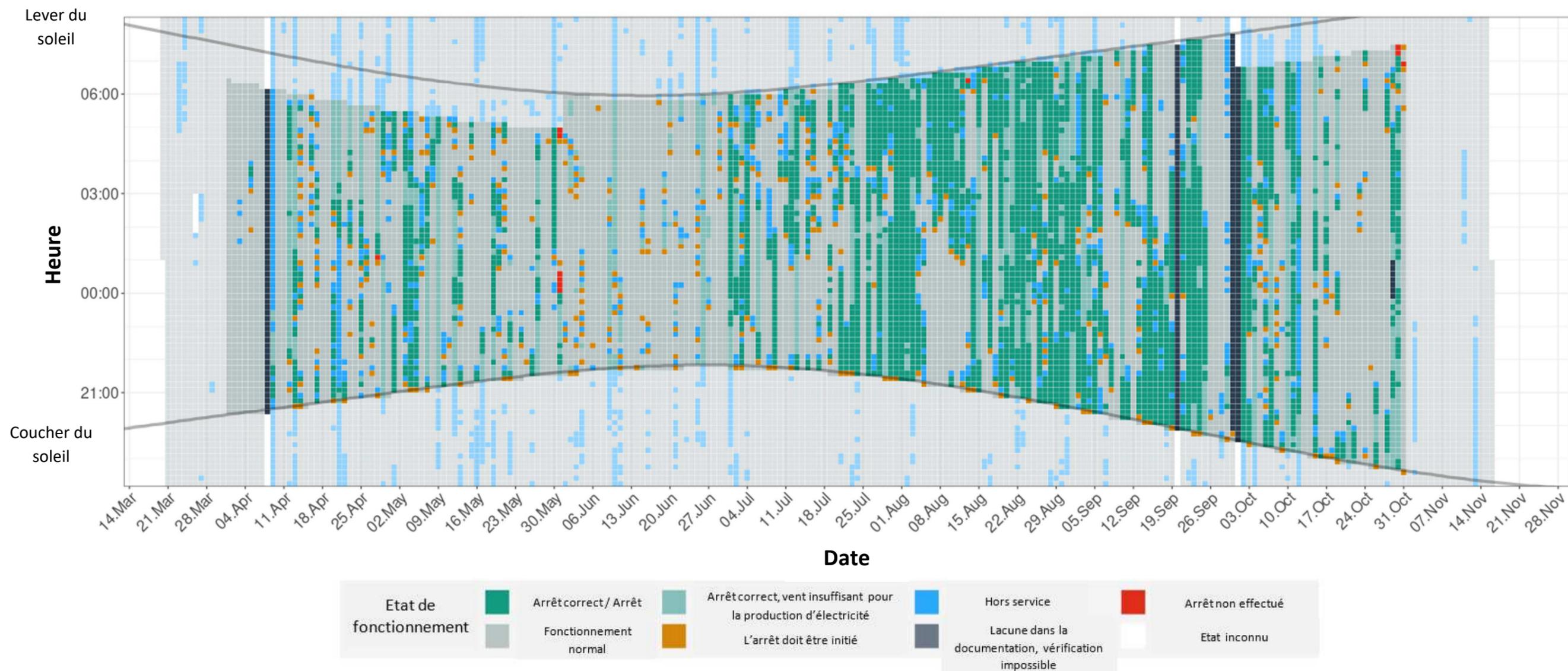


Figure 90 : Résultats fournis par l'application web Probat inspector (© OekoFor GbR ; <https://oekofor.shinyapps.io/probat-inspector/>)



Graphique de vérification de l'arrêt de l'éolienne E1, en 2022.

Sur les 12 391 intervalles de 10 minutes au cours desquels l'éolienne a dû être éteinte, elle a été **correctement éteinte ou s'est arrêtée dans 87,4 %**.

Dans **0,2%** des cas, **l'arrêt n'a pas été exécuté**.

Dans **5,2 %** 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 PROPOSITION DE MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS

6.1 Concernant les chiroptères

Du fait d'un impact quantitatif qualifié de modéré sur les chiroptères, et d'un impact qualitatif modéré à fort au maximum (pour la Noctule commune), des mesures de réduction des impacts sont préconisées.

6.1.1 Modification de la mesure de régulation des machines

Au cours du suivi post-implantation mené en 2022, 4 mortalités ont été retrouvées contre 22 en 2021 (cf. Ecosphère-2021). Malgré une baisse de mortalité entre les deux années, 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 est 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 :**
 - o Vitesse de **vent inférieure ou égale à 4 m/s** (à hauteur de moyeu) et,
 - o Pour des **températures supérieures ou égales à 8°C** (à hauteur de moyeu) et,

- o Du **coucher du soleil à 1h avant le lever du soleil** (en tenant compte de l'éphéméride) et,
- o En l'absence de précipitation notable (pluie d'une durée > 15 min et précipitations > 5 mm/h).

- **Du 01 mai au 31 mai :**

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

- **Du 01 juin au 30 juin¹ :**

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

- **Du 01 juillet au 31 juillet :**

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

- **Du 01 août au 31 août :**

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

¹ Pour le mois de juin, aucun critère de température n'est préconisé, comme c'était le cas en 2021. Autrement dit, sur la période du 1^{er} juin au 30 juin, dès que la vitesse du vent est inférieure ou égale à 5 m/s, et que l'heure implique un arrêt des

machines, la commande d'arrêt devra être envoyée à l'ensemble des éoliennes, et ce, indépendamment des températures enregistrées.

- **Du 01 septembre au 30 septembre :**
 - o Pour des vitesses de **vent inférieures ou égales à 6,5 m/s**,
 - o Pour des **températures supérieures ou égales à 12°C**,
 - o Du **coucher du soleil au lever du soleil** (en tenant compte de l'éphéméride) et,
 - o En l'absence de précipitation notable (pluie d'une durée > 15 min et précipitations > 5 mm/h).

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

Cette modification du pattern permet de protéger 96% de l'activité chiroptérologique, soit 3155 s. Ainsi, ce pattern permet de protéger 98 s d'activité en plus dont 27 s d'espèces de vol haut (cf. Figure 93 page 85), notamment sur la période estivale qui semble être une période sensible sur ce site éolien (4 cas de mortalité). Ainsi, cette modification devrait profiter à la Noctule commune et à la Noctule de Leisler, les deux espèces impactées en 2022, mais également aux espèces de lisières (très impactées en 2021).

Les graphiques, Figure 94 page 86, permettent de voir que l'activité estivale est mieux couverte par ce pattern et devraient permettre de diminuer le risque de mortalité. En revanche, la période automnale pourrait être une période sensible encore qu'il convient de suivre de nouveau l'année prochaine.

Figure 91 : Tableau résumant l'activité protégée par le pattern préconisé

Activité	Groupe de vol					
	Vol haut en migration/transit	Lisière	Vol haut	Lisière ou vol haut en migration/transit	Lisière ou vol haut	Total général
Activité cumulée restante à risque	0,00	15,31	60,89	0,00	51,64	127,84
Activité cumulée protégée	52,27	2274,08	588,30	79,00	161,84	3155,49
Total	52,27	2289,39	649,19	79,00	213,48	3283,33
Pourcentage d'activité protégée	100%	99%	91%	100%	76%	96%

Figure 92 : Tableau résumant l'activité protégée par le pattern mis en place en 2022

Activité	Groupe de vol					
	Vol haut en migration/transit	Lisière	Vol haut	Lisière ou vol haut en migration/transit	Lisière ou vol haut	Total général
Activité cumulée restante à risque	0,00	70,94	88,21	1,11	65,70	225,96
Activité cumulée protégée	52,27	2218,45	560,99	77,89	147,78	3057,37
Total	52,27	2289,39	649,19	79,00	213,48	3283,33
Pourcentage d'activité protégée	100%	97%	86%	99%	69%	93%

Figure 93 : Représentation de l'activité cumulée restante à risque par groupe de vol et tous groupes de vol confondus (le graphique du bas présente une échelle adaptée pour une meilleure lisibilité)

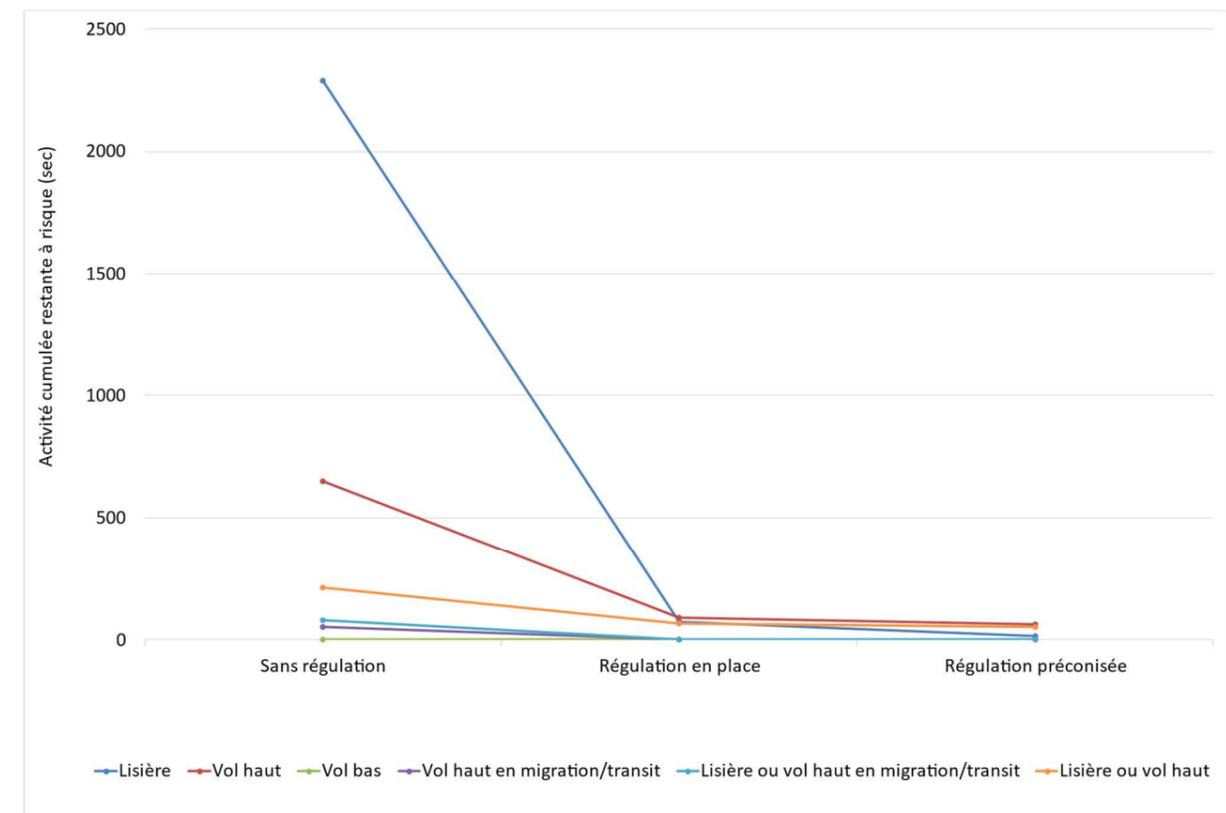
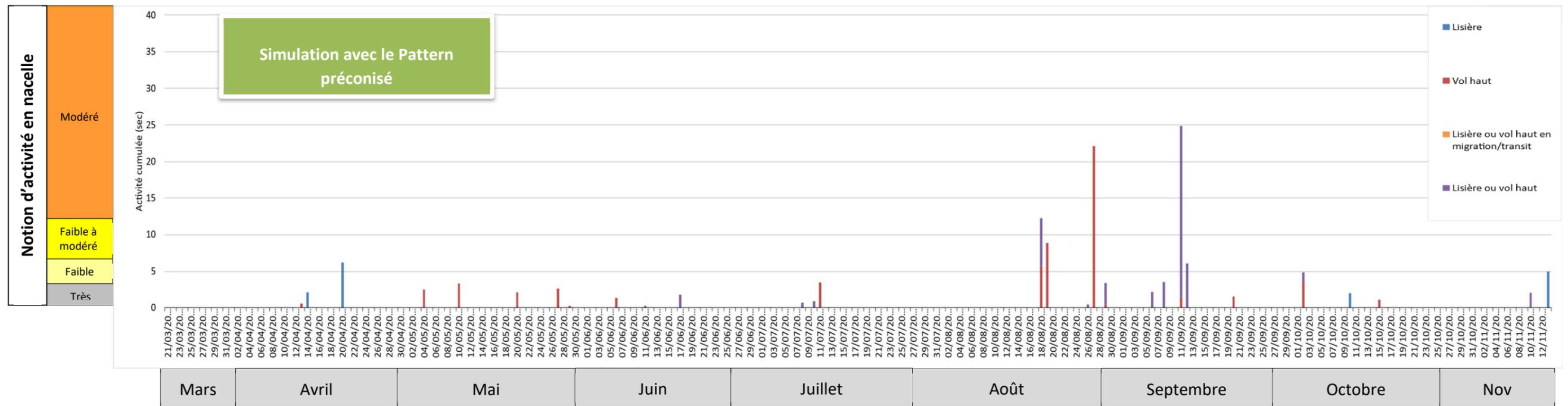
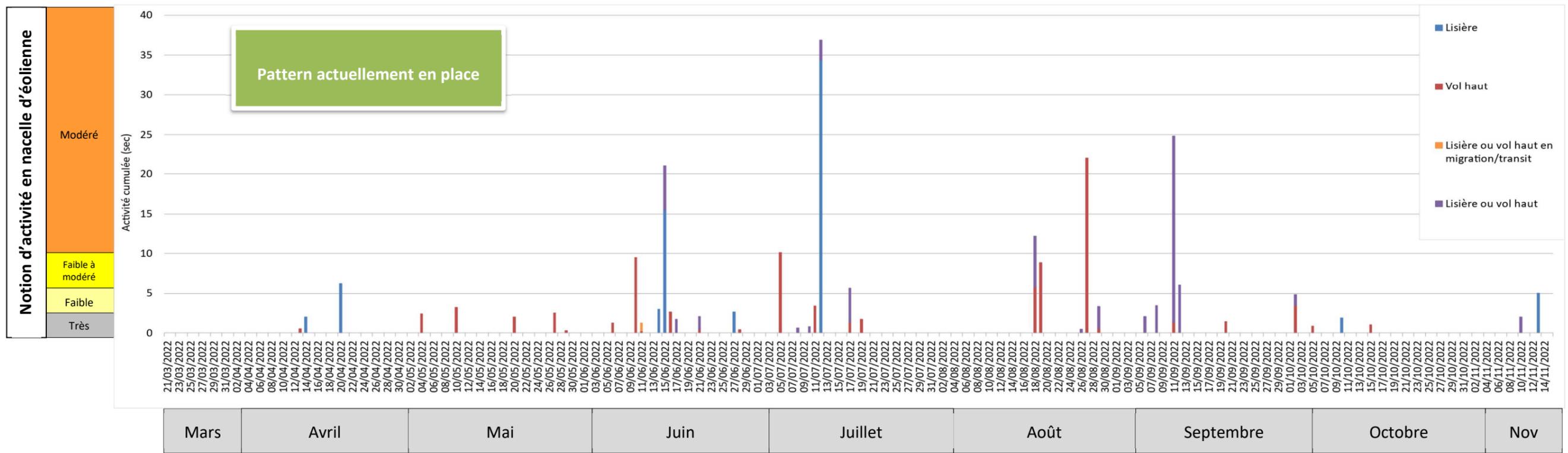


Figure 94 : Activité restante théoriquement à risque avec le pattern actuellement en place et celui préconisé (sur la base de l'activité chiroptérologique 2022)



6.2 Concernant les oiseaux

Du fait d'un impact quantitatif et qualitatif qualifié de faible à modéré sur les oiseaux, des mesures de réduction des impacts sont préconisées.

6.2.1 Mise en place d'un système vidéo de détection en cas de danger de collision avec un oiseau

Au regard de l'impact quantitatif « Faible à modéré » du parc éolien de Ids-Saint-Roch sur l'avifaune, ainsi que d'un niveau d'impact théorique « Faible à modéré » mais récurrent pour la Buse variable (en 2021 et en 2022), il est proposé la mise en place de mesures de réduction de risque d'impacts ciblées principalement sur les rapaces, et plus largement vers les espèces peu farouches ou dont certains comportements présentent une sensibilité particulière aux risques de collision. Ces mesures pourront aussi être profitables à l'Epervier d'Europe (1 cas de mortalité en 2021 et 2022).

Cette mesure cible l'ensemble des espèces de rapaces et grands voiliers susceptibles de fréquenter l'entourage des éoliennes tout au long de leur cycle biologique. Elle vise notamment toutes les grandes espèces à grand domaine vitaux qui peuvent ponctuellement venir transiter dans le secteur, mais aussi tous les rapaces de moyenne taille qui peuvent venir transiter ou chasser au niveau des zones ouvertes de l'entourage du projet (milans, busards, buses...), ou encore tous les rapaces et grands voiliers migrants en vol de transit.

Plusieurs modèles de système d'effarouchement des oiseaux et d'arrêt automatisés des éoliennes (Système Détection Arrêt « SDA ») sont commercialisés pour réduire les risques de collision des oiseaux une fois détectés par vidéo en approche des éoliennes. Ces outils connaissent un fort développement ces dernières années et bénéficient d'une optimisation permanente vers la recherche du meilleur compromis en la maîtrise des risques de collision des oiseaux et la maîtrise de la perte de production d'énergie (lors de faux positifs notamment).

Dans le cas du parc éolien de Ids-Saint-Roch, le type de système SDA semble être le plus pertinent afin de limiter les impacts du parc éolien sur les différentes espèces de rapaces, notamment la Buse variable.

Ils seront paramétrés pour prioriser la mesure d'arrêt machine après détection d'intrusion plutôt que l'effarouchement (sonore ou visuel) qui peut générer aussi des effets collatéraux (perturbations de la faune environnante et des riverains). Aussi, les outils seront paramétrés pour engager en priorité une mesure d'arrêt des machines par pitching des pales (mise en drapeau) dès lors qu'une intrusion est détectée à la distance d'arrêt préétablie.

Le système retenu sera paramétré pour cibler efficacement la Buse variable comme espèce cible prioritaire. Le paramétrage consiste alors à définir les distances d'arrêt qui soient cohérentes à la fois vis-à-vis de la taille de l'oiseau, de sa vitesse d'approche, de la capacité de détection du système et du temps nécessaire à la mise à l'arrêt de l'éolienne après détection d'intrusion. Un paramétrage précis des distances de déclenchement d'arrêt des machines sera à effectuer à posteriori, en accord avec les prescriptions de la DREAL Centre-Val-de-Loire, vis-à-vis des modèles de SDA choisis et des enjeux

avifaunistiques identifiés. Cette mise en cohérence du paramétrage devra faire l'objet de tests (Simulation d'intrusion avec drone, Biomonitoring...) après la mise en service des éoliennes, selon les modèles d'éoliennes et d'outils SDA retenus mais aussi pour tenir compte d'autres facteurs locaux potentiels (délai de communication avec le SCADA, champs de vision et masque des caméras, type de pattern sur la base d'un algorithme lié aux pixels ou bien d'un système d'intelligence artificielle avec reconnaissance d'image et apprentissage).

Le choix de la Buse variable comme espèce cible sur laquelle baser le paramétrage du système répond à la fois à l'enjeu prioritaire localement pour cette espèce mais aussi au fait qu'il s'agit d'un rapace de moyenne taille. Ainsi, si le système est bien paramétré pour détecter une Buse variable, il le sera d'autant plus pour détecter une espèce de plus grande taille.

L'exploitant s'engage donc à 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 leurs 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).**

Un accès au serveur en ligne du SDA choisi sera rendu disponible afin de vérifier en temps réel l'opérationnalité du système.

6.2.2 Veiller à ce que les caissons de ventilation continuent à être étanches

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 à l'avenir, 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.

Figure 95 : Cliché de la rondelle de plastique installée au niveau des caissons de ventilation sur Ids-Saint-Roch



6.3 Mesures communes aux chiroptères et aux oiseaux

6.3.1 Veiller à l'absence d'éclairage du parc

Parmi les mesures de réduction d'impact classiques, nous insistons sur l'importance de veiller à ce qu'aucune source lumineuse n'attire les insectes et donc la faune volante au sein du parc (au-delà du balisage aéronautique obligatoire et de l'éclairage très ponctuel destiné à la sécurité des techniciens pour les interventions au pied des éoliennes). Ce point est d'autant plus important à respecter que beaucoup des espèces contactées sur site et retrouvées sous les éoliennes ont l'habitude de venir chasser autour de lampadaires (pipistrelles, noctules...). Sur un parc éolien Aveyronnais en forêt et lisières forestières, le taux de mortalité a chuté de façon drastique une fois l'éclairage des portes d'entrée éteintes (Beucher et Kelm 2009). De plus, ces lumières risquent d'attirer les oiseaux par un double phénomène :

- Attraction lumineuse des passereaux migrateurs nocturnes ;
- Concentration des insectes au pied des éoliennes, ce qui pourraient attirer les passereaux insectivores (notamment en halte migratoire) au sein du parc.

Dans le cas présent, il s'agirait de veiller à ce que la temporisation du spot lumineux soit limité à 1 minute après chaque déclenchement. Il s'agirait aussi de veiller à ce que le champ du capteur soit ciblé sur la porte d'entrée de façon fine.

6.3.2 Limiter la fréquentation des chauves-souris et des oiseaux autour des éoliennes

Il s'agira d'éviter autant que possible de recréer des conditions favorables au développement des insectes dans l'entourage des éoliennes, ce qui pourrait créer 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 création de talus enherbés sous les éoliennes, au niveau des chemins et plateformes de levage (c'est-à-dire sous le champ de rotation des pales) ;
- de favoriser des aménagements les plus artificialisés sous les éoliennes, avec des revêtements inertes (gravillons) ne favorisant pas la repousse d'un couvert végétal ;
- d'entretenir ces aménagements par des coupes mécaniques au moins 2 fois par an dont un passage mi-mai et un autre fin juin (excluant l'utilisation de pesticides). La société Ferme éolienne de Ids SAS s'engage à entretenir les aménagements avec 6 passages par an ;
- de ne pas entreposer de tas de fumier sous les éoliennes ;
- de ne pas créer des fosses ou autres zones où l'eau stagne sous les éoliennes

8 SYNTHÈSE DES INCIDENCES RÉSIDUELLES ATTENDUES DU PARC EXISTANT

Dès lors que ces mesures de réduction et de suivi seront mises en place, les **incidences résiduelles du parc sur la faune volante** (chiroptères et avifaune) **seront considérées comme non significatives** pour l'ensemble des problématiques mises en évidence. Les tableaux ci-dessous en font la synthèse par problématique. En fonction des résultats des suivis, les mesures a posteriori (ex : re-paramétrage du système de régulation automatisé, ...) pourront être réorientées au besoin, et de façon proportionnées, vers une obligation de résultats.

Figure 97 : Tableau de synthèse pour les chiroptères (en blanc, les espèces dont la présence n'est pas certaine sur site)

Thème d'étude		Niveau d'impact théorique	Mesures de réduction des impacts	Incidence résiduelle	Mesures de suivi et d'accompagnement
Activité d'espèces de haut vol et/ou migratrices	Noctule commune	Modéré à fort	Modification de la mesure de régulation des machines Limiter les facteurs d'attractivité (éclairage, entretien des plateformes et abords ...)	Non significative	Suivi de l'activité en nacelle d'éolienne couplé avec un suivi de la mortalité au sol
	Grande noctule	Modéré			
	Noctule de Leisler	Modéré			
	Pipistrelle de Nathusius	Faible à modéré			
	Sérotine bicoloré	Faible			
Activité de prise ponctuelle d'altitude d'espèces de lisières	Pipistrelle commune	Faible à modéré			
	Pipistrelle de Kuhl	Faible			
	Pipistrelle pygmée	Faible			
	Sérotine commune	Faible			
	Sérotine de Nilsson	Faible			

Figure 98 : Tableau de synthèse pour les oiseaux

Thème d'étude		Niveau d'impact théorique	Mesures de réduction des impacts	Incidence résiduelle	Mesures de suivi et d'accompagnement
Passereaux	Alouette lulu	Faible à modéré	Mise en place d'un système vidéo de détection et d'arrêt	Non significative	Suivi de la mortalité au sol
	Gobemouche noir	Faible			
Intermédiaire	Pigeon ramier	Très faible	Veiller à ce que les caissons de ventilation restent étanches		
Rapaces	Epervier d'Europe	Faible	Limiter les facteurs d'attractivité (éclairage, entretien des plateformes et abords ...)		
	Buse variable	Faible à modéré			

9 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.
- **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. KELM V., GEYELIN M. PICK D.** (2010) - Parc éolien de Castelnau-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.
- **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 Group on 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** (2022) Synthèse de bilan de suivi de la mortalité sous les éoliennes d'Allemagne et d'Europe, bilan de 2022.
- **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
- **ECOSPHERE.** (2022) Rapport du suivi post-implantation du parc éolien de Ids-Saint-Roch et Touchay (18) de 2021
- **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.
- **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.

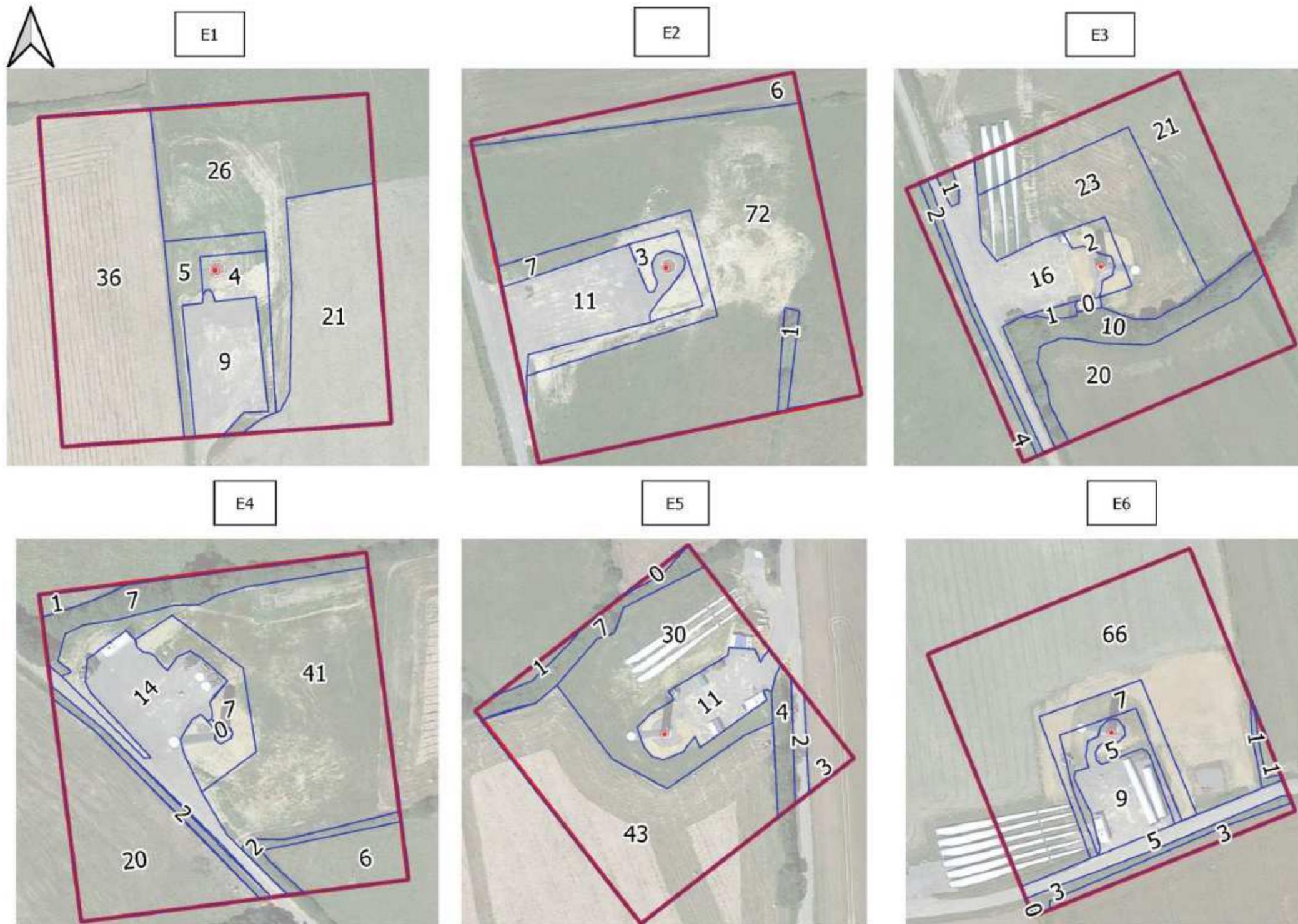
- **KORNER-NIEVERGELT F., KORNER-NIEVERGELT P., BEHR O., NIERMANN I., ROBERT BRINKMANN R. & HELLRIEGEL B.**, 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildlife Biology*. 17 : 350-363.
- **KINGSLEY A., WHITTAM B.** (2007), - Les éoliennes et 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)
- **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.
- **SIMONIS, J., DALTHORP, D., HUSO, M. MINTZ, J., MADSEN, L., RABIE, P., ET STUDYVIN, J., 2018**, GenEst : Guide d'utilisation du logiciel pour le calcul d'un estimateur généralisé de mortalité : Techniques US Geological Survey et méthodes, livre 7, chap. C19, 72 p., <https://doi.org/10.3133/tm7C19>.
–
Version traduite, Marchais G., Boutault L., et Kazaz S. (Ecosphère), 2020
- **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.
- **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.

ANNEXES

9.1 Annexe 1 : Fiche de relevé de terrain


FICHE DE TERRAIN MORTALITE
 Suivi mortalité du parc éolien de IDS Saint Roch (2022)

Chercheur :		Heure d'embauche :		Heure début suivi :		Temps de pause :		Rq par éolienne (traces prédat, maintenance, éclairage allumé, tas de fumier sous éolienne...)
Date :		Heure de débauche :		Heure fin suivi :		Orages depuis dernière visites ?		
Durée de prospection	Surface prospectée (%)	Type 1 (%) Très facile	Type 2 (%) Facile	Type 3 (%) Moyen	Type 4 (%) Non prospectable	Assolement : culture, prairie, lande ...		
CONTEXTE	E1							
	E2							
	E3							
	E4							
	E5							
	E6							
DECouvertes IN PROTOCOLE	Oiseau ou Chauve-souris (OIS ou CS)							
	Numéro éolienne							
	Distance au mât							
	Direction au mât							
	Coordonnées GPS Lambert 93 (X, Y)							
	Type dans lequel le cadavre a été trouvé (type 1, type 2...)							
	Etat (vivant, frais, avancé, sec)							
	Mort depuis (nb j)							
	Blessure (non/oui et quoi)							
	Insecte dans la bouche ?							
	Espèce (ou genre...)							
	Taille Avant bras (mm)							
	Age (ad, jeune)							
	Sexe (male, fem) ?							
Si fem allaitante? (mamelles pelées)								
Si fem gestante ?								



9.2 Annexe 2 : Données brutes de mortalités découvertes

Date	Découvreur	Plumée ou cadavre	Eolienne	Distance au mat (m)	Direction par rapport au mat	Oiseau (OIS) ou Chauve-souris (CS)	Date de mortalité estimée	Barotrauma / blessure	Espèce	Nom latin	Type de vol	Sexe	Age
21/04/2022	DC	Cadavre	E1	15	N	OIS	20/04/2022		Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Grand rapace	Indéterminé	Indéterminé
31/05/2022	CR	Cadavre	E5	20	SE	OIS	28/05/2022	Il ne reste que les ailes et la queue	Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	Passereau		
31/05/2022	CR	Plumée	E5	60	S	OIS			Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Intermédiaire		
31/05/2022	CR	Plumée	E5	30	N	OIS			Poule domestique	<i>Gallus gallus domesticus</i>	Intermédiaire		
07/06/2022	HB	Plumée	E4	45	SO	OIS			Poule domestique	<i>Gallus gallus domesticus</i>	Intermédiaire		
16/06/2022	HB	Cadavre	E4	84	SE	OIS	12/06/2022		Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Grand rapace	Indéterminé	Indéterminé
16/06/2022	HB	Cadavre	E3	21	SO	CS	13/06/2022	1 aile	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Vol haut		Adulte
22/06/2022	CR	cadavre	E6	35	SE	OIS	17/06/2022		Epervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>	Petit rapace		
22/06/2022	CR	Plumée	E4	55	SE	OIS			Phasianidae sp.	<i>Phasianidae sp.</i>	Intermédiaire		
22/06/2022	CR	Cadavre	E6	20	O	CS	18/06/2022	Aile fracturée	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Vol haut		Adulte
13/07/2022	JA	Cadavre	E2	3	NE	CS	12/07/2022		Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Vol haut	Mâle	Immature
10/08/2022	MB	Cadavre	E4	67	SO	OIS	09/08/2022	Blessé à la tête	Gobemouche noir	<i>Ficedula hypoleuca</i>	Passereau		
04/10/2022	HB	cadavre	E6	6	NE	CS	03/10/2022		Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Vol haut	Mâle	Adulte