



Parc éolien de Reuilly et Diou (36)

Suivi environnemental post-implantation en 2022

Suivi de l'activité des chauves-souris

Suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris



SARL EXEN
116 route de Sévérac, 12310 VIMENET
Tel : 05 81 63 05 99
Mail : ybeucher@exen.pro

Juin 2023

Parc éolien de Reuilly et Diou(36)

Suivi environnemental 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** : E. André, A. Auguy, H. Bonnet, C. Bouldoyre, L. Brunneau, J. Caylet, D. Cornet, E. Dupuis, A. Langlois, T. Ledoux, C. Metge, T. Mouysset, V. Perrot, C. Respaud, K. Sotier,
- **Organisation, méthodes** : Y. Beucher, A. Langlois, J. Mougnot,
- **Analyse des données, interprétations** : S. Dervaux, T. Mouysset,
- **Rédaction, relecture** : S. Dervaux, T. Mouysset, A. Langlois.

Juin 2023 – Version 2

SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	3	2.2.2 Difficultés d'identification acoustique de certaines espèces.....	22
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	6	2.2.3 Une détection divergente selon les espèces.....	23
1 OBJET.....	9	2.2.4 Autres limites de détection acoustique.....	23
1.1 CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE.....	9	2.3 RESULTATS DU SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES	25
1.2 RAPPEL DES RESULTATS DES SUIVIS ANTERIEURS	11	2.3.1 Cortège d'espèces	25
1.2.1 Suivi post-implantation 2020 (Calidris, 2021).....	11	2.3.2 Proportion d'espèces	27
1.2.1.1 Pression d'inventaire	11	2.3.3 Évolution saisonnière.....	27
1.2.1.2 Mortalité brute et taux de mortalité	11	2.3.4 Chronologie de l'activité au niveau de la nacelle des éoliennes E1 et E7.....	29
1.2.1.3 Mesures préconisées à la suite du suivi de 2020.....	12	2.3.5 Influence de la vitesse du vent.....	34
1.2.2 Suivi post-implantation 2021 (Calidris, 2022).....	12	2.3.6 Influence de la direction du vent	35
1.2.2.1 Suivi acoustique des chauves-souris en hauteur	12	2.3.7 Influence de la température	36
1.2.2.2 Pression d'inventaire du suivi de mortalité.....	12	2.3.8 Rythme d'activité nocturne	37
1.2.2.3 Mortalité brute et taux de mortalité	13	3 SUIVI DE LA MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX.....	39
1.2.2.4 Mesures préconisées à la suite du suivi de 2021.....	14	3.1 OBJECTIFS DU SUIVI DE LA MORTALITE	39
2 SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHAUVES-SOURIS EN HAUTEUR.....	16	3.2 METHODOLOGIE.....	39
2.1 METHODOLOGIE.....	16	3.2.1 Choix d'une méthode standardisée	39
2.1.1 Suivi automatisé en continu (passif) : généralités et organisation.....	16	3.2.2 Choix des périodes de suivis et fréquence des visites.....	39
2.1.2 Suivi passif depuis la nacelle des éoliennes	16	3.2.3 Choix des éoliennes suivies.....	41
2.1.3 Plage/pression de suivi en hauteur	18	3.2.4 Organisation des parcours de prospection	41
2.1.4 Évaluation de l'activité	18	3.2.5 Recueil des données et destination des cadavres	45
2.1.5 Référentiel de niveau d'activité.....	19	3.2.6 Détermination des coefficients correcteurs.....	46
2.1.6 Utilisation de l'espace par les chauves-souris et typologie des modes de vol	19	3.2.6.1 Organisation générale	46
2.2 LIMITES DE LA METHODOLOGIE.....	22	3.2.6.2 Test de l'efficacité du chercheur (ou « test de détection »).....	46
2.2.1 Suivi passif (Batcorder depuis la nacelle).....	22	3.2.6.3 Tests de disparition (ou « test de persistance »).....	47
		3.2.7 Calculs	48

3.2.7.1	Les formules utilisées	48	o	Paramètre p (formule d'Erickson adaptée).....	71
3.2.7.2	EolApp (Besnard et Bernard, 2018).....	49	o	Paramètre Tm (formules de Erickson + Jones + Huso).....	71
3.2.7.3	GenEst (Simonis et al, 2018).....	50	3.4.7.3	Estimation de la mortalité avec nos tableurs EXCEL	72
3.2.8	<i>Evaluation des impacts du parc éolien de Reully</i>	50	3.4.7.4	Estimation de la mortalité avec l'application EolApp.....	73
3.3	BILAN DE LA MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS	51	3.4.7.5	Estimation de la mortalité avec l'application GenEst	73
3.3.1	<i>Suivi de la mortalité en 2022</i>	51	3.4.7.6	Comparaison entre les différents calculs du taux de mortalité des oiseaux en 2022	73
3.3.2	<i>Taux de mortalité des chauves-souris</i>	53	4	EVALUATION DES IMPACTS DU PARC EOLIEN DE REULLY	74
3.3.2.1	Planning du suivi de la mortalité et évolution du type de végétation en 2022	53	4.1	IMPACT SUR LES CHIROPTERES	74
3.3.2.2	Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules)	54	4.1.1	<i>Analyses quantitatives et comparaisons avec d'autres parcs éoliens</i>	74
o	Paramètre p (formule d'Erickson adaptée)	55	4.1.2	<i>Analyses qualitatives des impacts sur les chiroptères</i>	75
o	Paramètre Tm (formules de Erickson + Jones + Huso)	56	4.2	IMPACT SUR L'AVIFAUNE	77
3.3.2.3	Estimation de la mortalité avec nos tableurs EXCEL	57	4.2.1	<i>Analyses quantitatives et comparaisons avec d'autres parcs éoliens</i>	77
3.3.2.4	Estimation de la mortalité avec l'application EolApp.....	58	4.2.2	<i>Analyses qualitatives des impacts sur l'avifaune</i>	78
3.3.2.5	Estimation de la mortalité avec l'application GenEst	58	5	BILAN DE L'EFFICACITE DES MESURES CORRECTIVES EN 2022	79
3.3.2.6	Comparaison entre les différents calculs du taux de mortalité des chauves-souris en 2022	58	5.1	RAPPEL DU PATTERN DE REGULATION	79
3.4	BILAN DE LA MORTALITE DES OISEAUX	59	5.2	CONFRONTATION ENTRE LES RESULTATS DU SUIVI DE MORTALITE ET DU SUIVI D'ACTIVITE AVEC LA PERIODE DE REGULATION DES MACHINES	79
3.4.1	<i>Bilan des mortalités par éolienne en 2022-2023</i>	59	5.3	VISUALISATION DE L'IMPLANTATION DU PATTERN DE REGULATION EN MACHINE.....	79
3.4.2	<i>Chronologies constatées et corrigées des mortalités d'oiseaux issues des relevés au sol</i>	59	5.4	BILAN DE L'EFFICACITE DE LA MESURE DE REGULATION EN PLACE.....	82
3.4.3	<i>Typologie des découvertes (cadavres et plumées d'oiseaux) dans le cadre du suivi de la mortalité au sol</i>	61	6	POURSUITE DES MESURES CORRECTIVES	85
3.4.4	<i>Relation espèce / éolienne</i>	62	6.1	MESURES CONCERNANT LES CHIROPTERES.....	85
3.4.5	<i>Chronologie des mortalités, phénologies des espèces et tentatives d'interprétations</i>	66	6.2	MESURES CONCERNANT LES CHIROPTERES ET LES OISEAUX.....	85
3.4.6	<i>Interprétation par espèce</i>	67	6.2.1	<i>Veiller à l'absence d'éclairage du parc</i>	85
3.4.7	<i>Taux de mortalité des oiseaux</i>	69	6.2.2	<i>Limiter la fréquentation de la faune volante autour des éoliennes</i>	85
3.4.7.1	Planning du suivi de la mortalité et évolution du type de végétation en 2022	69	7	CONCLUSION	86
3.4.7.2	Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules)	70	7.1	SUIVI DE LA MORTALITE DES CHIROPTERES ET DES OISEAUX.....	86

7.1.1	Concernant les chiroptères	86
7.1.2	Concernant les oiseaux	86
7.2	MESURES CORRECTIVES ET PERSPECTIVES	86
8	BIBLIOGRAPHIE	87
	ANNEXES	89
	ANNEXE 1 : FICHE DE RELEVÉ DE TERRAIN	90
	ANNEXE 2 : DONNÉES BRUTES DES RELEVÉS DE MORTALITÉ EXEN	93
	ANNEXE 3 : EXTRAIT DES RAPPORTS ISSUS DE PROBAT INSPECTOR (© OEKOFOR GBR ; HTTPS://OEKOFOR.SHINYAPPS.IO/PROBAT-INSPECTOR)	94
	ANNEXE 4 : PROFILS ET EXPÉRIENCES DE L'ÉQUIPE EXEN	96

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Carte de localisation du parc éolien de Reuilly et Diou sur fond de carte IGN et d'image satellite	10	Figure 16 : Synthèse des plages de fonctionnement des modules Batcorders autonomes en continu et nombre d'enregistrements relevés.....	18
Figure 2 : Extrait du rapport de suivi post-implantation 2020 effectué par Calidris, sur le parc éolien de Reuilly	11	Figure 17 : Schéma caractérisant le paramètre « posttrigger » (ici configuré sur 400 ms).....	18
Figure 3 : Tableau des mortalités brutes trouvées sur le parc éolien de Reuilly, Extrait du rapport de suivi post-implantation de 2020 (Calidris, 2021).....	11	Figure 18 : Référentiel EXEN de niveau d'activité pour une nuit mesurée par un Batcorder en éolienne (en secondes d'activité cumulée/ nuit).....	19
Figure 4 : Graphique du nombre de mortalités trouvées par éolienne. Extrait du rapport de suivi post-implantation de 2020 (Calidris, 2021).....	11	Figure 19 : Schéma théorique de l'activité des chiroptères selon le type de vol, et problématiques liées aux différents types d'implantation d'éolienne (forêt, lisière ou milieu ouvert).....	21
Figure 5 : Taux de mortalité des oiseaux calculés à la suite des résultats du suivi mené en 2020. Extrait du rapport de suivi post-implantation de 2020 (Calidris, 2021)	12	Figure 20 : Exemple de recouvrements dans les signaux de plusieurs espèces (En haut : le groupe des Fréquences Modulées Aplanies >30kHz, en bas, le groupe des « Sérotules »).....	22
Figure 6 : Taux de mortalité des chiroptères calculé à la suite des résultats du suivi mené en 2020. Extrait du rapport de suivi post-implantation de 2020 (Calidris, 2021)	12	Figure 21 : 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)	23
Figure 7 : Extrait du rapport de suivi post-implantation 2021 effectué par Calidris, sur le parc éolien de Reuilly	13	Figure 22 : 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).....	24
Figure 8 : Résultats du suivi de suivi de mortalité réalisé, en 2021, sur le parc éolien de Reuilly et Diou (Calidris, 2022).....	13	Figure 23 : Tableau recensant l'ensemble des espèces contactées au cours du suivi en continu (en blanc sont représentées les espèces dont la détermination reste incertaine).....	25
Figure 9 : Répartition des mortalités constatées au cours du suivi. Extrait du rapport de suivi post-implantation de 2020 (Calidris, 2021).....	14	Figure 24 : Proportion d'activité par groupe d'espèces relevée au niveau du point d'enregistrement en continu sur l'éolienne E1 (En haut détail par espèces, en bas par groupes de vol).....	26
Figure 10 : Répartition des mortalités constatées, sur le parc éolien de Reuilly, au cours du suivi. Extrait du rapport de suivi post-implantation de 2020 (Calidris, 2021)	14	Figure 25 : Proportion d'activité par groupe d'espèces relevée au niveau du point d'enregistrement en continu sur l'éolienne E7 (En haut détail par espèces, en bas par groupes de vol).....	26
Figure 11 : Taux de mortalité des oiseaux calculés à la suite des résultats du suivi mené en 2021. Extrait du rapport de suivi post-implantation de 2021 (Calidris, 2022)	14	Figure 26 : Tableau de continuité de présence de chaque espèce (ou groupe d'espèces) au cours du suivi en continu en 2022, basée sur les données enregistrées en nacelle d'éoliennes E1 et E7 (en seconde d'activité par quinzaine)	28
Figure 12 : Taux de mortalité des chiroptères calculé à la suite des résultats du suivi mené en 2020. Extrait du rapport de suivi post-implantation de 2020 (Calidris, 2021)	14	Figure 27 : Echelle de représentation du niveau d'activité par nuit, en nacelle d'éolienne (basée sur l'expérience d'EXEN)	29
Figure 13 : Installation des Batcorders en nacelle avec micro à travers la paroi de la nacelle.....	16	Figure 28 : Tableau de synthèse des informations relatives aux nuits de plus forte activité relevée en période printanière, en 2022	29
Figure 14 : Zone de couverture acoustique des Batcorders sous les nacelles d'éoliennes (modèle Enercon E72 en haut, modèle Vestas en bas)	17	Figure 29 : Tableau de synthèse des informations relatives aux nuits de plus forte activité relevée en période estivale, en 2022.....	30
Figure 15 : Distances de détection (minimum et maximum) pour des signaux de pipistrelles et noctules (20 et 40 kHz de fréquences)	17	Figure 30 : Tableau de synthèse des informations relatives aux nuits de plus forte activité relevée en période automnale, en 2022	31

Figure 31 : Graphique de la chronologie de l'activité (en secondes d'activité cumulée par nuit) par espèce ou groupe d'espèces relevés en nacelle d'éoliennes E1 et E7 32	Figure 47 : Clichés témoignant de la difficulté de perception des peluches dispersées (sur un autre site)47
Figure 32 : 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 et E7 avec une échelle adaptée pour améliorer la lisibilité..... 33	Figure 48 : Grille de calcul pour la définition du risque d'occurrence de la mortalité (Sensibilité*Nombre de mortalité brutes).....50
Figure 33 : Corrélation inverse entre la vitesse du vent et l'activité cumulée des chauves-souris au niveau de l'éolienne E1 et E7 (sur la base des données relevées en 2022 en nacelle d'éolienne) 34	Figure 49 : Grille de calcul pour la définition du niveau d'impact théorique (Patrimonialité*Risque d'occurrence)50
Figure 34 : 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 35	Figure 50 : Clichés de la Pipistrelle commune découverte le 5 septembre 2022 sous l'éolienne E151
Figure 35 : 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 E7 36	Figure 51 : Carte représentant l'emplacement du cadavre de Pipistrelle commune retrouvée le 5 septembre 2022 sur le parc éolien de Reuilly et Diou.....52
Figure 36 : Décomposition de l'activité cumulée des chauves-souris en hauteur, au niveau de l'éolienne E1 et E7, en fonction de la température relevée sur cette même éolienne et en parallèle des enregistrements d'activité..... 37	Figure 52 : Tableau récapitulatif des proportions (%) de chaque niveau de difficulté de prospection parmi les secteurs prospectables et de la mortalité constatée pour chaque visite (en fin de tableau : moyenne des proportions de chaque niveau de difficulté de prospection sur la période de suivi et nombre total de chauves-souris retrouvées).....53
Figure 37 : Rythme d'activité nocturne (en seconde d'activité cumulée) par groupe d'espèces mesuré au niveau de la nacelle de l'éolienne E1..... 38	Figure 53 : Tableau des résultats des tests de découverte et calcul du coefficient de détection d.....54
Figure 38 : Décomposition de l'activité moyenne (en seconde d'activité par nuit) des chauves-souris au niveau de la nacelle de l'éolienne E1 en fonction de l'écart avec le lever ou le coucher du soleil 38	Figure 54 : Tableau des résultats des tests de persistance ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance55
Figure 39 : Rythme d'activité nocturne (en seconde d'activité cumulée) par groupe d'espèces mesuré au niveau de la nacelle de l'éolienne E7..... 38	Figure 55 : Proportion de chaque intervalle de visites et définition de l'intervalle pondéré (en jours)55
Figure 40 : Décomposition de l'activité moyenne (en seconde d'activité par nuit) des chauves-souris au niveau de la nacelle de l'éolienne E7 en fonction de l'écart avec le lever ou le coucher du soleil 38	Figure 56 : Schéma de calcul du « nombre de cadavres encore présents après l jours ».....55
Figure 41 : Calendrier prévisionnel du suivi de la mortalité et pression de suivi en 2022 40	Figure 57 : Schéma des différents cercles concentriques utilisés pour le calcul du coefficient surfacique 56
Figure 42 : Schéma représentatif du transect de prospection théorique..... 41	Figure 58 : Tableau détaillant les valeurs utilisées pour le calcul du coefficient surfacique a56
Figure 43 : Cartes des périmètres de prospection sous les éoliennes lors du suivi de 2022 (en fonction du pourcentage de prospection sur toute la période de suivi)..... 42	Figure 59 : Paramètres de calcul utilisés dans les équations57
Figure 44 : Clichés des principaux critères utilisés pour la détermination des chauves-souris..... 45	Figure 60 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 202257
Figure 45 : Cliché d'exemple d'enfouissement d'une Pipistrelle de Kuhl (Pipistrellus kuhlii) par un couple de Nécrophore chasseur (Nicrophorus investigator), sous un autre parc..... 46	Figure 61 : Paramètres à renseigner dans l'application EolApp.....58
Figure 46 : Clichés des peluches utilisées pour la réalisation des tests de détection (sur un autre site) ... 47	Figure 62 : Sortie de l'application EolApp (IC : Intervalle de confiance).....58
	Figure 63 : Bilan des découvertes issues des relevés au sol dans le cadre du suivi EXEN 2022-2023 et répartition par éolienne.....59
	Figure 64 : Chronologie des découvertes d'oiseaux (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne, issues des relevés au sol du suivi mortalité d'EXEN en 2022 60
	Figure 65 : Chronologie des mortalités d'oiseaux estimées (corrigées) par mois en 202261

Figure 66 : Tableau représentant les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux correspondant aux découvertes effectuées sous les éoliennes dans le cadre du suivi de la mortalité (les espèces dont au moins une plumée a été découverte sont présentées en gris)	61	Figure 85 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2022	73
Figure 67 : Répartition des découvertes par espèce d'oiseaux (effectifs constatés dans le cadre du suivi au sol – cadavres et plumées) à l'occasion du suivi 2022	62	Figure 86 : Paramètres à renseigner dans l'application EolApp	73
Figure 68 : Histogramme de la répartition des espèces découvertes (cadavres et plumées) dans le cadre du suivi de la mortalité par éolienne en 2022	62	Figure 87 : Sortie de l'application EolApp (IC : Intervalle de confiance)	73
Figure 69 : Cartes représentant les emplacements des différents cas de mortalité d'oiseaux retrouvés sur le parc éolien de Reuilly et Diou	63	Figure 88 : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour différents suivis des parcs éoliens référencés en France (mise à jour du tableau de l'ALEPE)	74
Figure 70 : Répartition des découvertes (cadavres et plumées) d'oiseaux par espèce (effectifs constatés) à l'occasion du suivi mortalité au sol de 2022	66	Figure 89 : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour des parcs éoliens en Europe (Source ALEPE)	75
Figure 71 : Clichés de la plumée d'Alouette des champs retrouvé le 16 mai 2022 sous l'éolienne E4	67	Figure 90 : Niveau d'occurrence des risques de mortalité (en gris, les espèces identifiées certitude via le suivi d'activité en hauteur et/ou le suivi de la mortalité au sol)	76
Figure 72 : Cliché du cadavre de Buse variable retrouvé le 16 mai 2022 sous l'éolienne E1	67	Figure 91 : Evaluation des impacts qualitatifs du parc éolien de Reuilly et Diou sur les chauves-souris (en gris les espèces identifiées avec certitude via le suivi d'activité en hauteur et/ou le suivi de la mortalité au sol)	76
Figure 73 : Cliché du cadavre d'Etourneau sansonnet retrouvé le 27 octobre sous l'éolienne E2	67	Figure 92 : Evaluation des niveaux d'impacts théoriques sur l'avifaune en 2022	78
Figure 74 : Cliché du cadavre de Faisan de Colchide découvert le 6 juin sous l'éolienne E4	67	Figure 93 : Graphique de la chronologie de l'activité chiroptérologique réellement à risque, en nacelle d'éolienne E1 et E7 pour des tour rotor > 1 et de la mortalité constatée en 2022	81
Figure 75 : Cliché de la plumée de Faucon crécerelle retrouvée le 20 octobre sous l'éolienne E8	68	Figure 94 : Tableau qui résume l'activité protégée sur la base de l'activité chiroptérologique relevée en 2022	82
Figure 76 : Cliché de la plumée de Pigeon ramier retrouvée le 16 juin 2022 au niveau de l'éolienne E2	68	Figure 95 : Activité théoriquement à risque avec le pattern appliqué sur l'éolienne E1 (graphique du haut) et activité réellement à risque (tour rotor ≥ 1) constatée, en 2022 (graphique du bas)	83
Figure 77 : Cliché du cadavre de Tourterelle des bois retrouvé le 28 juillet sous l'éolienne E6	68	Figure 96 : Chronologie nocturne du fonctionnement de la régulation, sur l'éolienne E1, du parc éolien de Reuilly (extrait du rapport issu de Probat inspector (@ OekoFor GbR ; https://oekofofor.shinyapps.io/probat-inspector/)	84
Figure 78 : Tableau récapitulatif des proportions (%) de chaque niveau de difficulté de prospection parmi les secteurs prospectables et de la mortalité constatée pour chaque visite (en fin de tableau : moyenne des proportions de chaque niveau de difficulté de prospection sur la période de suivi et nombre total de cadavres retrouvés sous les éoliennes)	69		
Figure 79 : Tableau des résultats des tests de découverte et calcul du coefficient de détection d	70		
Figure 80 : Tableau des résultats des tests de persistance ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance	70		
Figure 81 : Proportion de chaque intervalle de visites et définition de l'intervalle pondéré (en jours)	71		
Figure 82 : Schéma des différents cercles concentriques pour le calcul du coefficient surfacique	71		
Figure 83 : Tableau détaillant les valeurs utilisées pour le calcul du coefficient surfacique a	72		
Figure 84 : Paramètres de calcul utilisés dans les équations	72		

1 OBJET

1.1 Contexte général de l'étude

Le bureau d'étude EXEN accompagne la société Valemo dans la mise en œuvre des suivis environnementaux post-implantation du parc éolien de Reuilly et Diou (9 éoliennes de type Nordex N117) situé sur les communes de Reuilly et Diou (36).

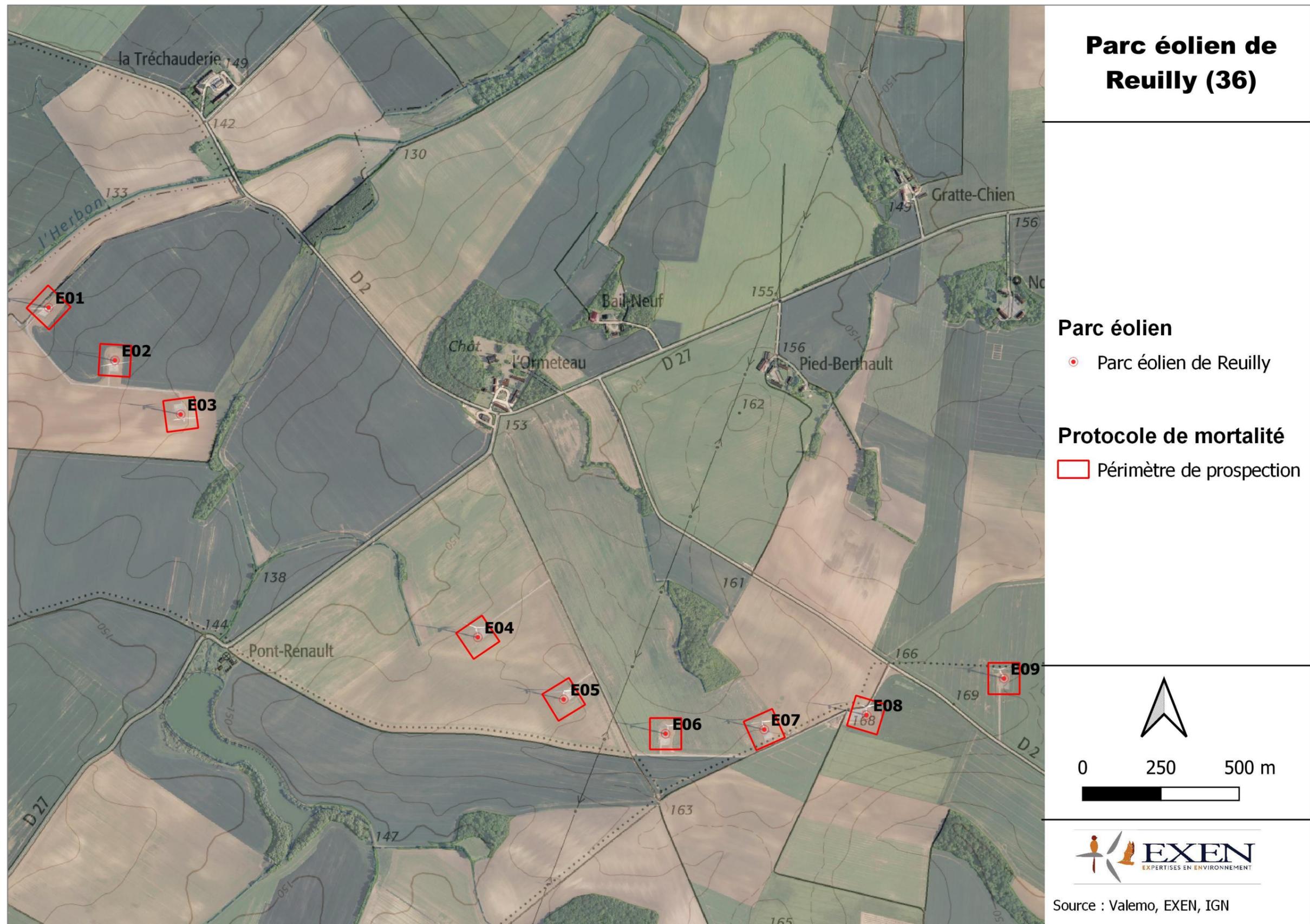
La Société REUILLY ET DIOU ENERGIES a missionné la société EXEN, spécialisée dans l'étude de la faune sauvage dans le cadre de l'exploitation du parc éolien, pour réaliser un troisième suivi de la mortalité des oiseaux et chiroptères et un suivi d'activité des chiroptères, en 2022.

L'objet du présent rapport est de faire la synthèse de ces suivis. Il s'agit d'évaluer l'impact du parc éolien de Reuilly et Diou sur la faune volante et l'efficacité des mesures de réduction des risques mise en œuvre. 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.

Le présent document propose un bilan décomposé :

- des résultats du suivi de l'activité des chiroptères pour la campagne 2022 (entre mars et novembre 2022),
- des résultats du suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris sous les éoliennes pour la campagne de 2022 (entre mai et octobre 2022).
- D'une vérification du respect et du bon dimensionnement des mesures déjà en place.

Figure 1 : Carte de localisation du parc éolien de Reuilly et Diou sur fond de carte IGN et d'image satellite



1.2 Rappel des résultats des suivis antérieurs

Deux suivis post-implantation ont été effectués sur le parc éolien de Reully. Une synthèse des résultats de ces suivis menés, en 2020 et 2021, par le bureau d'étude Calidris sont présentés ci-après.

1.2.1 Suivi post-implantation 2020 (Calidris, 2021)

1.2.1.1 Pression d'inventaire

Les dates de passages effectués sont disponibles à la Figure 2, ci-dessous.

Figure 2 : Extrait du rapport de suivi post-implantation 2020 effectué par Calidris, sur le parc éolien de Reully

N° semaine	Date	N° semaine	Date	N° semaine	Date
20	14/05/2020	31	29/07/2020	41	06/10/2020
21	19/05/2020	32	05/08/2020	42	13/10/2020
22	29/05/2020	33	13/08/2020	43	20/10/2020
23	02/06/2020	34	19/08/2020		
24	10/06/2020	35	26/08/2020		
25	18/06/2020	36	02/09/2020		
27	01/07/2020	37	09/09/2020		
28	08/07/2020	38	16/09/2020		
29	15/07/2020	39	23/09/2020		
30	22/07/2020	40	29/09/2020		

1.2.1.2 Mortalité brute et taux de mortalité

Le taux de persistance est évalué à 2,18 jours.

Dix cadavres de chauves-souris ont été trouvés, en 2020 (cf. Figure 3). Les espèces n'ont pu être déterminées avec cette certitude. Les espèces considérées comme potentielles sont la Pipistrelle de Kuhl, le Pipistrelle commune, la Noctule commune, la Pipistrelle de Nathusius et la Noctule de Leisler.

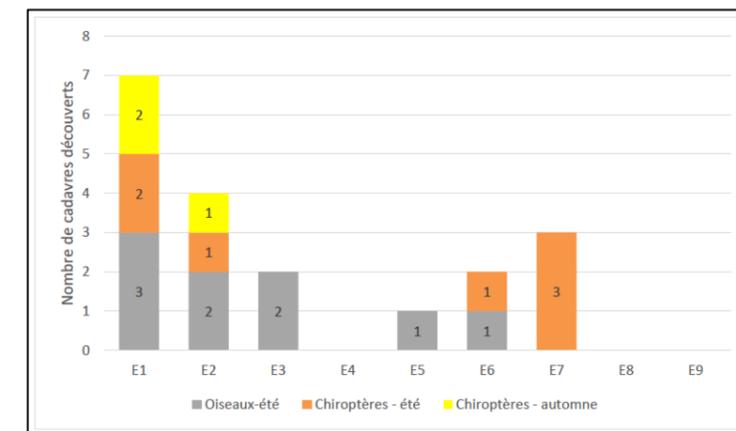
Neuf cadavres d'oiseaux ont été trouvés. Plusieurs n'ont pu être déterminés jusqu'à l'espèce. Les espèces impactées avec certitude sont le Pigeon ramier, le Faucon crécerelle, la Linotte mélodieuse et le Martinet noir.

Figure 3 : Tableau des mortalités brutes trouvées sur le parc éolien de Reully, Extrait du rapport de suivi post-implantation de 2020 (Calidris, 2021)

Date	N°	Taxon	Identification	Distance	Type de végétation	Hauteur (cm)	Etat cadavre	Cause présumée
14/05/2020	E3	Oiseau	Pigeon ramier	10 m	Gravier	0	Plumes	Collision ?
14/05/2020	E3	Oiseau	Passereau sp.	15 m	Gravier	0	Plumes	Collision ?
14/05/2020	E2	Oiseau	Passereau sp.	10 m	Gravier	0	Plumes	Collision ?
19/05/2020	E1	Oiseau	Pigeon ramier	5m	Terre nue	0	Plumes	Collision ?
19/05/2020	E2	Oiseau	Passereau sp.	11 m	Terre nue	0	Plumes	Collision ?
29/05/2020	E1	Oiseau	Faucon crécerelle	27 m	Terre et herbe (2 cm)	2	Sans tête	Collision
02/06/2020	E1	Oiseau	Martinet noir		Terre nue	0	Bon état	Collision
08/07/2020	E7	Chiroptères	Pipistrelle sp.	6 m	Gravier	0	Bon état	Barotraumatisme
15/07/2020	E5	Oiseau	Faucon crécerelle	28 m	Herbe (5cm)	5	Seulement une aile	Collision
22/07/2020	E1	Chiroptères	Chiroptère indéterminé	30 m	Gravier	0	Écrasé par une voiture	Barotraumatisme
22/07/2020	E7	Chiroptères	Chiroptère indéterminé	7 m	Gravier	0	En décomposition	Collision
05/08/2020	E1	Chiroptères	Pipistrelle sp.	5 m	Gravier	0	Bon état	Barotraumatisme
05/08/2020	E7	Chiroptères	Chiroptère indéterminé	16 m	Terre nue	0	Bon état	Barotraumatisme
13/08/2020	E2	Chiroptères	Chiroptère indéterminé	34 m	Terre nue	0	En décomposition	Collision ?
19/08/2020	E6	Oiseau	Linotte mélodieuse	8 m	Gravier	0	En décomposition	Collision
26/08/2020	E6	Chiroptères	Noctule sp.	32 m	Terre nue	0	En décomposition	Barotraumatisme
09/09/2020	E1	Chiroptères	Pipistrelle sp.	16 m	Terre nue	0	Bon état	Barotraumatisme
09/09/2020	E2	Chiroptères	Pipistrelle sp.	16 m	Terre nue	0	En décomposition	Collision ?
16/09/2020	E1	Chiroptères	Pipistrelle sp.	20 m	Gravier	0	En décomposition	Barotraumatisme

L'éolienne la plus impactante, en 2020, est E1, avec trois cadavres d'oiseaux et quatre de chauves-souris trouvés lors du suivi (cf. Figure 4 page 11)

Figure 4 : Graphique du nombre de mortalités trouvées par éolienne. Extrait du rapport de suivi post-implantation de 2020 (Calidris, 2021)



En 2020, le taux de mortalité des oiseaux est estimé entre 5 et 8 individus par éolienne pour la période de suivi de mai à octobre.

Figure 5 : Taux de mortalité des oiseaux calculés à la suite des résultats du suivi mené en 2020. Extrait du rapport de suivi post-implantation de 2020 (Calidris, 2021)

Tableau 6 : Estimation de la mortalité selon les différentes méthodes utilisées pour les oiseaux

Formule	Eté		Automne		Ensemble du suivi	
	Médiane	IC 90%	Médiane	IC 90%	Médiane	IC 90%
Erickson	43,95	[23-73]	-	-	44,51	[22-76]
Huso	46,09	[24-76]	-	-	46,41	[23-79]
Jones	69,44	[35-126]	-	-	69,64	[33-131]

La mortalité des chiroptères a été estimée entre 6 et 9 cadavres par éolienne pour la durée du suivi de mai à octobre.

Figure 6 : Taux de mortalité des chiroptères calculé à la suite des résultats du suivi mené en 2020. Extrait du rapport de suivi post-implantation de 2020 (Calidris, 2021)

Tableau 7 : Estimation de la mortalité selon les différentes méthodes utilisées pour les chiroptères

Formule	Eté		Automne		Ensemble du suivi	
	Médiane	IC 90%	Médiane	IC 90%	Médiane	IC 90%
Erickson	34,62	[17 - 59]	14,16	[3 - 30]	49,98	[28 - 81]
Huso	36,29	[18 - 61]	14,83	[4 - 31]	52,45	[29 - 83]
Jones	54,50	[26 - 100]	22,25	[5 - 51]	77,94	[42 - 139]

1.2.1.3 Mesures préconisées à la suite du suivi de 2020

Une mesure de bridage des éoliennes a été préconisée :

- Sur les 9 éoliennes du parc éolien de Reuilly et Diou ;
- Du 1^{er} juillet au 31 octobre ;
- Par absence de pluie ;
- Pour une température supérieure à 12°C ;
- D'une heure avant le coucher du soleil et jusqu'à une heure après le lever du soleil ;
- Pour une vitesse de vent inférieure à 6 m/s.

1.2.2 Suivi post-implantation 2021 (Calidris, 2022)

1.2.2.1 Suivi acoustique des chauves-souris en hauteur

Un suivi acoustique des chiroptères a été effectué à hauteur de la nacelle des éoliennes E1 et E8. La période d'enregistrement s'est étendue du 14 avril au 31 octobre 2021, avec un enregistreur de type Batmode, sur l'éolienne E8. Sur l'éolienne E1, le matériel utilisé fut un Batlogger WEX, du 15 avril au 21 novembre.

Le Batmode, installé sur l'éolienne E8, a rencontré un dysfonctionnement du 3 au 17 août.

Synthèse des résultats (extrait du rapport post-implantation mené en 2021 par Calidris):

« Avec 1851 contacts (E1) et 1 660 contacts (E8) enregistrés au cours du suivi, l'activité des chiroptères en altitude est faible et classique pour un suivi dans ces zones de grandes plaines agricoles. La composition du cortège d'espèces de chiroptères identifiées lors des enregistrements en continu en nacelle apparaît dominée par la Pipistrelle commune, la Noctule commune, la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Kuhl.

Les résultats montrent une saisonnalité assez marquée avec un mois de septembre où l'activité des chiroptères est la plus forte, mais également aux mois de juin avec une activité importante. Ces mois correspondent à la période de mise bas et d'élevage des jeunes et le début de la période de reproduction et de transit automnal.

La phénologie de l'activité est liée à la présence de deux pics, le premier deux à trois heures après le coucher du soleil (départ vers les zones de chasse) et le deuxième vers huit à neuf heures après le coucher du soleil (chasse et retour au gîte). Plus de 90 % de l'activité est enregistrée dans les six à sept premières heures après le coucher du soleil.

En ce qui concerne les corrélations de l'activité chiroptérologique avec la vitesse de vent, les résultats de 2021 montrent que l'activité des chiroptères est maximale pour une vitesse de vent comprise entre 1 et 2 m.s-1 et que plus de 90 % de l'activité a été enregistrée à des vitesses de vent inférieures ou égales à 6 m.s-1. »

1.2.2.2 Pression d'inventaire du suivi de mortalité

Les dates de passage effectuées sont précisées à la figure suivante.

Figure 7 : Extrait du rapport de suivi post-implantation 2021 effectué par Calidris, sur le parc éolien de Reuilly

tableau 3 : dates des suivis de mortalité réalisés sur le parc éolien de Dampierre

Date	Fonction	Date	Fonction
19/05/2021	Suivi mortalité	12/08/2021	Suivi mortalité
26/05/2021	Suivi mortalité	17/08/2021	Suivi mortalité
31/05/2021	Suivi mortalité et test de détectabilité	19/08/2021	Suivi mortalité
02/06/2021	Suivi mortalité	24/08/2021	Suivi mortalité
09/06/2021	Suivi mortalité	25/08/2021	Suivi mortalité
23/06/2021	Suivi mortalité	02/09/2021	Suivi mortalité
30/06/2021	Suivi mortalité et test de persistance	14/09/2021	Suivi mortalité et test de détectabilité
01/07/2021	Suivi mortalité et test de persistance	21/09/2021	Suivi mortalité et test de persistance
07/07/2021	Suivi mortalité et test de persistance	23/09/2021	Suivi mortalité et test de persistance
20/07/2021	Suivi mortalité	29/09/2021	Suivi mortalité et test de persistance
26/07/2021	Suivi mortalité	05/10/2021	Suivi mortalité

Date	Fonction	Date	Fonction
28/07/2021	Suivi mortalité	08/10/2021	Suivi mortalité
02/08/2021	Suivi mortalité	12/10/2021	Suivi mortalité
04/08/2021	Suivi mortalité	15/10/2021	Suivi mortalité
10/08/2021	Suivi mortalité	22/10/2021	Suivi mortalité

1.2.2.3 Mortalité brute et taux de mortalité

Le taux de détection a été estimé à 80%. Le taux de persistance a été estimé à 2 jours environs.

Neuf cadavres d'oiseaux et 15 cadavres de chiroptères ont été trouvés, sous les éoliennes de Reuilly, en 2021.

Quatre espèces d'oiseaux ont été impactées. Il s'agit du Faucon crécerelle, de la Buse variable, de l'Alouette des champs et du Canard colvert.

Au minimum, deux espèces de chauves-souris ont été impactées. Il s'agit de la Pipistrelle commune et de la Pipistrelle de Kuhl. Quatre espèces sont considérées comme possiblement impactées. Il s'agit de la Pipistrelle de Nathusius, la Pipistrelle pygmée, la Noctule de Leisler et la Noctule commune.

Figure 8 : Résultats du suivi de suivi de mortalité réalisé, en 2021, sur le parc éolien de Reuilly et Diou (Calidris, 2022)

tableau 7 : cadavres d'oiseaux relevés sur le parc éolien de Reuilly

Date	N°	Espèce	Éolienne	Etat du cadavre	Cause présumée de la mort
19/05/2021	1	Alouette des champs	E5	Frais, blessure épaule, corps entier	Collision
02/08/2021	2	Buse variable	E6	Décomposition très avancée	Collision
19/08/2021	3	Faucon crécerelle	E4	Frais, corps entier	Collision
02/09/2021	4	Faucon crécerelle	E4	En décomposition, corps entier	Collision
21/09/2021	5	Faucon crécerelle	E5	Décomposition avancée	Collision
29/09/2021	6	Canard colvert	E2	En décomposition, corps entier	Collision
05/10/2021	7	Faucon crécerelle	E5	Décomposition avancée	Collision
15/10/2021	8	Oiseau sp	E7	Plumée, pas de corps	Collision ou prédation
15/10/2021	9	Buse variable	E9	Très frais, corps entier	Collision

tableau 8 : cadavres de chiroptères relevés sur le parc éolien de Reuilly

Date	N°	Espèce	Éolienne	Etat du cadavre	Cause présumée de la mort
17/08/2021	1	Noctule sp	E1	Frais, corps entier	Barotraumatisme
17/08/2021	2	Pipistrelle sp	E3	Frais, corps entier	Barotraumatisme
17/08/2021	3	Noctule sp	E9	Avancée, corps entier	Barotraumatisme
19/08/2021	4	Pipistrelle sp	E1	Frais, corps entier	Barotraumatisme
19/08/2021	5	Pipistrelle sp	E1	Frais, corps entier	Barotraumatisme
19/08/2021	6	Pipistrelle de Kuhl	E9	Frais, corps entier	Barotraumatisme
24/08/2021	7	Pipistrelle sp	E3	Décomposition avancée	Barotraumatisme
24/08/2021	8	Pipistrelle sp	E8	Décomposition avancée	Barotraumatisme
14/09/2021	9	Pipistrelle sp	E3	Décomposition avancée	Barotraumatisme
14/09/2021	10	Noctule sp	E3	Frais, corps entier	Barotraumatisme
14/09/2021	11	Pipistrelle sp	E9	Frais, corps entier	Barotraumatisme
21/09/2021	12	Pipistrelle sp	E4	Sec, seulement tête et thorax	Barotraumatisme ou collision
21/09/2021	13	Noctule sp	E5	En décomposition, corps entier	Barotraumatisme
21/09/2021	14	Pipistrelle commune	E6	Très frais, corps entier	Barotraumatisme
23/09/2021	15	Noctule sp	E8	Sec, corps entier	Barotraumatisme

La majorité des cadavres a été trouvée entre les mois d'août et d'octobre (cf. Figure 9). Les éoliennes les plus mortifères en 2021, pour les chiroptères, furent l'éolienne E1, E3 et E9 (cf. figure ci-dessous).

Figure 9 : Répartition des mortalités constatées au cours du suivi. Extrait du rapport de suivi post-implantation de 2020 (Calidris, 2021)

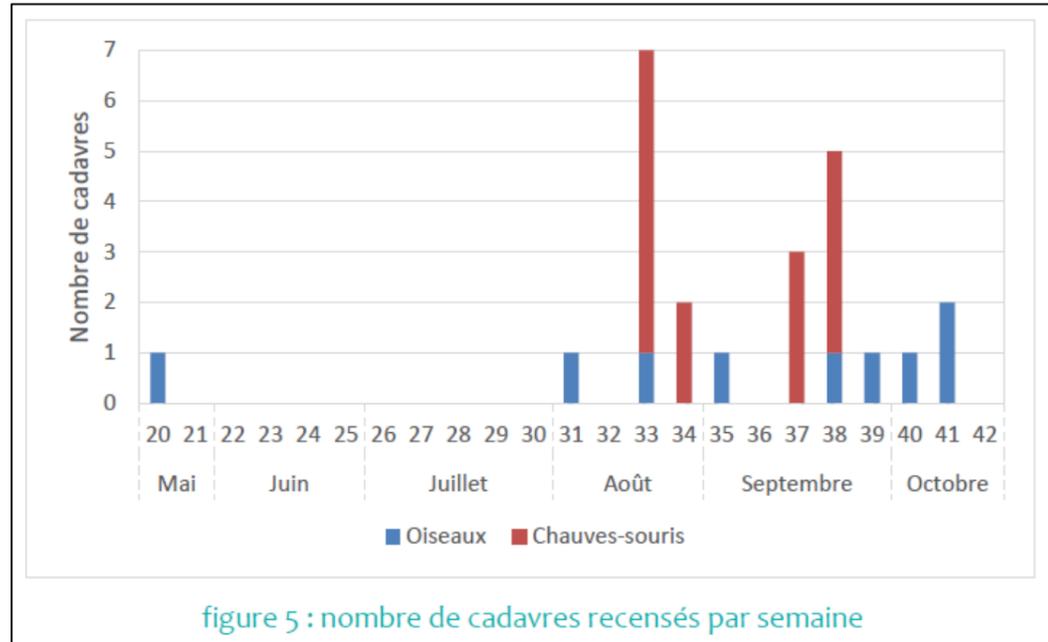


figure 5 : nombre de cadavres recensés par semaine

Figure 10 : Répartition des mortalités constatées, sur le parc éolien de Reully, au cours du suivi. Extrait du rapport de suivi post-implantation de 2020 (Calidris, 2021)

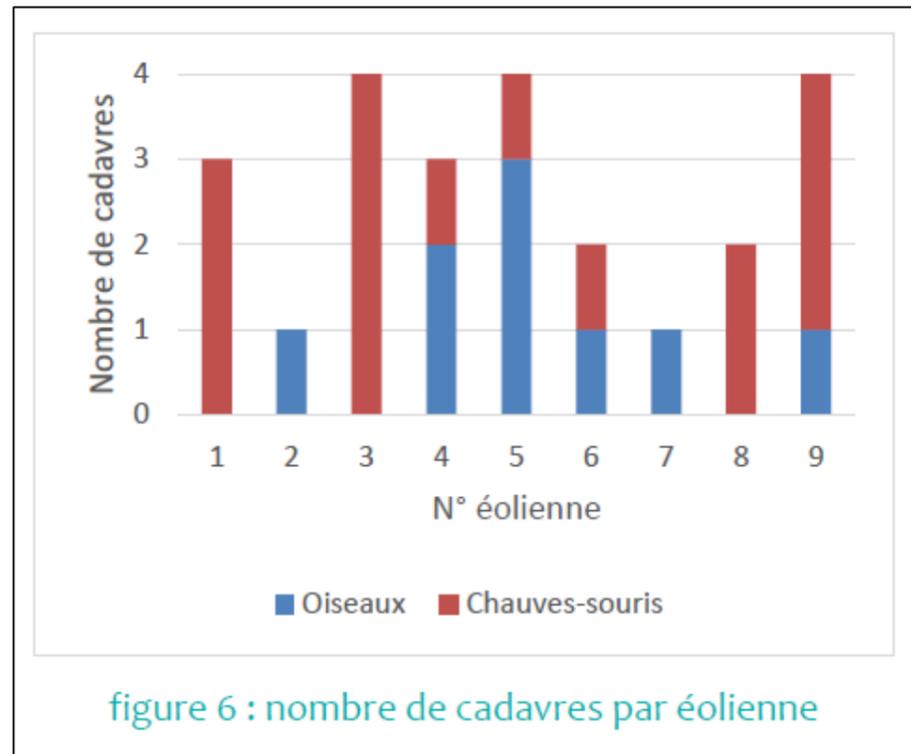


figure 6 : nombre de cadavres par éolienne

En 2021, le taux de mortalité des oiseaux a été estimé entre 5 et 7 individus par éolienne pour la période de suivi de mai à octobre.

Figure 11 : Taux de mortalité des oiseaux calculés à la suite des résultats du suivi mené en 2021. Extrait du rapport de suivi post-implantation de 2021 (Calidris, 2022)

tableau 9 : estimation de la mortalité selon les différentes méthodes utilisées pour les oiseaux

Formule	Mai à juillet		Août à octobre		Ensemble du suivi	
	Médiane	IC 95%	Médiane	IC 95%	Médiane	IC 95%
Erickson	14,94	[0 - 60]	21,32	[10 - 43]	43,76	[19 - 88]
Huso	15,41	[0 - 65]	24,48	[12 - 47]	47,57	[21 - 94]
Jones	25,29	[0 - 143]	29,10	[14 - 59]	62,27	[26 - 132]

Figure 12 : Taux de mortalité des chiroptères calculé à la suite des résultats du suivi mené en 2020. Extrait du rapport de suivi post-implantation de 2020 (Calidris, 2021)

tableau 10 : estimation de la mortalité sur l'ensemble du parc pour les chiroptères

Formule	Mai à Juillet		Août à Octobre		Ensemble du suivi	
	Médiane	IC 95%	Médiane	IC 95%	Médiane	IC 95%
Erickson	-	-	38,73	[8 - 95]	72,04	[13 - 180]
Huso	-	-	44,72	[9 - 106]	77,98	[14 - 191]
Jones	-	-	53,04	[10 - 133]	102,17	[18 - 263]

En 2021, le taux de mortalité des chiroptères a été estimé entre 8 et 12 individus par éolienne pour la période de suivi de mai à octobre.

1.2.2.4 Mesures préconisées à la suite du suivi de 2021

- Bridage des éoliennes

Extrait du rapport post-implantation mené en 2021 (Calidris, 2022) :

« Les caractéristiques proposées dans ce plan de bridage reposent sur les données de mortalité récoltées lors des deux suivis de mortalité qui ont eu lieu sur le parc de Reully, ainsi que sur le suivi d'activité des chiroptères réalisé en 2021. Les résultats du suivi de mortalité de 2021 confortent les paramètres du bridage préconisés à la suite du suivi de mortalité de 2020.

Ainsi, les 9 éoliennes du parc éolien de Reully et Diou devront être bridées :

- du 1er juin au 31 octobre ;

-
- en l'absence de pluie ;
 - pour une température supérieure à 12°C à hauteur de nacelle (couvre 98% de l'activité enregistrée) ;
 - de 1 heure avant le coucher du soleil jusqu'à 1 heure après son lever ;
 - pour une vitesse de vent inférieure à 6 m.s-1 à hauteur de nacelle (couvre 91% de l'activité enregistrée).

Ce bridage pourra être revu en fonction des résultats du suivi de mortalité qui aura lieu sur le parc pour une troisième année. »

- Pose de girouette sur les rambardes des éoliennes

« Le parc éolien de Reully et Diou a engendré des cas de collision avec le Faucon crécerelle (2 en 2020 et 3 en 2021). Cette espèce est souvent observée posée sur les rambardes des parcs éoliens, pouvant engendrer un risque potentiel de collision. Afin d'éviter l'attrait des rambardes pour cette espèce, une pose de girouettes sur ces dernières sera effectuée.

Les neuf éoliennes du parc de Reully et Diou seront équipées de girouettes. »

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

L'activité des chauves-souris est également très différente sur un gradient altitudinal (selon les types d'espèces, leurs comportements de chasse, la structure de végétation, les conditions climatiques, les effets d'aérodynamisme...). Afin de percevoir un rapport de cause à effet entre activité et mortalité, il s'agira 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, il 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. Il n'était toutefois pas envisagé d'installer un enregistreur automatique d'ultrasons sur chacune des éoliennes du parc éolien.

Les éoliennes choisies, en 2022, pour l'installation du Batcorder fut l'éoliennes E1 et E7. Les deux enregistreurs furent installés du 09 mars au 16 novembre 2022.

Les suivis en continu ont donc permis de couvrir la période printanière, la période estivale et la période automnale sur 2 éoliennes différentes, du parc éolien de Reuilly.

Lors du suivi post-implantation de 2021 (cf. Calidris, 2022) les éoliennes équipées étaient les éoliennes E1 et E8. Le matériel installé sur l'éolienne E1 était un Batmode, sur l'éolienne E8 c'était un Batlogger. Du fait d'une sensibilité différente de ces matériels, il sera difficile de comparer précisément les résultats de cette étude avec ceux de cette année. Lors du suivi post-implantation de 2020, aucun suivi acoustique en hauteur n'a été effectué.

2.1.2 Suivi passif depuis la nacelle des éoliennes

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

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

- Quality : 20
- Threshold : 27 dB
- Posttrigger : 800 ms
- Critical frequency : 14 kHz
- Heure de déclenchement et de veille : 18h-8h (en heure locale)

Au niveau des éoliennes équipées, 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 machines de basse fréquence.

Figure 13 : Installation des Batcorders en nacelle avec micro à travers la paroi de la nacelle

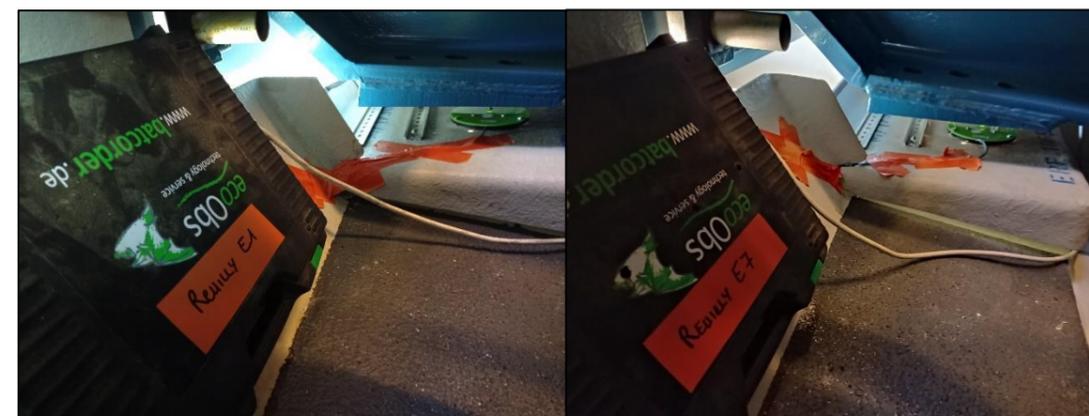


Figure 14 : Zone de couverture acoustique des Batcorders sous les nacelles d'éoliennes (modèle Enercon E72 en haut, modèle Vestas en bas)

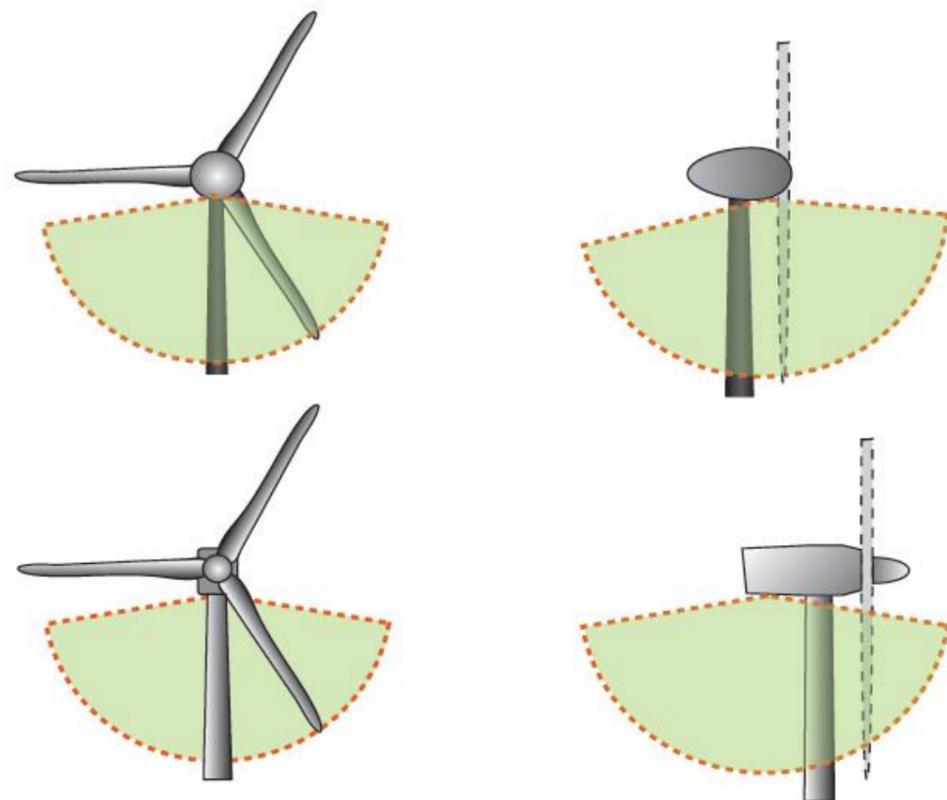
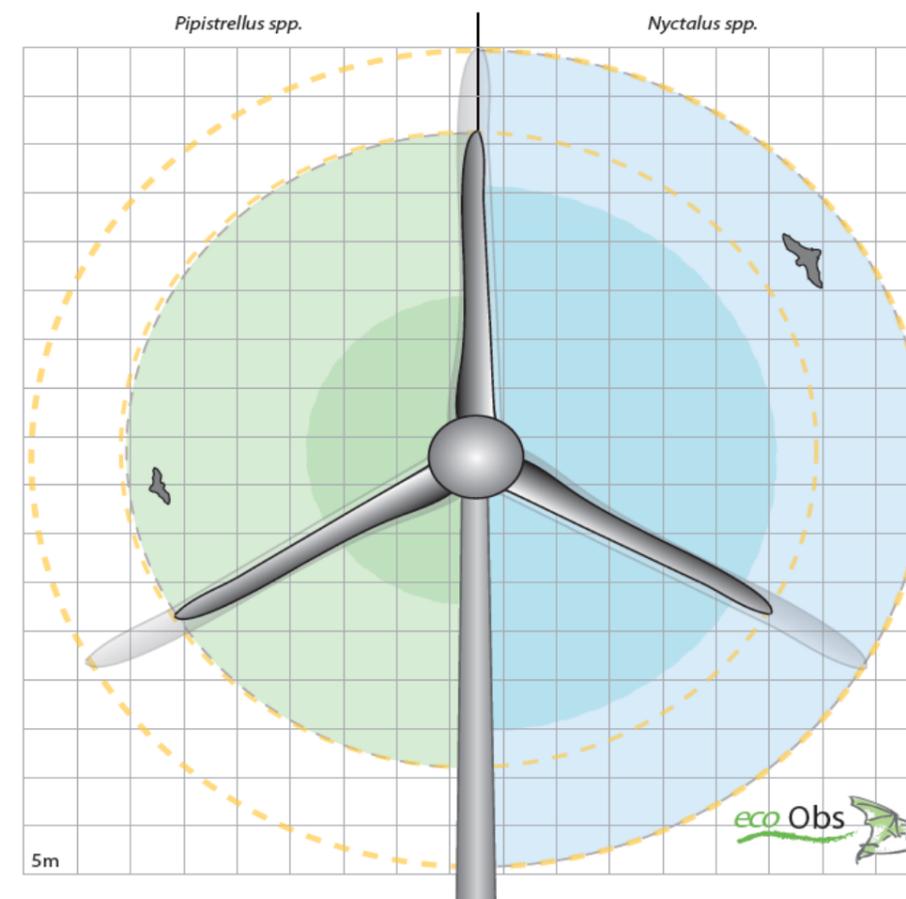


Figure 15 : Distances de détection (minimum et maximum) pour des signaux de pipistrelles et noctules (20 et 40 kHz de fréquences)



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 (Batacorders). L'expérimentation a notamment montré que 83% des chiroptères qui rentrent dans le champ de rotation des éoliennes sont détectés par la méthode acoustique. Ces capteurs paraissent donc particulièrement adaptés à la caractérisation de l'activité des chiroptères autour des éoliennes. Il est évident que ces chiffres ne prennent pas en compte les biais liés à l'orientation du micro et aux obstacles acoustiques par rapport à la structure de la nacelle. Le ciblage du suivi vers la partie basse du rotor s'explique par le fait qu'il s'agit logiquement de la partie la plus meurtrière du rotor (concernant à la fois des espèces de vol haut et des espèces de lisières ou de vol 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.

Un autre intérêt du système Batacorder 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 la comparaison statistique des ultrasons enregistrés avec les références d'une large sonothèque 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 ce cas précis, il sera abordé 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.

2.1.3 Plage/pression de suivi en hauteur

Plusieurs éoliennes ont été équipées d'un enregistreur automatique (Batcorder) : l'éolienne E1 et l'éolienne E7. Les suivis de l'activité des chauves-souris en hauteur se sont étalés du 09 mars au 16 novembre 2022. Les suivis en continu ont donc permis de couvrir la période printanière, estivale et automnale.

Ainsi, 252 nuits efficaces ont été suivies pour chaque éolienne. Au total, **504 nuits efficaces ont été suivies, en 2022, par les 2 enregistreurs**. Ce qui représente 7 056 heures d'enregistrement en tout.

Cela représente un volume de 9615 données ultrasonores à analyser dont 4784 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 des modules Batcorder autonomes).

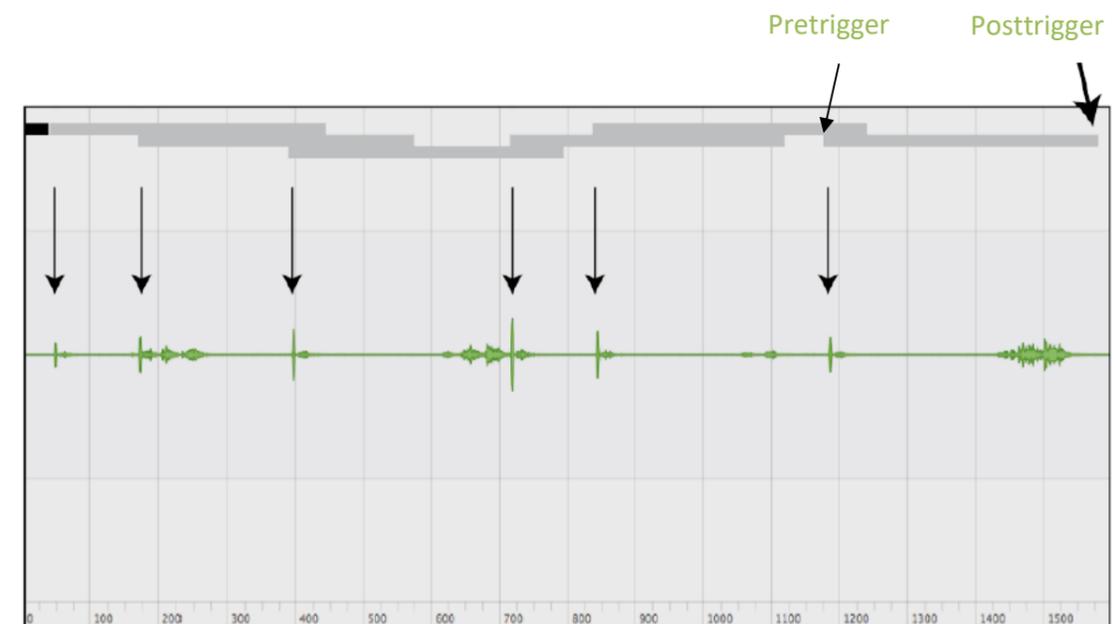
Figure 16 : Synthèse des plages de fonctionnement des modules Batcorders autonomes en continu et nombre d'enregistrements relevés

Emplacement du module Batcorder autonome	Date d'intervention	Type d'intervention	Nombre total de séquences enregistrées	Nombre de séquences enregistrées correspondant à des chiroptères
Eolienne E1 Module Batcorder modèle 1.0 n°778	09/03/2022	Installation	2865	2859
	16/11/2022	Désinstallation		
Eolienne E7 Module Batcorder modèle 1.0 n°779	09/03/2022	Installation	6750	1925
	16/11/2022	Désinstallation		

2.1.4 Évaluation de l'activité

L'évaluation de l'activité pour un Batcorder se fait par enregistrement des séquences pour chaque contact de chiroptère. Mais comme tout enregistreur automatique, selon la récurrence des signaux, le Batcorder peut être amené à décomposer le passage d'un individu sur plusieurs séquences, notamment lorsque la récurrence est faible (l'intervalle de temps entre chaque signal émis est important). Il s'agit alors de veiller à ne pas considérer ces différentes séquences comme plusieurs passages distincts, mais bien comme celui d'un individu émettant des signaux espacés dans le temps. C'est notamment important à prendre en compte pour valoriser des notions de rythme (régularité des intervalles entre signaux successifs), ou d'alternance (alternance de la structure des signaux entre Quasi-Fréquence Constante (QFC) / Fréquence modulée aplanie (Fmap))¹, notions souvent essentielles pour faciliter la distinction de certaines espèces. La configuration du matériel peut donc permettre de limiter ce biais. Il s'agit notamment de faire le choix d'une valeur importante du paramètre « posttrigger », qui se définit comme le temps maximal suivant un signal ultrason à partir duquel l'enregistreur stoppe l'enregistrement si aucun autre nouvel ultrason n'est perçu. Le schéma suivant caractérise ce paramètre, configuré ici pour une valeur de 400ms.

Figure 17 : Schéma caractérisant le paramètre « posttrigger » (ici configuré sur 400 ms)



¹ QFC : Fréquence quasi constante. Structure de sons généralement utilisée par les chiroptères évoluant en milieux ouverts, dont l'intérêt est une portée d'émission importante au détriment de la précision de l'écho.

FMap : Fréquence modulée abrupte. Structure de sons qui exploite une large bande de fréquence, généralement utilisée par les chiroptères évoluant en milieux fermés, cherchant à privilégier la précision de l'information plutôt que la perception d'objets lointains.

FMapl : Fréquence modulée aplanie. Structure de sons intermédiaires entre les deux précédentes, pour un compromis entre perception d'objets assez éloignés et précision de détails.

2.1.5 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, à hauteur de nacelle, le seuil de 50 secondes d'activité cumulée par nuit représente une valeur moyenne.

Figure 18 : Référentiel EXEN de niveau d'activité pour une nuit mesurée par un Batcorder en éolienne (en secondes d'activité cumulée/ 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

2.1.6 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 (essaimages d'insectes, effets d'aérodynamique, effet paravent des lisières...).

De façon générale, il est distingué (Figure 19 page 21) :

- 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'espèces 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 vol haut).

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

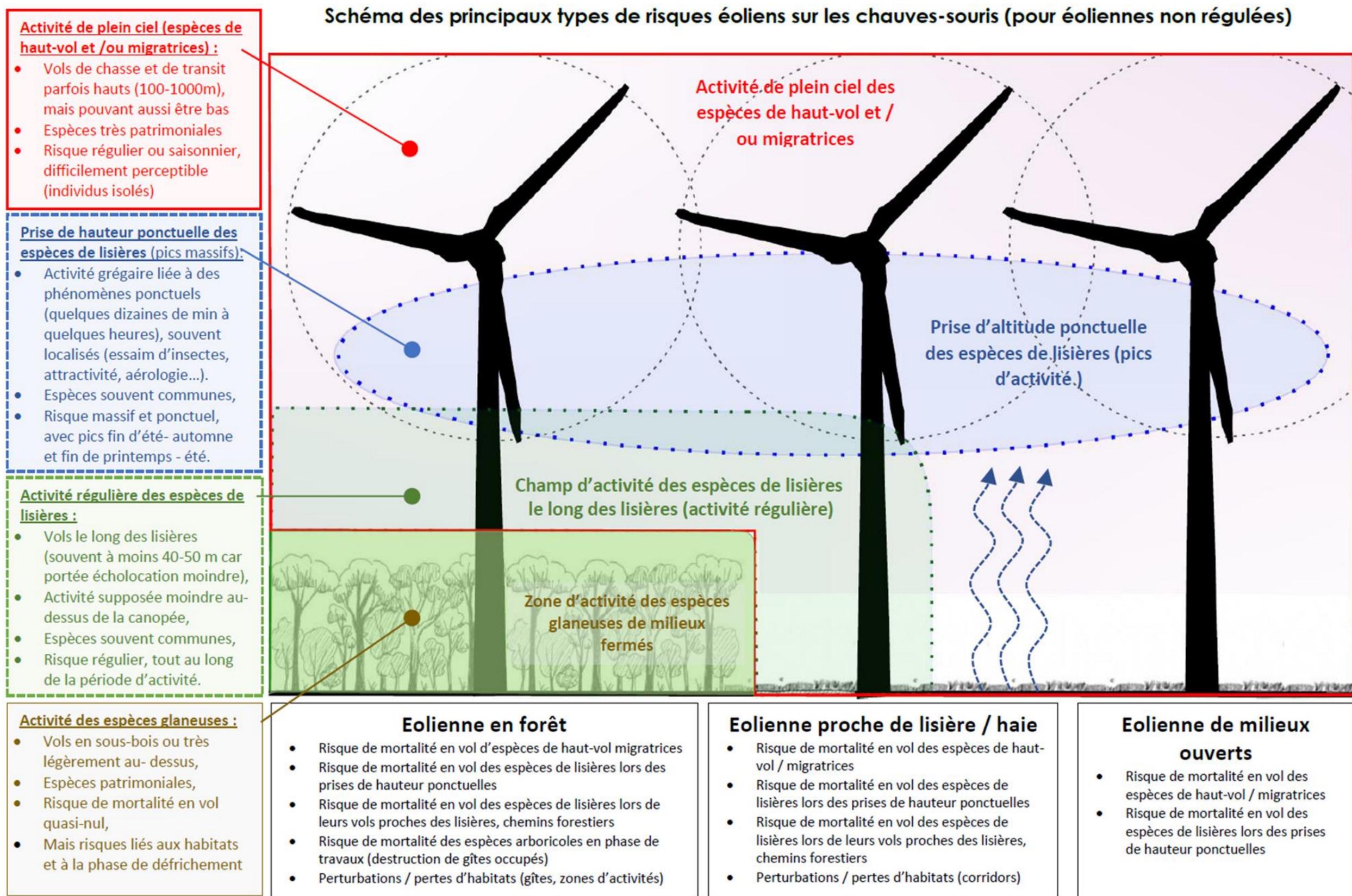
- **Du groupe des espèces de lisière** qui comprend l'ensemble des pipistrelles, la Sérotine commune et les Oreillard sp. Ce groupe d'espèces évolue généralement à de faibles hauteurs de vol (moins de 50 m) en suivant les éléments structurants du paysage (lisières de boisement, haies, chemins...), et en s'appuyant sur ces corridors linéaires comme supports d'écholocation. Ce groupe d'espèces est toutefois capable de se « déconnecter » ponctuellement de ces corridors de déplacement et voler ainsi plus en hauteur, voire en plein ciel, notamment pour exploiter des opportunités alimentaires. Ce serait notamment le cas lors de poursuites en altitude d'essaimages d'insectes lors de conditions particulières (phénomènes d'aérodynamique au moment des phénologies de reproduction des insectes-proies).
- **Du groupe des espèces de vol haut 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 phase 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 vol haut**, 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 phase 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 est très liée 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 19 : Schéma théorique de l'activité des chiroptères selon le type de vol, et problématiques liées aux différents types d'implantation d'éolienne (forêt, lisière ou milieu ouvert)



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 (Batcorder depuis la nacelle)

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

Théoriquement, il est considéré 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, il est possible de se dire 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'aérologie, 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

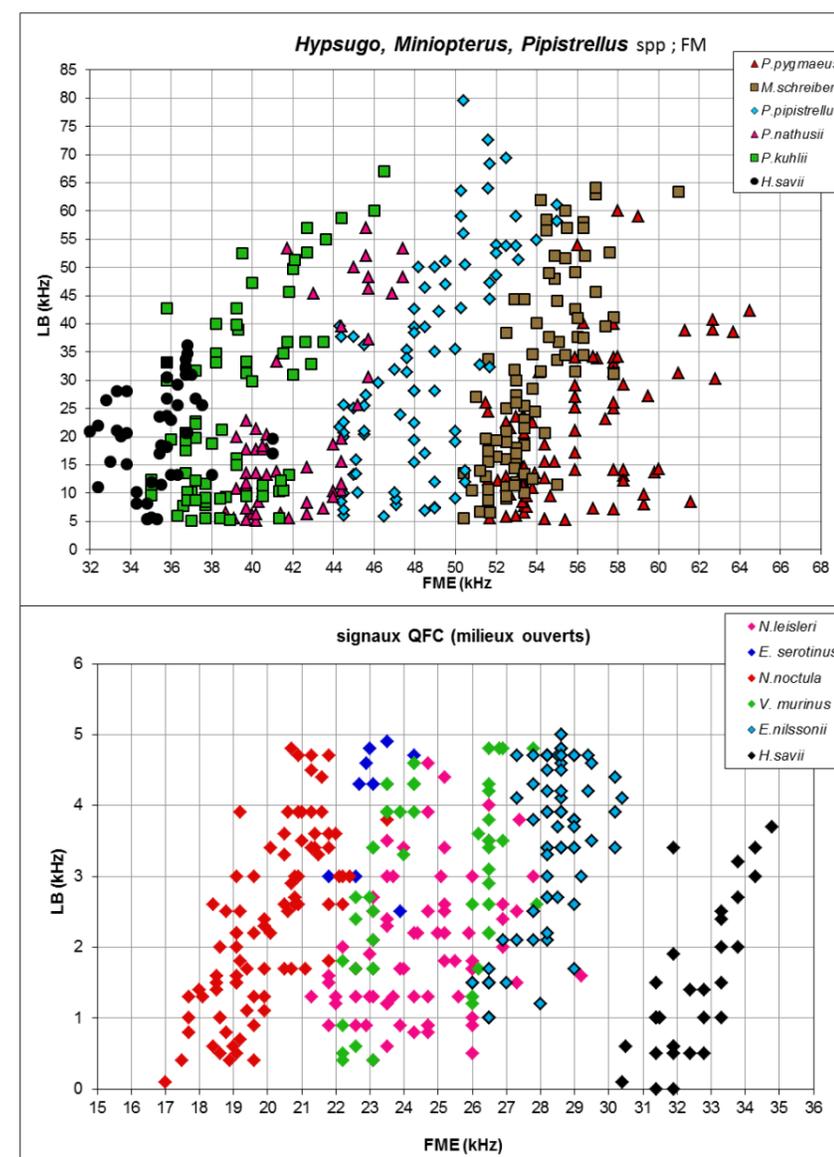
L'identification acoustique des chiroptères est une science encore en évolution et qui bénéficie d'avancées récurrentes ces dernières années. La plupart des espèces peuvent être déterminées précisément.

Toutefois, il faut reconnaître que certaines d'entre elles émettent des ultrasons à des fréquences très proches, et aux caractéristiques acoustiques comparables dans certaines conditions. C'est par exemple le cas des difficultés de différenciation entre *Myotis* 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 concernent 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 20 : Exemple de recouvrements dans les signaux de plusieurs espèces (En haut : le groupe des Fréquences Modulées Aplantes >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, le coefficient de détectabilité, présenté au niveau de la figure suivante, est appliqué. Mais ce coefficient ne peut s'appliquer que si l'espèce a été contactée au moins une fois. Ce coefficient permet de corriger une partie de ce biais, mais ne l'élimine pas complètement. Par conséquent, comme évoqué 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 21 : 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
Moyenne	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67	Moyenne	<i>Myotis bechsteinii</i>	10	2,50
	<i>Myotis blythii</i>	20	1,25		<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
Forte	<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1,00	Forte	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1,00
	<i>Miniopterus schreibersii</i>	30	0,83		<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1,00
	<i>Hypsugo savii</i>	40	0,63		<i>Hypsugo savii</i>	30	0,83
Très forte	<i>Eptesicus serotinus</i>	40	0,63	Très forte	<i>Eptesicus serotinus</i>	30	0,83
	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50		<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50
	<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,50		<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,50
	<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,50		<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,50
	<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31		<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31
	<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25		<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25
	<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17		<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17
<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17		

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 détection acoustiques évoquées précédemment liées à l'émission ultrasonore des espèces elles-mêmes (portée d'émission divergente, direction de la source d'émission...), il faut aussi reconnaître des limites de détection liées à un ensemble d'autres facteurs comme :

- La présence d'**obstacles acoustiques** entre la source ultrasonore et le micro. Pour 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, 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 météorologiques** 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, par exemple :

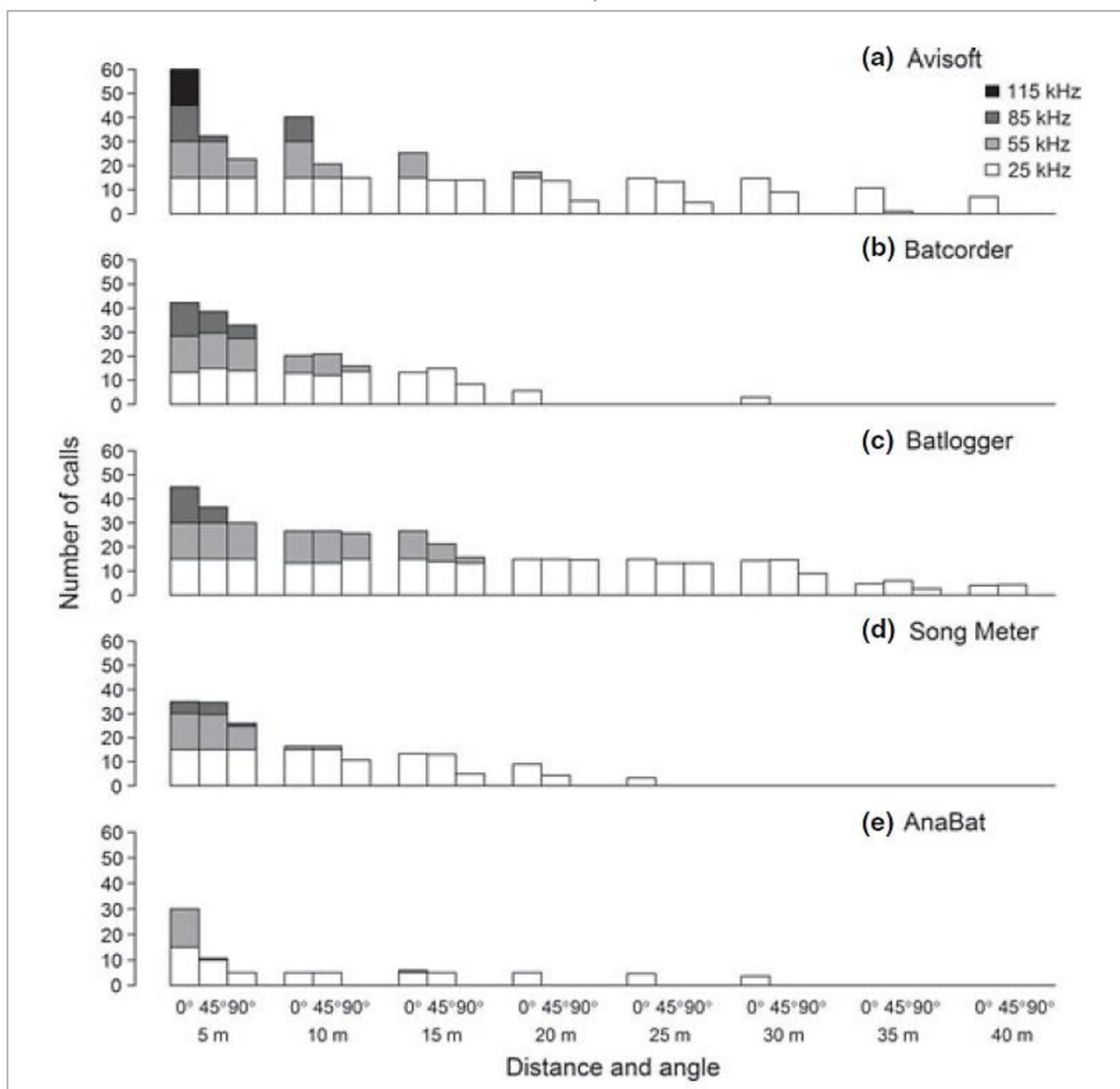
- Les limites liées à la qualité et à la fréquence de recalibrage des micros,
- Leur volume de détection (cône de détection) et à leur caractère directionnel ou multidirectionnel,
- Les paramétrages retenus (filtres des basses ou hautes fréquences, durée d'enregistrement depuis le déclenchement),
- Les 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 22 : 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 liées 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, il existe 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, ce seuil de réglage-usine est descendu manuellement à 14 kHz pour limiter la perte de données pour ces espèces, ce qui ne permet toutefois pas d'écarter 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), il est considéré que le Batcorder échouera à la détection d'une petite portion des signaux émis par l'espèce et en particulier ceux liés à des passages de transits très ponctuels d'un individu en milieu ouvert (vol haut), écarté 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 la percevoir. La preuve en est que la découverte des premiers gîtes de mise-bas de l'espèce en France en 2012 a été faite 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 du suivi 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 de deux enregistreurs automatiques à ultrasons positionnés sur les éoliennes E1 et E7.

La position des enregistreurs permet de mieux percevoir l'activité des chiroptères qui concerne directement le rotor des éoliennes équipées. **La plage de suivi s'est étendue sur environ 8 mois (09 mars au 16 novembre).**

Le tableau suivant synthétise le cortège d'espèces détectées à partir des modules Batcorders automatiques en continu placé au niveau de la nacelle de l'éolienne E1 et E7. **Six espèces de chauves-souris** sont ainsi déterminées avec certitude et deux autres font l'objet de détermination non discriminante.

Figure 23 : Tableau recensant l'ensemble des espèces contactées au cours du suivi en continu (en blanc sont représentées les espèces dont la détermination reste incertaine)

Espèce	Nom scientifique	Abv	E1	E7	Protec. Fr.	Protec. U.E.	Conv Berne	Espèces prioritaire du PNA chiroptère (2015-2025)	Espèces PNA à forte pression liées à l'éolien (PNA 2016-2025)	Tendance évolutive (PNA 2016-2025)	Liste rouge UICN (Mondiale)	Liste rouge UICN (Europe)	Liste rouge nationale (Nov 2017)	Liste rouge Centre-val de Loire (2013)	Valeur patrimoniale
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Nnoc	X	X	P	H4	2	Oui	Oui	?	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Vulnérable	Quasi menacé	Modéré à fort
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Nlei	X	X	P	H4	2	Oui	Oui	-	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Quasi menacé	Modéré à fort
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Ppip	X	X	P	H4	2	Oui	Oui	-	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Préoc. Mineure	Modéré
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pkuh	X	X	P	H4	2			+	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Très faible
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Pnat	X	X	P	H4	2	Oui	Oui	?	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Quasi menacé	Modéré
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Vmur	(X)	(X)	P	H4	2			?	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Données insuffisantes		Faible à modéré
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Eser	X	(X)	P	H4	2	Oui	Oui	-	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Préoc. Mineure	Modéré
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Enil	(X)	(X)	P	H4	2	Oui	Oui	?	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Données insuffisantes		Faible à modéré

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

- **Du groupe des espèces de lisières** qui comprend la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Sérotine commune et la Sérotine de Nilsson (potentiellement présente sur le site). 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'essaimages 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**, qui comprend la Noctule de Leisler, la Noctule commune et la Sérotine bicolore (potentiellement présente sur le site). Ce groupe d'espèces comprend, donc, des espèces qui utilisent les secteurs plus ouverts et ont en conséquence des hauteurs de vol plus importantes, même lors de vols de chasse.
- **Du groupe des espèces de vol haut en migration/transit**, qui comprend la Pipistrelle de Nathusius. Cette espèce semble avoir un comportement similaire aux autres pipistrelles lors de ses vols réguliers de chasse (espèce de lisière), mais lors de ses transits ou en période migratoire (printemps et automne), elle utilise volontiers le plein ciel.

Certaines identifications d'enregistrement ne pouvant aboutir à une espèce précise, des groupes intermédiaires sont donc créés, il s'agit :

- **Du groupe des espèces de lisière ou de vol haut**, qui comprend le groupe des Nycmi qui peut correspondre soit à la Sérotine commune ou de Nilsson (espèces de lisière) soit à des noctules ou à la Sérotine bicolore (espèces de vol haut).
- **Du groupe des espèces de lisière ou vol haut en migration/transit**, 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), soit au groupe de Pipistrelle de Nathusius/Pipistrelle commune.

Figure 24 : Proportion d'activité par groupe d'espèces relevée au niveau du point d'enregistrement en continu sur l'éolienne E1 (En haut détail par espèces, en bas par groupes de vol)

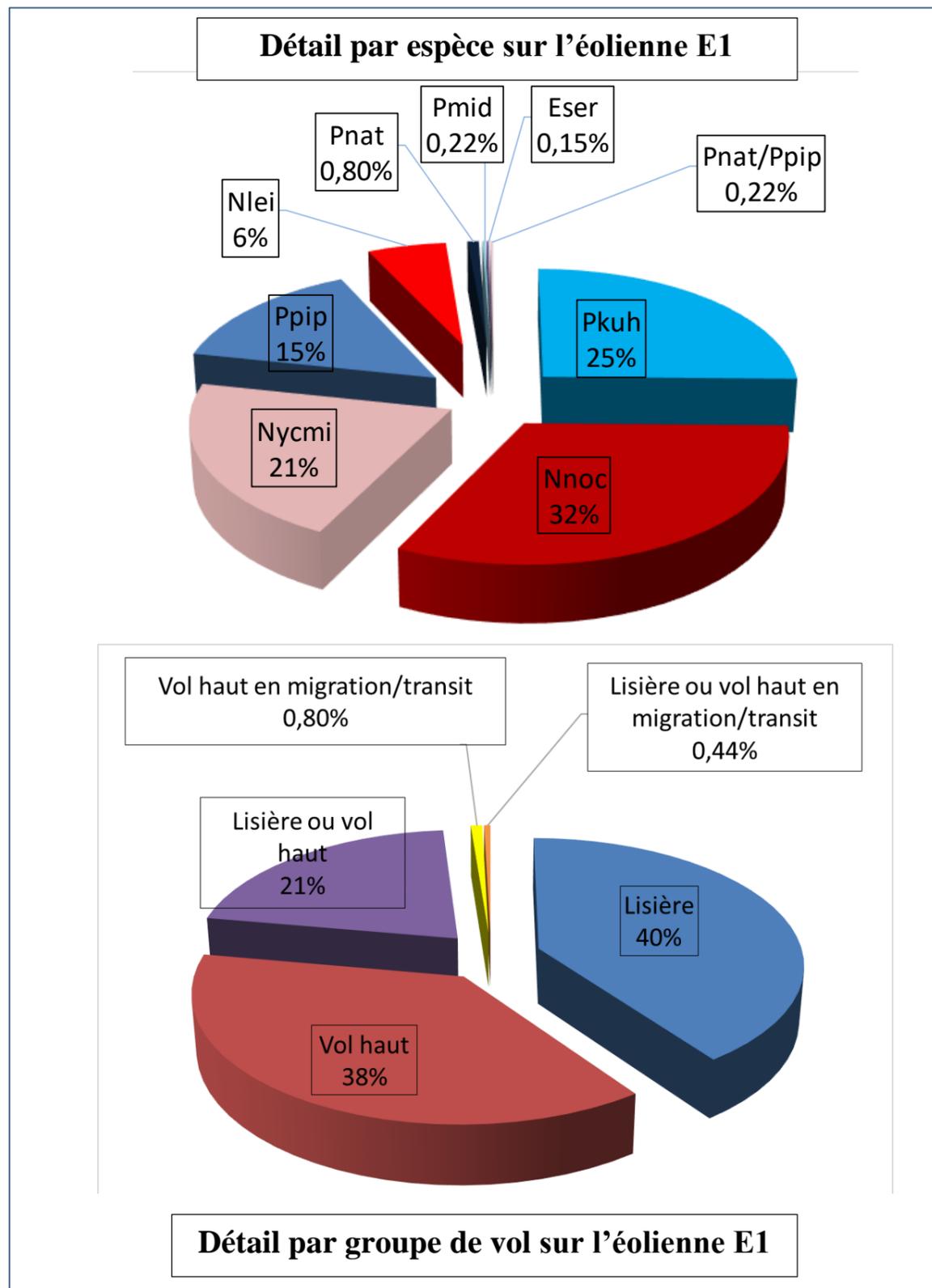
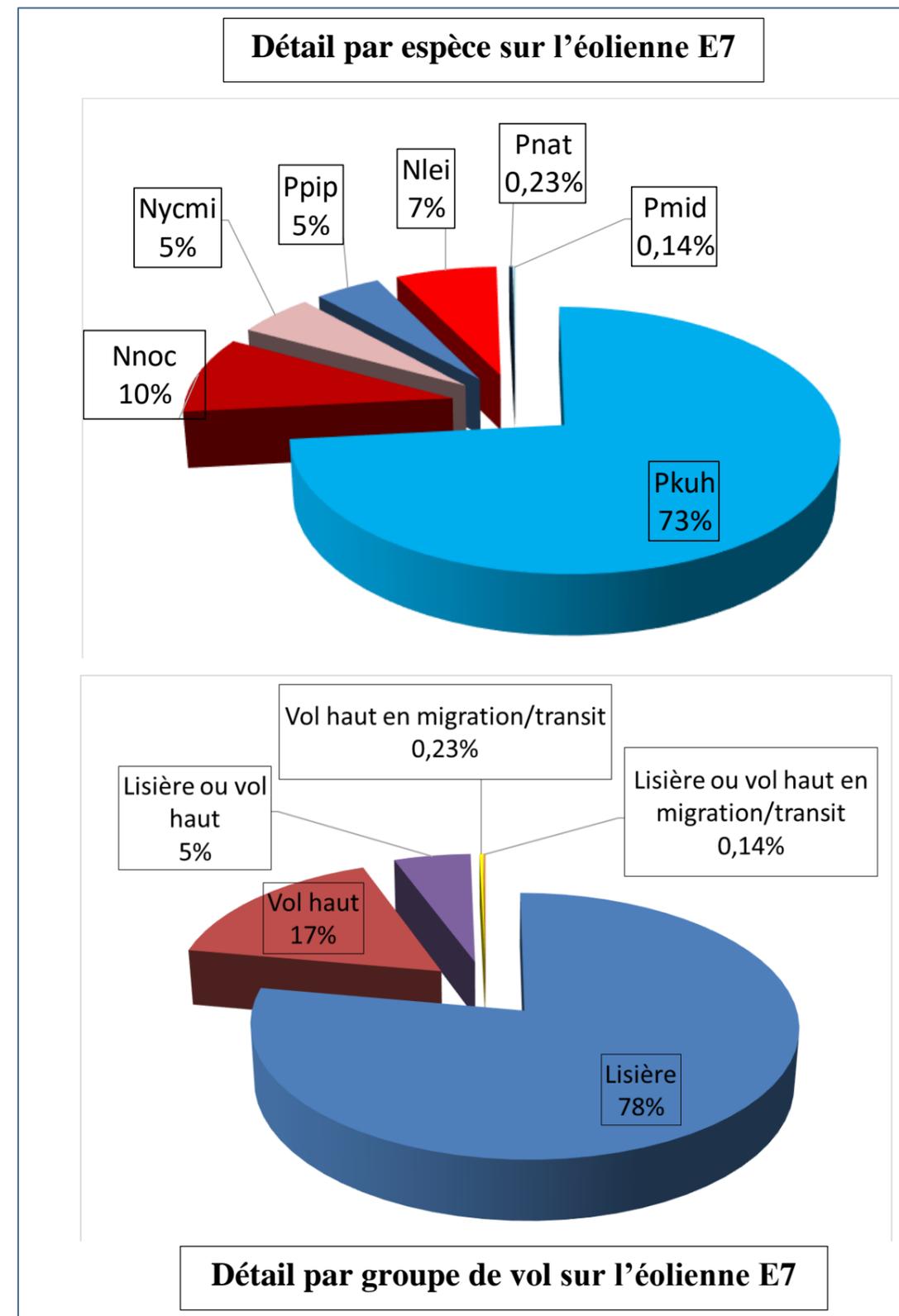


Figure 25 : Proportion d'activité par groupe d'espèces relevée au niveau du point d'enregistrement en continu sur l'éolienne E7 (En haut détail par espèces, en bas par groupes de vol)



2.3.2 Proportion d'espèces

Les graphiques disponibles à la Figure 24 et Figure 25, page 26, témoignent de la proportion de chacun des 5 grands groupes d'espèces au sein de l'activité totale relevée sur chacune des éoliennes étudiées. Il faut rappeler qu'il s'agit, ici, d'une approche des proportions d'activité spécifique par rapport à l'activité totale, relevée sur chacune des éoliennes.

Il est notable que les proportions d'espèces ou de groupes d'espèces sont différentes entre les deux éoliennes suivies, E1 et E7.

En nacelle de l'éolienne E1, le groupe des espèces de lisière et celui de vol haut ont été contactés en proportion quasi-équivalente. En revanche, en nacelle de l'éolienne E7, le groupe des espèces de lisière est largement majoritaire avec plus 75% de l'activité totale enregistrée pour ce groupe.

Sur les deux éoliennes, le groupe d'espèces de vol haut est majoritairement représenté par la Noctule commune. Elle est présente à hauteur de 32% de l'activité totale, en nacelle de l'éolienne E1 et de 10% de l'activité totale relevée en nacelle de l'éolienne E7.

Concernant le groupe d'espèces de lisière, il est représenté par la Pipistrelle de Kuhl, sur les deux éoliennes étudiées. En nacelle de l'éolienne E1, l'activité de cette représente 25% de l'activité totale et en nacelle de l'éolienne E7, elle représente 73% de l'activité totale.

Il faut rappeler que les éoliennes E1 et E7 sont distantes de 2,5 km environ et l'activité chiroptérologique relevée en nacelle peut être influencée par des éléments différents. L'éolienne E1 est proche de la rivière de l'Herbon et de sa ripisylve qui peuvent être utilisés comme axe de transit par les espèces de vol haut. L'éolienne E7 est au sud-ouest d'un bosquet, distant de 190 mètres et bordé par un milieu humide temporaire. Ces éléments et l'éloignement géographique peuvent expliquer la différence de proportion d'espèces observée sur les résultats du suivi acoustique effectué à hauteur de nacelle de ces deux éoliennes.

2.3.3 Évolution 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 les enregistreurs continus.

Le tableau de la page suivante (Figure 26 page 28) synthétise cette notion sur l'ensemble du suivi en continu en hauteur (en nacelle de l'éolienne E1 et E7). 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. Il s'agit de la **Pipistrelle commune**, de la **Pipistrelle de Kuhl**, de la **Noctule commune** et de la **Noctule de Leisler**.

En ce qui concerne les espèces de lisière, la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl sont présentes surtout au cours de la période estivale (phase de mise-bas) et pendant la période automnale (phase de regroupements sociaux et de transit).

Concernant la **Sérotine commune**, sa présence, à hauteur de nacelle, semble ponctuelle. Elle n'a été contactée que lors de la première quinzaine de septembre.

En ce qui concerne les espèces de vol haut, la **Noctule commune** et la **Noctule de Leisler** semblent présentes de manière très régulière sur le site, tout au long de la période de suivi. Elles pourraient vivre à l'année au sein de cavités arboricoles, dans un périmètre plus ou moins proche du parc. Leur présence paraît plus élevée, en période automnale. Cette période est une phase de migration pour ces deux espèces.

En ce qui concerne les espèces de vol haut en migration/transit, la **Pipistrelle de Nathusius** a pu être mise en évidence seulement au mois de juin. Les contacts identifiés en Pmid (Pipistrelle de Kuhl ou Pipistrelle de Nathusius) peuvent aussi correspondre à de l'activité de Pipistrelle de Nathusius. Ces derniers ont été relevés en juin et en septembre. Cette dernière période de contacts pourrait indiquer une activité migratoire de cette espèce, sur le parc éolien de Reuilly.

Figure 26 : Tableau de continuité de présence de chaque espèce (ou groupe d'espèces) au cours du suivi en continu en 2022, basée sur les données enregistrées en nacelle d'éoliennes E1 et E7 (en seconde d'activité par quinzaine)

(Avril-2 : deuxième quinzaine du mois d'avril ; les couleurs sont arbitraires mais les couleurs foncées représentent un niveau d'activité plus important)

Espèce ou groupe d'espèce	Période de transit/migration				Période de mise-bas et d'élevage des jeunes						Période de transit/migration et de swarming						
	Mars-1 (09-15)	Mars-2	Avril-1	Avril-2	Mai-1	Mai-2	Juin-1	Juin-2	Juil-1	Juil-2	Aout-1	Aout-2	Sept-1	Sept-2	Oct-1	Oct-2	Nov-1 (01-16)
Pipistrelle de Kuhl (Pkuh)					1,1	1,6	31,3	0,3	5,3	3,1	0,8	1,2	0,9		119,1	47,3	2,6
Pipistrelle commune (Ppip)				1,2	0,4	0,5	9,4	2,7	1,2	1,4	1,2	2,6	0,6	0,3	13,5	4,2	0,7
Sérotine commune (Eser)													0,3				
Noctule de Leisler / Noctule commune / Sérotine commune / Sérotine bicolore / Sérotine de Nilsson (Nycmi)					0,1		1,8	0,3	5,2	22,3	5,7	13,9	1,5	0,1	1,7	0,5	
Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius (Pmid)							0,5		0,3					0,1			
Pipistrelle de Nathusius/Pipistrelle commune (Ppip/Pnat)							0,2	0,3									
Noctule commune						0,4	0,1	0,1	9,2	43,6	12,7	14,2	3,1	0,2	0,7	0,2	
Noctule de Leisler						0,1	1,0	2,4	0,5	3,3	1,9	13,0	2,7	0,3	0,7	0,1	
Pipistrelle de Nathusius							1,9	0,3									
Total général				1,2	1,6	2,4	46,2	6,4	21,7	73,7	22,5	45,0	9,0	1,0	135,7	52,4	3,3

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
----------------------------	-----------------------------	--------------------------------------------	--------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------

Légende (moyenne de l'activité relevée sur 15 jours, en secondes d'activité) :					
0 à 2,5	2,5 à 5	5 à 15	15 à 30	30 à 60	> 60

2.3.4 Chronologie de l'activité au niveau de la nacelle des éoliennes E1 et E7

Les graphiques de la Figure 31 page 32, ainsi que la Figure 32 page 33, synthétisent la chronologie de l'activité relevée par le module Batcorder à hauteur de la nacelle de l'éolienne E1 et E7, au cours de la période de suivi allant du 09 mars au 16 novembre 2022. 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 et de l'éolienne E7, peut être qualifiée de modérée globalement.

Figure 27 : Echelle de représentation du niveau d'activité par nuit, en nacelle d'éolienne (basée sur l'expérience d'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

Parmi les 252 nuits suivies, en 2022, il a été observé :

Niveau d'activité	Nacelle E1	Nacelle E7
Nul	154 nuits (61%)	164 nuits (65%)
Très faible	25 nuits (9%)	29 nuits (11%)
Faible	11 nuits (4%)	15 nuits (6%)
Faible à modéré	12 nuits (4%)	19 nuits (7%)
Modéré	34 nuits (13%)	16 nuits (6%)
Modéré à fort	8 nuits (3%)	5 nuits (2%)
Fort	6 nuits (2%)	1 nuit (0,3%)
Très fort	2 nuits (0,7%)	3 nuits (1%)

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

L'activité chiroptérologique relevée en hauteur, à cette période, est très hétérogène et ponctuelle, sur les deux éoliennes étudiées. Elle varie de nulle (62 nuits sur E1 ; 66 nuits sur E7) à modérée sur E1 (2 nuit) et très faible (2 nuits) sur l'éolienne E7. La date de la première activité de chauves-souris enregistrée est le 17 avril pour l'éolienne E1 et le 02 mai pour l'éolienne E7. Sur l'éolienne E1, c'est une activité d'un niveau faible de **Pipistrelle commune** qui a lieu le 17 avril. Sur l'éolienne E7, c'est une activité d'un niveau très faible de **Pipistrelle commune**.

Sur cette période, deux espèces et un groupe d'espèces ont été contactés, sur les deux éoliennes. Il s'agit de la **Pipistrelle commune** dont l'activité est erratique sur la période et varie d'un niveau très faible à modéré (25 avril et 09 mai sur E1) ; de la **Pipistrelle de Kuhl** dont l'activité est d'un niveau très faible à modéré (09 mai sur l'éolienne E1) ; du groupe d'espèces de vol ou de lisière « Nycmi » (espèce indéterminée) avec une activité éparse et d'un niveau très faible sur les deux éoliennes.

Le tableau, Figure 28 page 29, permet de détailler l'ensemble des informations disponibles (espèces enregistrées, conditions météorologiques, horaire) concernant les nuits où les niveaux d'activité relevés sont les plus hauts.

Figure 28 : Tableau de synthèse des informations relatives aux nuits de plus forte activité relevée en période printanière, en 2022

Date	Eolienne concernée	Niveau d'activité (seconde d'activité cumulée)	Espèces contactées	Vitesse du vent (en m/s)	Direction du vent	Température	Horaire
25/04/2022	E1	Modéré (14,37 s)	Pipistrelle commune	Moyenne de 2,35 (de 2,31 à 2,48)	E ; NE	Moyenne de 12°C (de 12,65 à 12,76°C)	Entre 21h et 22h
	Activité nulle sur E7						
09/05/2022	E1	Modéré (13,5 s)	Pipistrelle de Kuhl en majorité ; Groupe Nycmi	Moyenne de 1,37 (de 0,93 à 2,67)	S ; O	Moyenne de 23,08°C (de 21,65 à 23,49°C)	Entre 23h et 00h
	Activité Très faible sur E7 (1,55 s)						

Globalement, sur cette période, il est possible de voir qu'aucune espèce ne semble fréquenter le site régulièrement. D'autres part l'activité, bien que grossièrement similaire sur la période entre les deux éoliennes, reste changeante d'une éolienne à l'autre, sur une même nuit. Ainsi, les nuits de plus forte activité observées sur l'éolienne E1, ne sont pas les mêmes sur l'éolienne E7.

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

L'activité chiroptérologique relevée en hauteur, à cette période, est toujours très hétérogène sur les deux éoliennes étudiées, mais plus régulière, en particulier sur l'éolienne E1. Elle varie de nulle (49 nuits sur E1 et E7) à très fort (le 23 et 24 juillet sur E1 ; le 10 juin sur E7).

Le tableau, Figure 29 page 30, permet de détailler l'ensemble des informations disponibles (espèces enregistrées, conditions météorologiques, horaire) concernant les nuits où les niveaux d'activité relevés sont les plus élevés.

Figure 29 : Tableau de synthèse des informations relatives aux nuits de plus forte activité relevée en période estivale, en 2022

Date	Eolienne concernée	Niveau d'activité (seconde d'activité cumulée)	Espèces contactées	Vitesse du vent (en m/s)	Direction du vent	Température	Horaire
09/06/2022	E1	Fort (178,94 s)	Pipistrelle de Kuhl en majorité ; Pipistrelle commune Pipistrelle de Nathusius groupe Nycmi	Moyenne de 2,85 (de 0,5 à 3,48)	O ; NO ; N	Moyenne de 18,98°C (de 18,45 à 20,32°C)	De 22h à 01h et entre 2h et 4h
	Activité Faible à modéré sur E7 (6,2 s d'activité)						
10/06/2022	E7	Très fort (227,63 s)	Pipistrelle de Kuhl en majorité ; Pipistrelle commune et Noctule de Leisler	Moyenne de 1,82 (de 0,99 à 3,13)	NO ; E ; N ; NE	Moyenne de 23,21°C (de 18,82 à 24,28°C)	Entre 23h et 01h puis ponctuellement entre 04h et 05h
	E1	Fort (128,99 s)	Pipistrelle de Kuhl en majorité ; Pipistrelle commune, Noctule de Leisler, Noctule commune et Groupe Nycmi	Moyenne de 0,73 (de 0,56 à 1,36)	SE ; S	Moyenne de 24,14°C (de 23,3 à 24,34°C)	Entre 22h et 00h
23/07/2022	E1	Très fort (456,71 s)	Noctule commune en majorité ; Pipistrelle de Kuhl, Pipistrelle commune, Noctule de Leisler, Groupe Nycmi	Moyenne de 2,02 (de 1,56 à 2,35)	SO ; S ; O	Moyenne de 24,28°C (de 23,15 à 24,77°C)	Entre 22h et 02h
	Activité Faible à modéré sur E7 (9,96 s d'activité de Noctule commune)						

24/07/2022	E1	Très fort (210 s)	Noctule commune en majorité ; Pipistrelle de Kuhl, Pipistrelle commune, Noctule de Leisler et Groupe Nycmi	Moyenne de 3,37 (de 2,48 à 3,83)	SO ; SE	Moyenne de 30,34°C (de 29,49 à 30,95°C)	Entre 22h et 01h et entre 02h et 03h
Activité Modéré à fort sur E7 (92,52 s d'activité, Noctule commune en majorité)							

Sur l'éolienne E1, les espèces les plus contactées, sur cette période, sont la **Noctule commune** (847 s d'activité totale) et la **Pipistrelle de Kuhl** (423 s d'activité totale). La Noctule commune devient très régulièrement contactée à partir de mi-juillet, avec des niveaux d'activité variant d'un niveau faible à très fort. L'activité de la Pipistrelle de Kuhl est plus éparse mais élevée lors de plusieurs nuits de juin et de juillet. La **Pipistrelle commune** est contactée régulièrement à partir de début juin jusqu'au début du mois d'août, avec une activité variant d'un niveau faible à modéré à fort (03 juin 2022). L'activité de la **Noctule de Leisler** est erratique, sur toute la période, avec un niveau variant de très faible à modéré (3 nuits réparties sur juin, juillet, août).

Le pattern d'activité relevée, en nacelle de l'éolienne E7, est légèrement différent de celui de l'éolienne E1, sur cette période. L'activité est globalement moins élevée et moins régulière que sur l'éolienne E1. Ici, c'est la Pipistrelle de Kuhl qui est l'espèce la plus contactée (218 s d'activité totale). La **Noctule commune** présente, ici encore, une activité élevée (187 s d'activité totale) et régulière entre début juillet jusqu'à mi-août.

La **Pipistrelle commune** et la **Noctule de Leisler** présentent moins d'activité que sur l'éolienne E1. En revanche, cette activité semble avoir la même régularité que sur l'éolienne E1.

Il est possible de noter la présence de la **Pipistrelle de Nathusius**, lors des nuits du 09 et 14 juin 2022, avec une activité d'un niveau faible, en nacelle d'éolienne E7. Cette espèce a également été contactée, en nacelle d'éolienne E1, sur les nuits du 09 et du 21 juin, avec une activité variant de faible à modéré.

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

L'activité chiroptérologique relevée en hauteur, à cette période, est toujours très hétérogène sur les deux éoliennes étudiées. Elle varie de nulle (44 nuits sur E1 et 50 nuits sur E7) à très fort sur l'éolienne E7 (le 10 et le 26 octobre) et à fort sur l'éolienne E1 (le 04 octobre). La chronologie d'activité révèle une activité quotidienne et élevée, de mi-août jusqu'à début septembre, à hauteur de nacelle, sur les deux éoliennes.

Le tableau, Figure 30 page 31, permet de détailler l'ensemble des informations disponibles (espèces enregistrées, conditions météorologiques, horaire) concernant les nuits où les niveaux d'activité relevés sont les plus élevés.

Figure 30 : Tableau de synthèse des informations relatives aux nuits de plus forte activité relevée en période automnale, en 2022

Date	Eolienne concernée	Niveau d'activité (seconde d'activité cumulée)	Espèces contactées	Vitesse du vent (en m/s)	Direction du vent	Température	Horaire
04/10/2022	E1	Fort (176,06 s)	Pipistrelle de Kuhl en majorité ; Pipistrelle commune	Moyenne de 2,23 (de 1,17 à 3,36)	SO ; O	Moyenne de 18,43°C (de 17,53 à 19,19°C)	Entre 20h et 21h puis ponctuellement après 22h
	Niveau d'activité Modéré sur E7 (42,06 s)						
10/10/2022	E7	Très fort (1388,89 s)	Pipistrelle de Kuhl en majorité ; Groupe Nycmi Pipistrelle commune, Noctule commune	Moyenne de 1,72 (de 0,7 à 3,49)	O ; NO ; N ; NE	Moyenne de 18,84°C (de 18 à 19°C)	Entre 19h et 23h,
	Niveau d'activité Modéré sur E1 (20,87 s)						
15/10/2022	E7	Fort (154,26 s)	Pipistrelle de Kuhl en majorité Groupe Nycmi Pipistrelle commune	Moyenne de 3,4 (de 3 à 4)	SO ; S	Moyenne de 17,83°C (de 17 à 18°C)	Principalement entre 21h et 22h Ponctuellement entre 22h et 23h
	E1	Modéré à fort (54,48 s)	Pipistrelle commune en majorité Pipistrelle de Kuhl	Moyenne de 2,65 (de 2,44 à 3,11)	S ; O	Moyenne de 17°C (de 17 à 17°C)	Ponctuellement à 20h puis entre 6h et 7h
26/10/2022	E7	Très fort (669,49 s)	Pipistrelle de Kuhl	Moyenne de 3,41 (de 3,21 à 3,62)	S	Moyenne de 22,85°C (de 22,85 à 22,88°C)	Entre 20h et 21h
	E1	Modéré à fort (71,64 s)	Pipistrelle de Kuhl en majorité Groupe Nycmi Noctule de Leisler Noctule commune	Moyenne de 2,35 (de 2,25 à 3,08)	S	Moyenne de 22,24°C (de 22,17 à 22,7°C)	Ponctuellement entre 20h et 21h

Les nuits de plus forte activité (ou pics d'activité) relevées, à cette période, sont diversifiées en nombre d'espèces, pour la plupart, avec la présence d'espèces de lisière en majorité. Cette activité peut être révélatrice d'une manne alimentaire intéressante, en hauteur.

Sur la période automnale, les patterns d'activité relevés sont similaires entre les deux suivis acoustiques menés, en nacelle d'éolienne E1 et E7. Une activité très régulière d'espèces de vol haut (en particulier la Noctule commune) est observée de mi-août à mi-septembre. L'activité relevée par la suite est éparse et moins élevée. L'activité des espèces de lisière (notamment de la Pipistrelle de Kuhl) est éparse sur la période mais régulièrement très élevée.

La dernière activité chiroptérologique est relevée, le 11 novembre, en nacelle de l'éolienne E1. Il s'agit d'une activité d'un niveau modéré de Pipistrelle commune et de Pipistrelle de Kuhl.

Sur cette période, il est notable que l'activité, lorsqu'elle représente un niveau élevé, semble répartie sur l'ensemble du site. Il est également notable qu'à cette période, la présence des espèces de vol haut semble récurrente, avec des niveaux d'activité qui peuvent être importants et que les espèces de lisières sont très irrégulièrement présentes mais avec une activité élevée.

L'espèce la plus contactée, sur cette période, est la **Pipistrelle de Kuhl**, sur les deux éoliennes suivies (349 s sur E1, 2266 s sur E7).

Sur l'éolienne E1, elle présente une activité ponctuelle en début d'automne et devient plus régulière sur le mois d'août où elle est responsable de plusieurs pics d'activité. Sur l'éolienne E7, elle est ponctuelle durant cette période, mais avec une activité élevée.

Sur cette période, les espèces de vol haut (Noctule commune et Noctule de Leisler) présente une activité quotidienne de mi-août jusqu'à mi-septembre. L'activité est d'un niveau assez élevée, régulièrement. Ce constat est similaire sur les deux éoliennes suivies.

Figure 31 : Graphique de la chronologie de l'activité (en secondes d'activité cumulée par nuit) par espèce ou groupe d'espèces relevés en nacelle d'éoliennes E1 et E7

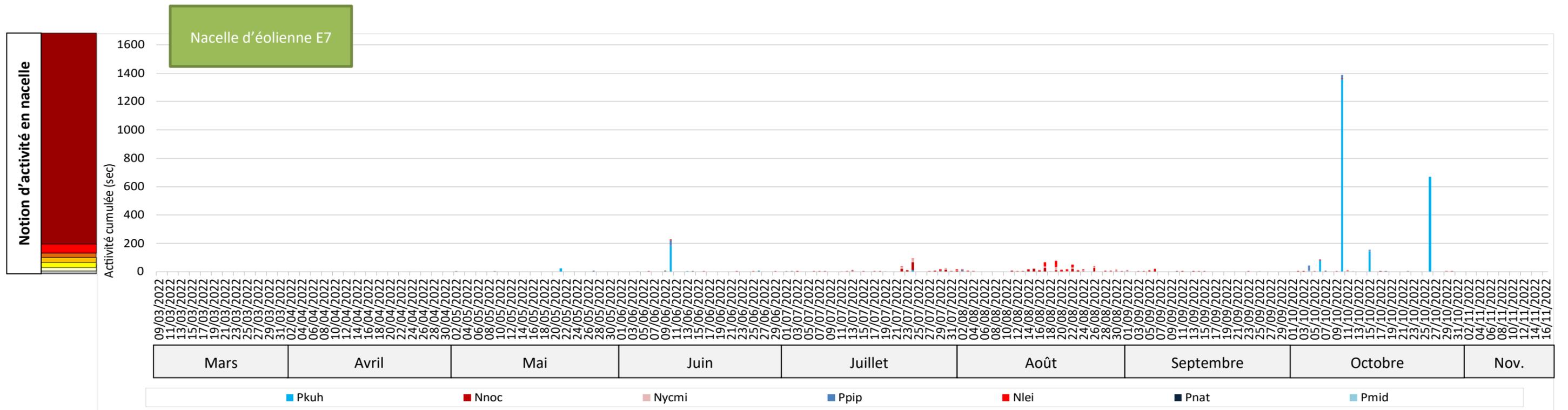
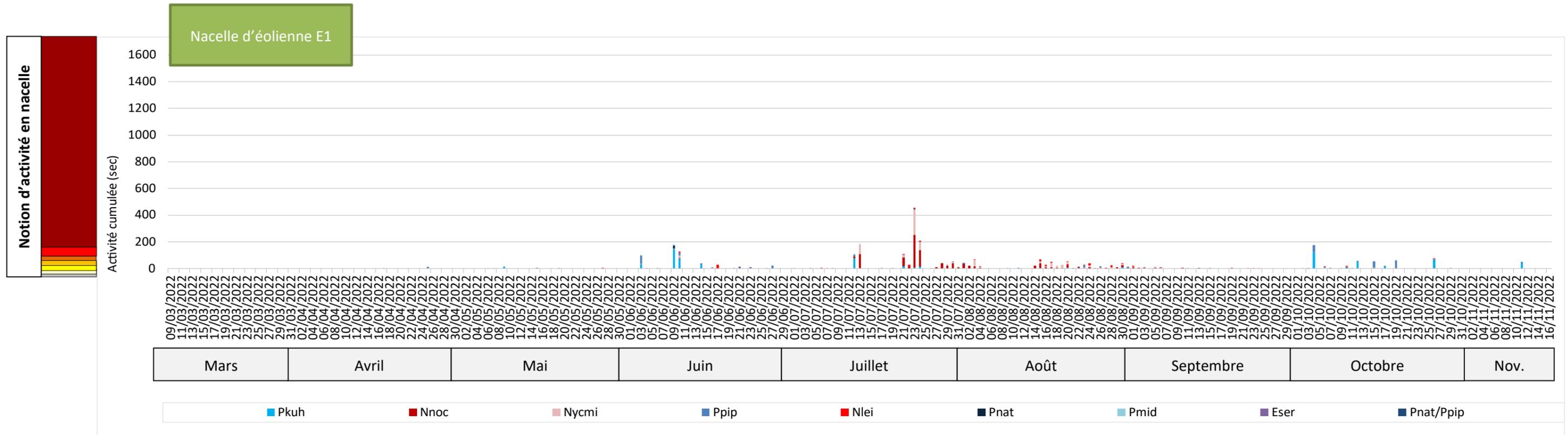
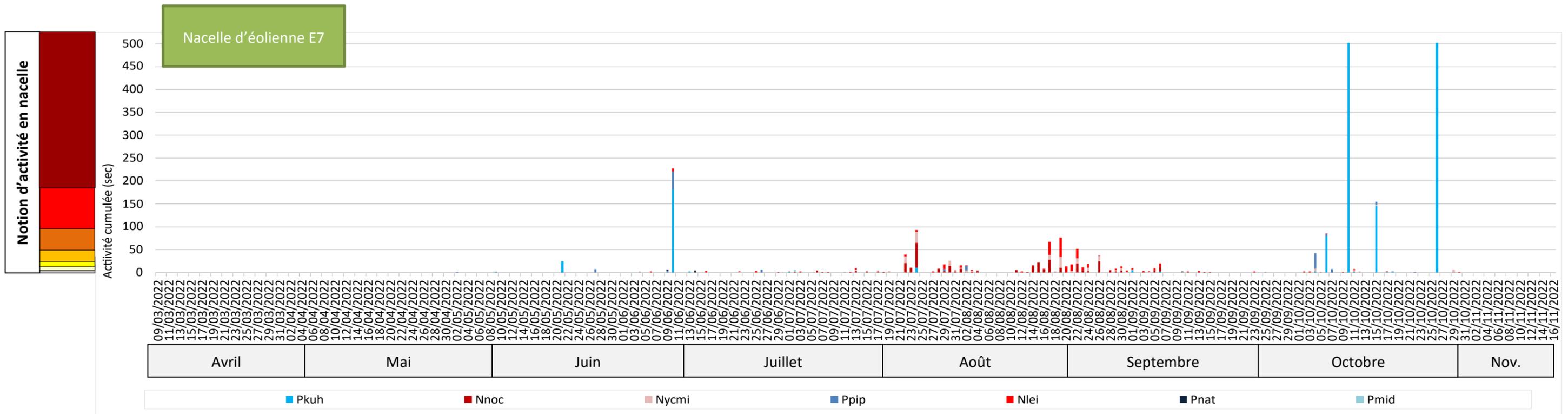
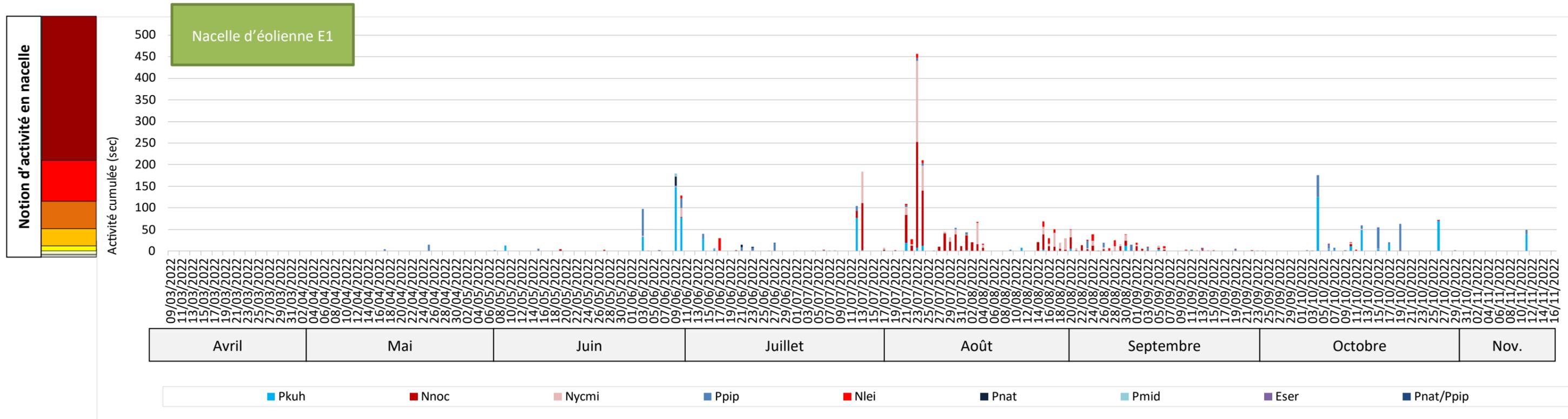


Figure 32 : Graphique de la chronologie de l'activité (en secondes d'activité cumulée par nuit) par espèce ou groupe d'espèces relevés en nacelle d'éolienne E1 et E7 avec une échelle adaptée pour améliorer la lisibilité



2.3.5 Influence de la vitesse du vent

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

Les graphiques, ci-contre, témoignent des corrélations entre l'activité cumulée des chauves-souris en ordonnée (en secondes d'activité cumulées) et les notions de vitesse de vent (en m/s). C'est ce type de graphique qui permet généralement d'apprécier le seuil de vent à partir duquel l'activité des différents groupes de chauves-souris diminue de façon significative. Généralement, ce type de graphique montre logiquement que l'activité des espèces de lisières diminue plus vite que celle des espèces de vol haut lorsque la vitesse de vent augmente.

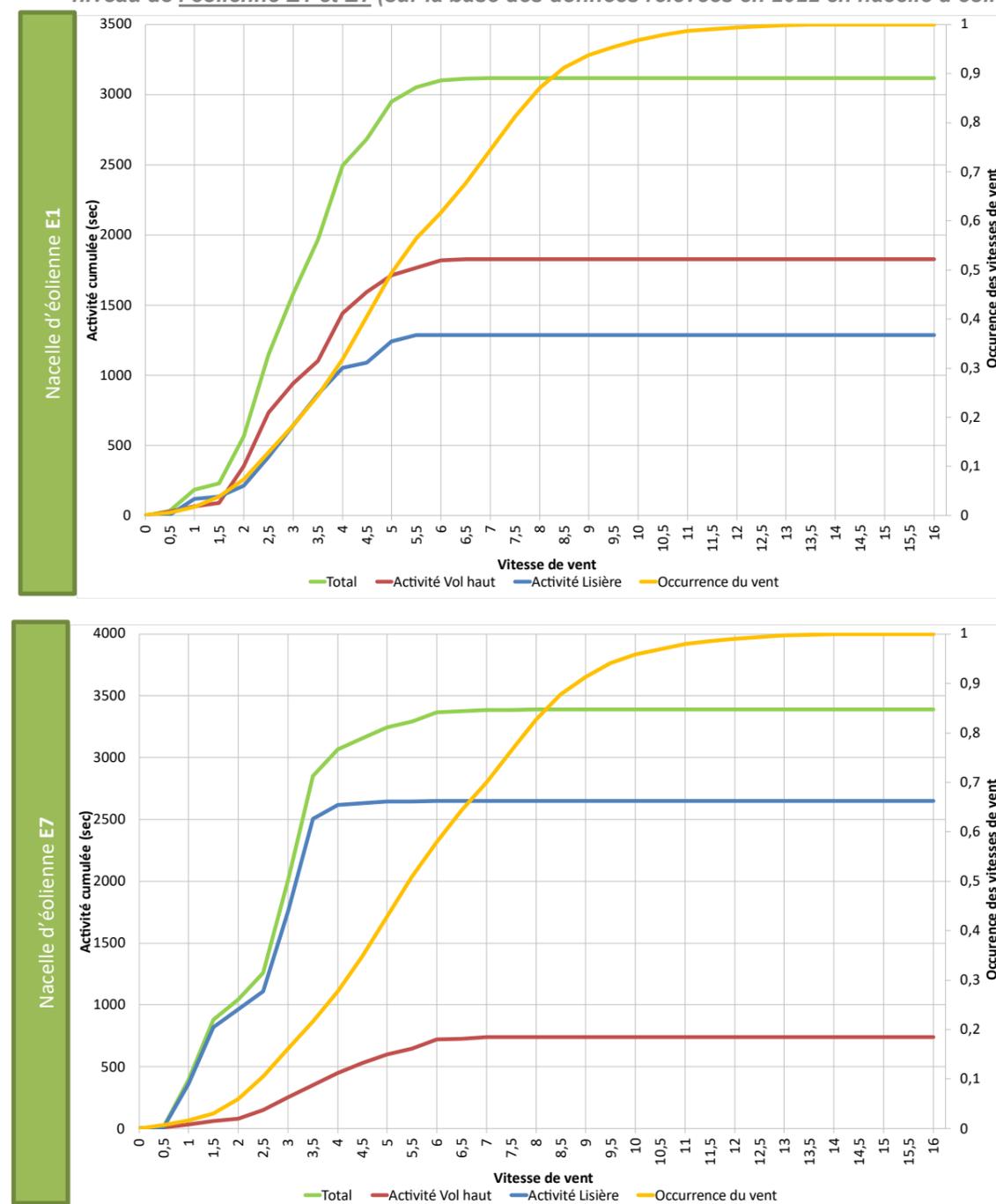
Dans le cas du parc éolien de Reuilly, les graphiques révèlent que la totalité de l'activité des **espèces de lisières** (1284 s sur E1, 2650 s sur E7) a eu lieu pour des vitesses de vent inférieures ou égales à **7 m/s** en nacelle de **l'éolienne E1** et en nacelle de **l'éolienne E7**. La majorité de l'activité (96% soit 1239 s sur E1 et 94% soit 2502 s pour E7) a été enregistrée pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 5 m/s en nacelle de l'éolienne E1 et inférieures à 3,5 m/s en nacelle de l'éolienne E7.

Pour les **espèces de vol haut**, la totalité de l'activité (1828 s sur E1, 739 s sur E7) a eu lieu pour des vitesses de vent inférieures ou égales à **8 m/s** en nacelle de **l'éolienne E1** et à **8,5 m/s** en nacelle de **l'éolienne E7**. La majorité de l'activité (96% soit 1767 s sur E1 et soit 718 s sur E7) a été enregistrée pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 5,5 m/s en nacelle de l'éolienne E1 et inférieures à 6 m/s en nacelle de l'éolienne E7.

Concernant les pics d'activité, les vitesses de vent relevées, au moment de l'enregistrement de l'activité, varient entre 1 m/s et 4 m/s.

Tous groupes de vol confondus, la majorité de l'activité (94% soit 2950 s sur E1, et 90% soit 3067 sur E7) a été enregistrée pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 5 m/s en nacelle de l'éolienne E1 et inférieures ou égales à 4 m/s en nacelle de l'éolienne E7.

Figure 33 : Corrélation inverse entre la vitesse du vent et l'activité cumulée des chauves-souris au niveau de l'éolienne E1 et E7 (sur la base des données relevées en 2022 en nacelle d'éolienne)



2.3.6 Influence de la direction du vent

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

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

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

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

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

D'après les graphiques suivants, l'activité totale est généralement plus importante par vent de sud-ouest et de sud en nacelle de l'éolienne E1 et de sud, en nacelle de l'éolienne E7. Tandis que l'activité régulière (hors pics d'activité) est plus importante par vent de sud-ouest sur les deux éoliennes.

Les vents dominants relevés, sur le site, proviennent surtout du sud-ouest et du sud principalement pour l'éolienne E1 et pour l'éolienne E7. Le régime des vents semble légèrement différent entre les deux éoliennes, cependant la dominance des vents de sud-ouest est bien présente sur les deux.

Les deux représentations sont très proches, par conséquent l'activité totale relevée en hauteur semble corrélée aux vents dominants relevés sur site.

Figure 34 : 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

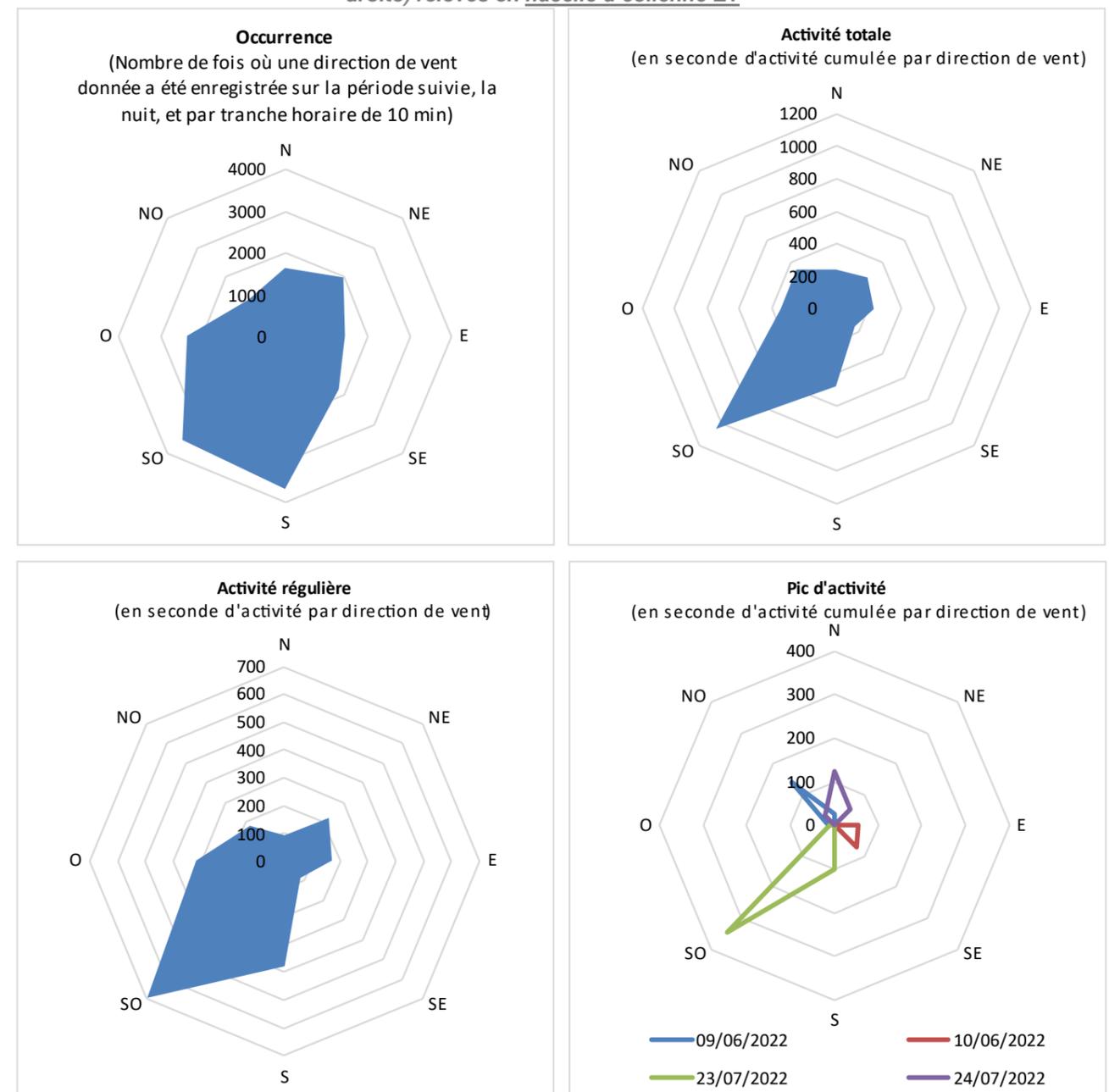
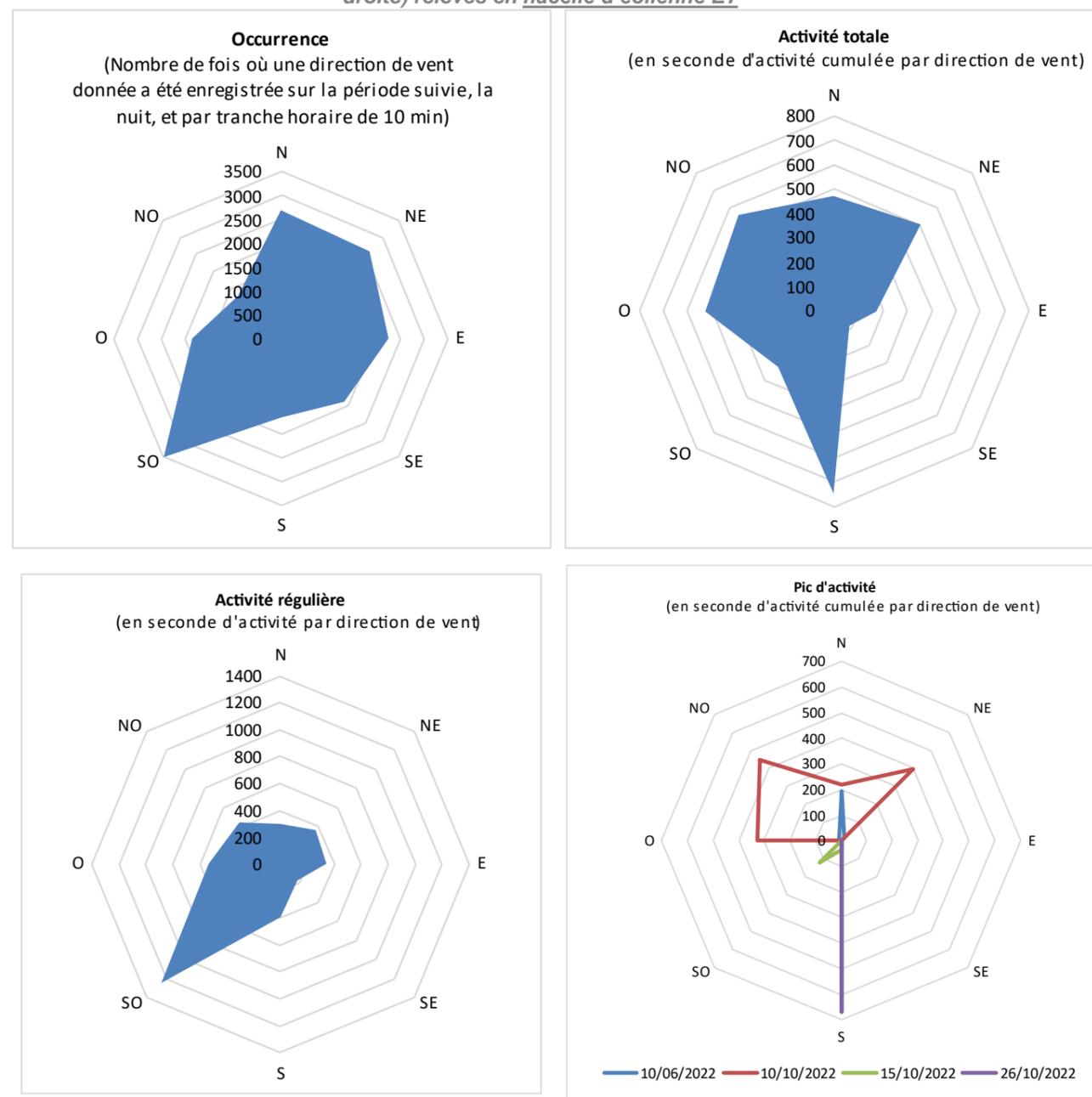


Figure 35 : Graphique présentant l'activité chiroptérologique (en haut à gauche), l'occurrence de chaque direction du vent (en haut à droite), l'activité régulière (en bas à gauche) et l'activité des pics (en bas à droite) relevés en nacelle d'éolienne E7



2.3.7 Influence de la température

La **température apparaît également comme un paramètre parfois important** à prendre en compte pour expliquer les modalités de fréquentation des chauves-souris. **Les périodes de chaleur s'accompagnent généralement d'une activité des chauves-souris plus importante que le reste de l'année.** Dans ce contexte, des conditions de 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. S'ajoute à cette notion d'influence de température, le fait que cette période de chaleur peut encore plus favoriser la formation d'ascendances thermiques (après échauffement diurne des milieux ouverts exposés), ainsi ces conditions pourront favoriser plusieurs modalités d'exploitation des essaimage pour différentes espèces entre le sol et les altitudes plus élevées.

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

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

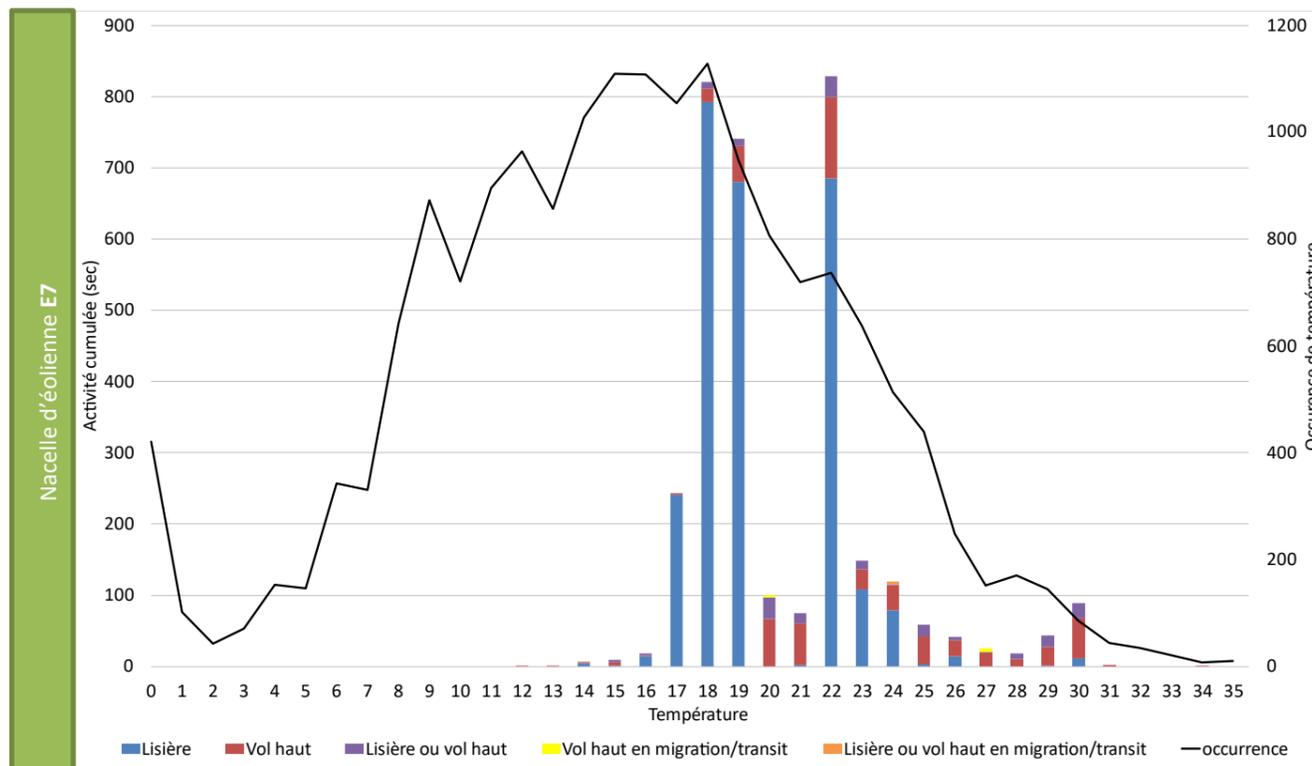
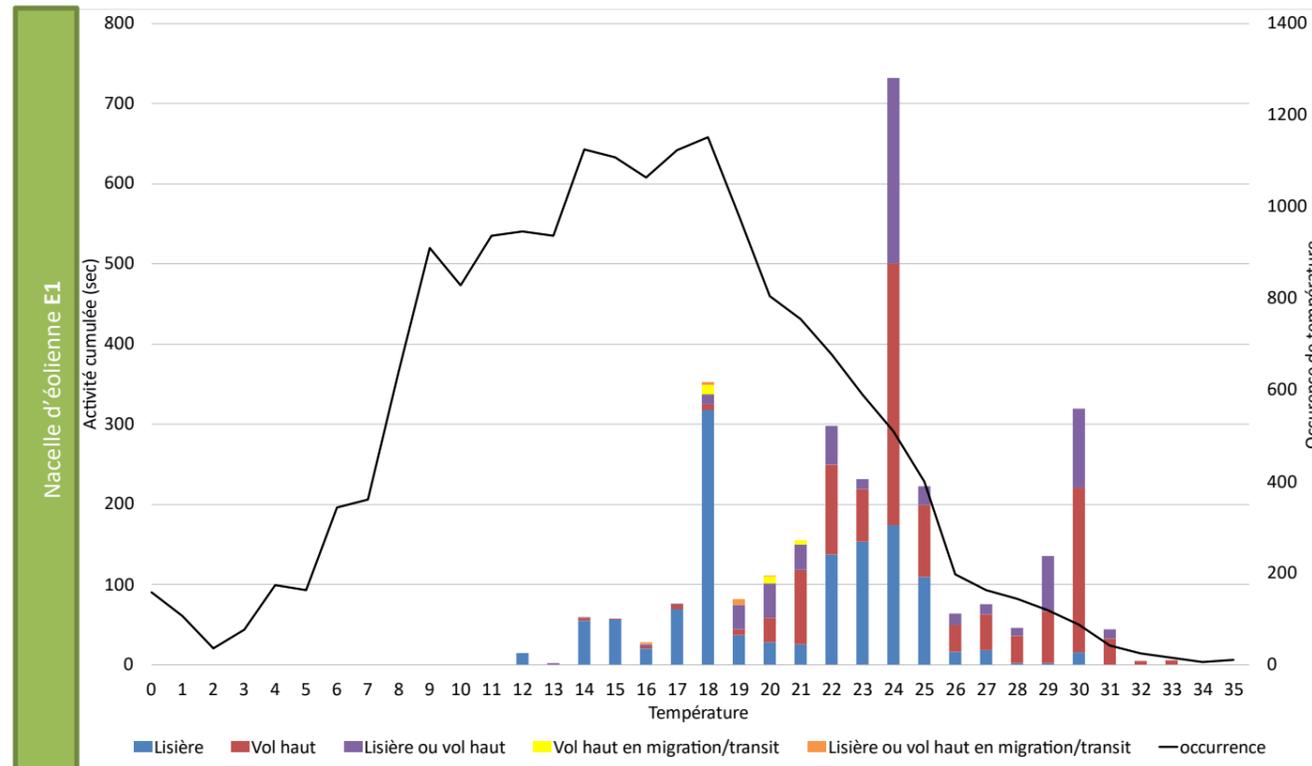
Les graphiques, Figure 36 page 37, montrent que l'activité chiroptérologique est relevée entre 12°C et 33°C en nacelle de l'éolienne E1 et E7.

En pourcentage d'activité, 90% (soit 2879 s sur E1 et 3110 s sur E7) de l'activité des chauves-souris relevée s'effectuent par des températures supérieures à 18°C, en nacelle de l'éolienne E1 et de l'éolienne E7.

Au niveau du site, les températures comprises entre 12°C et 18°C sont celles qui sont les plus relevées. Ces températures sont « classiques » en nacelle des éoliennes et sont favorables à l'activité des chauves-souris.

Les pics d'activité ou nuit de plus forte activité ont été relevés par des températures comprises entre 18°C et 30°C en période estivale et entre 12°C et 22°C en période printanière ou automnale.

Figure 36 : Décomposition de l'activité cumulée des chauves-souris en hauteur, au niveau de l'éolienne E1 et E7, en fonction de la température relevée sur cette même éolienne et en parallèle des enregistrements d'activité



2.3.8 Rythme d'activité nocturne

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

D'après les graphiques présents aux figures page suivante, sur l'ensemble de la période de suivi, la plupart des données ultrasonores sont enregistrées tout au long de la nuit. Moins d'1% de l'activité relevée en nacelle de l'éolienne E1 et E7 a été enregistrée en tout début ou en toute fin de nuit.

Sur l'ensemble de la période de suivi, 98% de l'activité des chauves-souris a été enregistrée entre 45 min après le coucher du soleil et 1 h avant le lever du soleil, en nacelle de l'éolienne E1. Concernant l'éolienne E7, c'est 99% de l'activité qui a été enregistrée entre 45 min après le coucher du soleil et 1 h avant le lever du soleil.

Une activité de début de nuit (**avant le coucher du soleil** jusqu'à 15 min après le coucher du soleil) a été enregistrée, sur les deux nacelles d'éolienne, lors de plusieurs nuits en période automnale (4 nuits en septembre et octobre). Cette activité appartient à la **Noctule commune** et laisse supposer la présence de gîte dans le secteur du parc éolien de Reuilly, certainement des gîtes de transit ou de migration, au vu de la période.

Concernant les nuits de pics d'activité et les nuits de plus forte activité, l'amplitude horaire est très variable. Sur les pics d'activité estivaux ou printaniers, l'activité est concentrée sur des heures pleines. En revanche, lors des pics d'activité automnaux, l'activité est répartie sur la première partie de la nuit, notamment sur des heures proches du coucher du soleil.

Figure 37 : Rythme d'activité nocturne (en seconde d'activité cumulée) par groupe d'espèces mesuré au niveau de la nacelle de l'éolienne E1

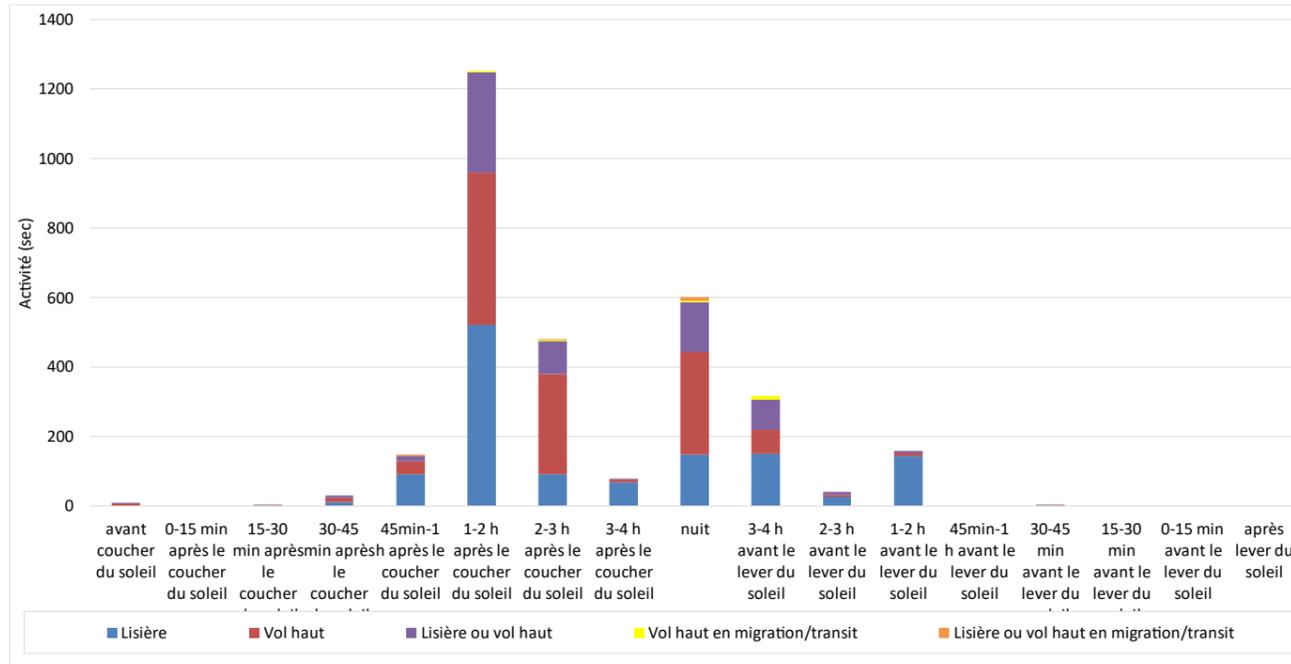


Figure 39 : Rythme d'activité nocturne (en seconde d'activité cumulée) par groupe d'espèces mesuré au niveau de la nacelle de l'éolienne E7

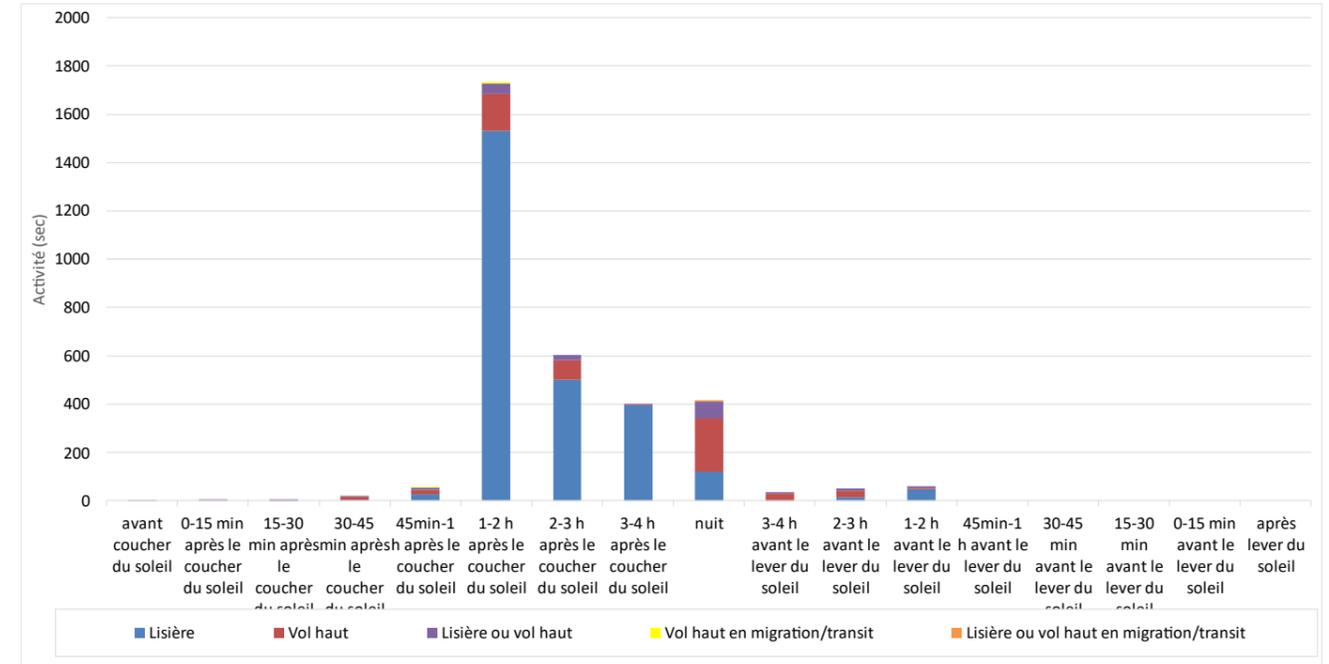


Figure 38 : Décomposition de l'activité moyenne (en seconde d'activité par nuit) des chauves-souris au niveau de la nacelle de l'éolienne E1 en fonction de l'écart avec le lever ou le coucher du soleil

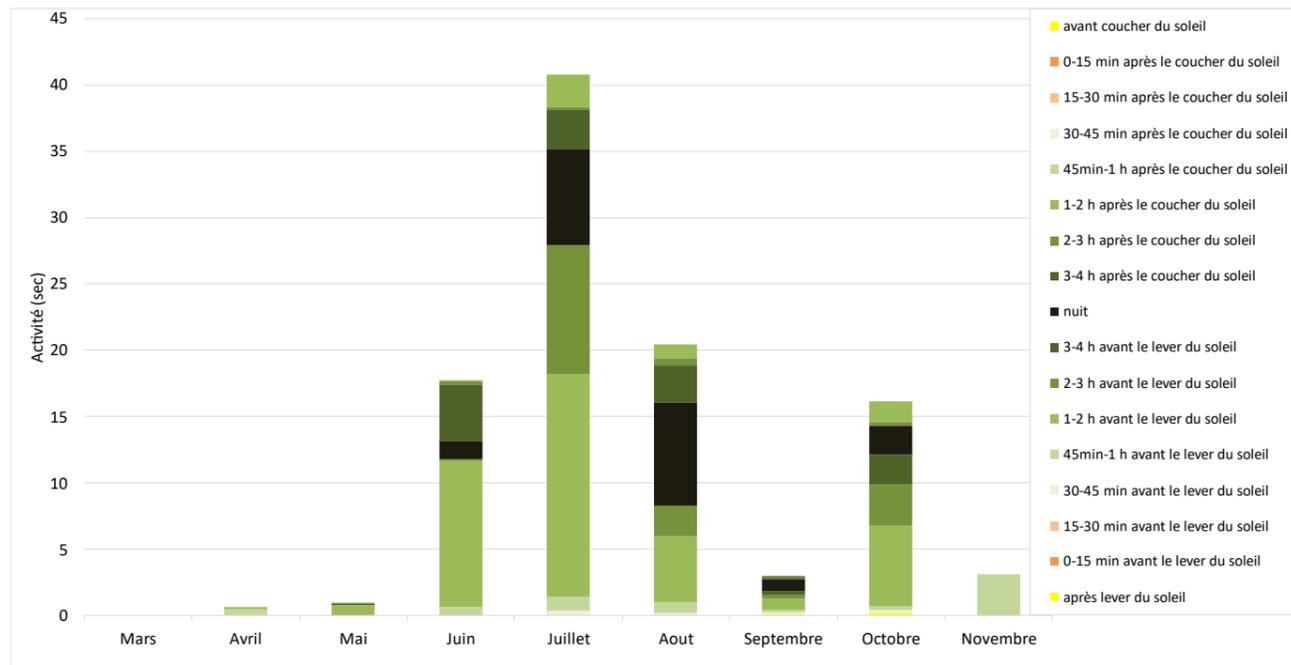
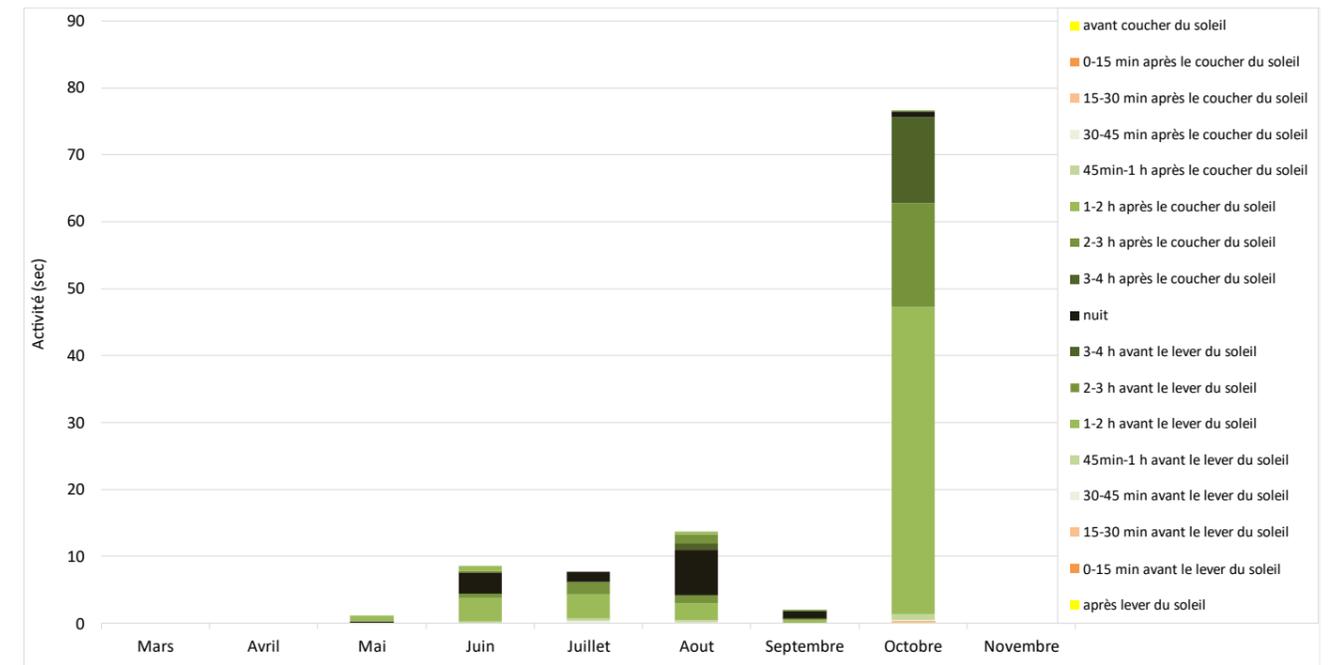


Figure 40 : Décomposition de l'activité moyenne (en seconde d'activité par nuit) des chauves-souris au niveau de la nacelle de l'éolienne E7 en fonction de l'écart avec le lever ou le coucher du soleil



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 Reuilly et Diou rentre dans le cadre de la réglementation ICPE (article 12 de l'arrêté du 26 août 2011) et d'un ensemble de suivis thématiques ciblés sur les effets des éoliennes sur l'activité et la mortalité de la faune volante (oiseaux et chiroptères).

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

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

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

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.

Ce suivi représente donc 24 passages au total (cf. figure suivante) à raison de 1 visite par semaine. Cette pression de suivi est fidèle vis-à-vis des standards nationaux précisés dans le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres d'avril 2018, que ce soit sur la période couverte (ici sur une période s'étalant de mi-mai à fin octobre dans le cadre du protocole ministériel) ou sur le nombre de passages (24 passages prévus en 2022 contre 20 a minima dans le cadre du protocole ministériel).

3.2.3 Choix des éoliennes suivies

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

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, correspondant au moins à la zone de survol des pales (pales de 50 m dans le cas présent). Cette surface est aussi conforme avec les prescriptions nationales du protocole de suivi environnemental publié des parcs éoliens terrestres en avril 2018. Concrètement, 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.

Ces carrés de prospections sont présentés en Annexe 1 pour chaque éolienne.

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

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

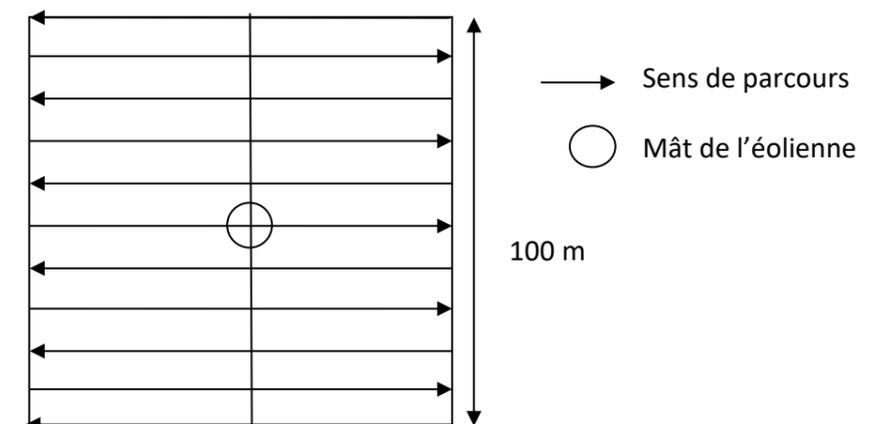
Pour une surface de prospection standard de 1 ha sous chaque éolienne (carrés de 100 m de côtés), il faut compter 30 minutes pour prospecter le carré dans son intégralité. Pour une zone de prospection correspondant à 50 % du carré, la durée de prospection sera proportionnelle, soit d'environ 15 min. 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 42 : Schéma représentatif du transect de prospection théorique

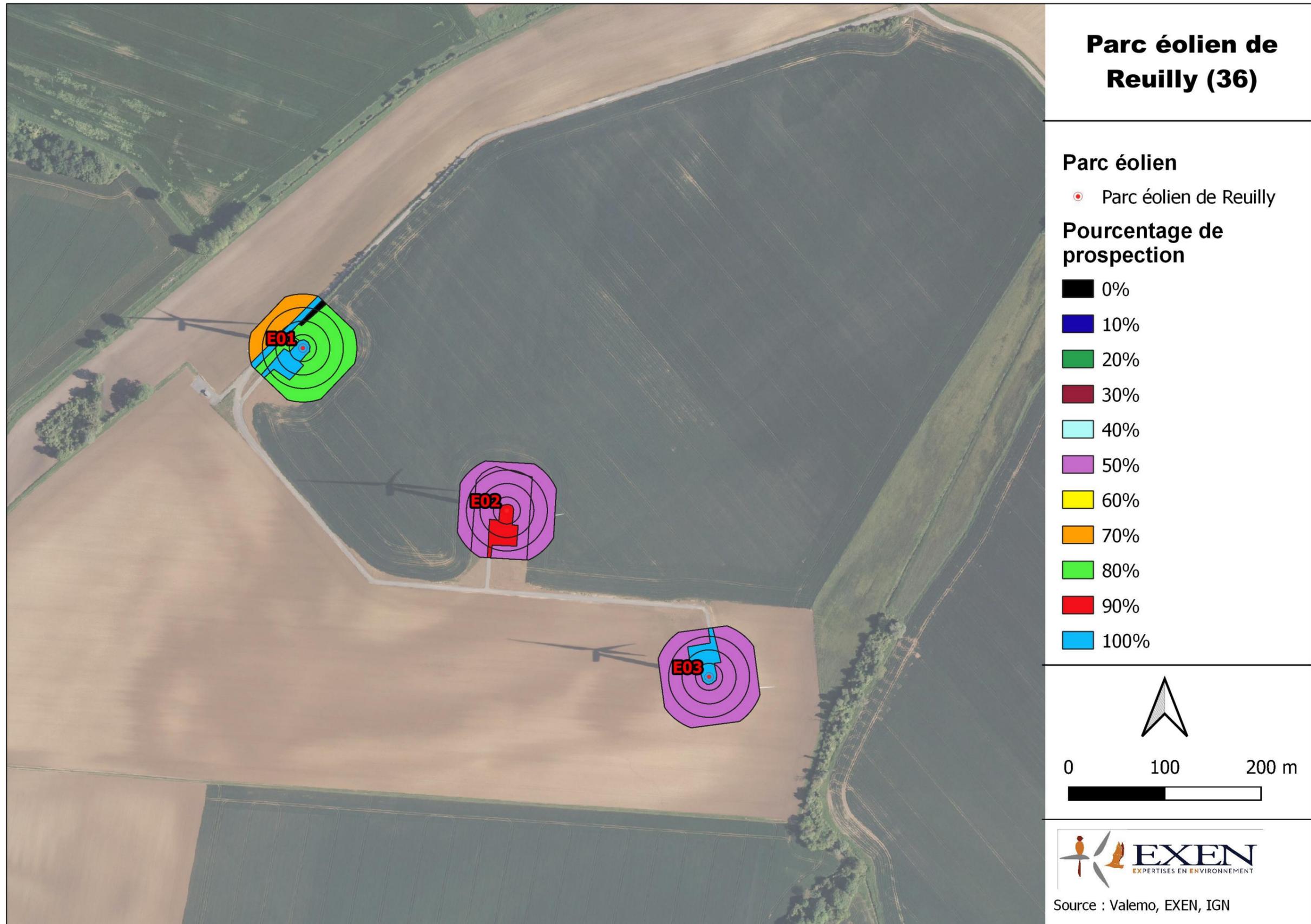


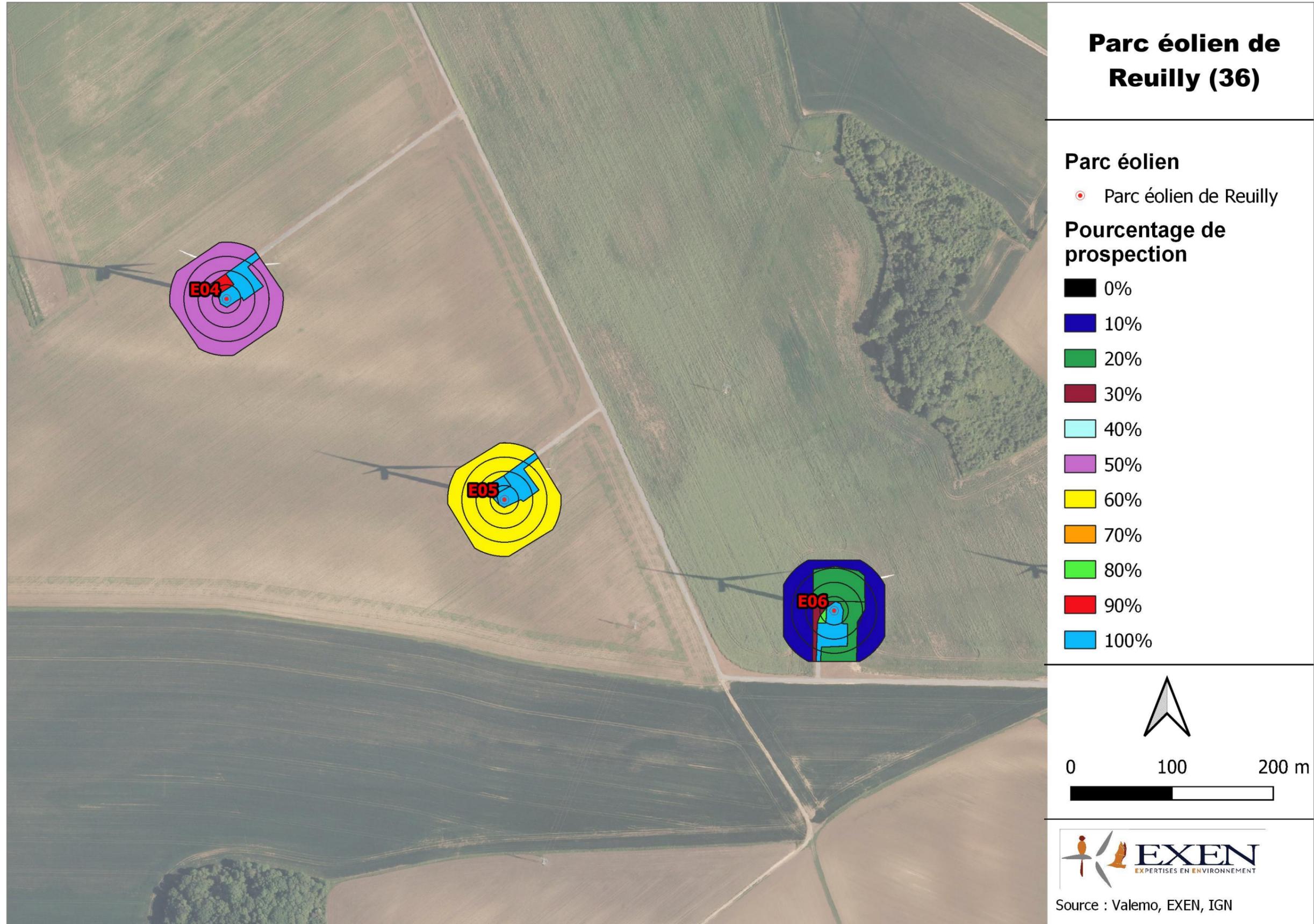
Tout au long de la période de suivi, nous avons noté la proportion (sous chaque éolienne suivie) des différents niveaux de difficulté de prospection. Ainsi, l'évolution de la hauteur de végétation sera prise en compte dans l'estimation des taux de mortalité.

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

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 suivante propose de visualiser les surfaces prospectées et celles non prospectées.

Figure 43 : Cartes des périmètres de prospection sous les éoliennes lors du suivi de 2022 (en fonction du pourcentage de prospection sur toute la période de suivi)





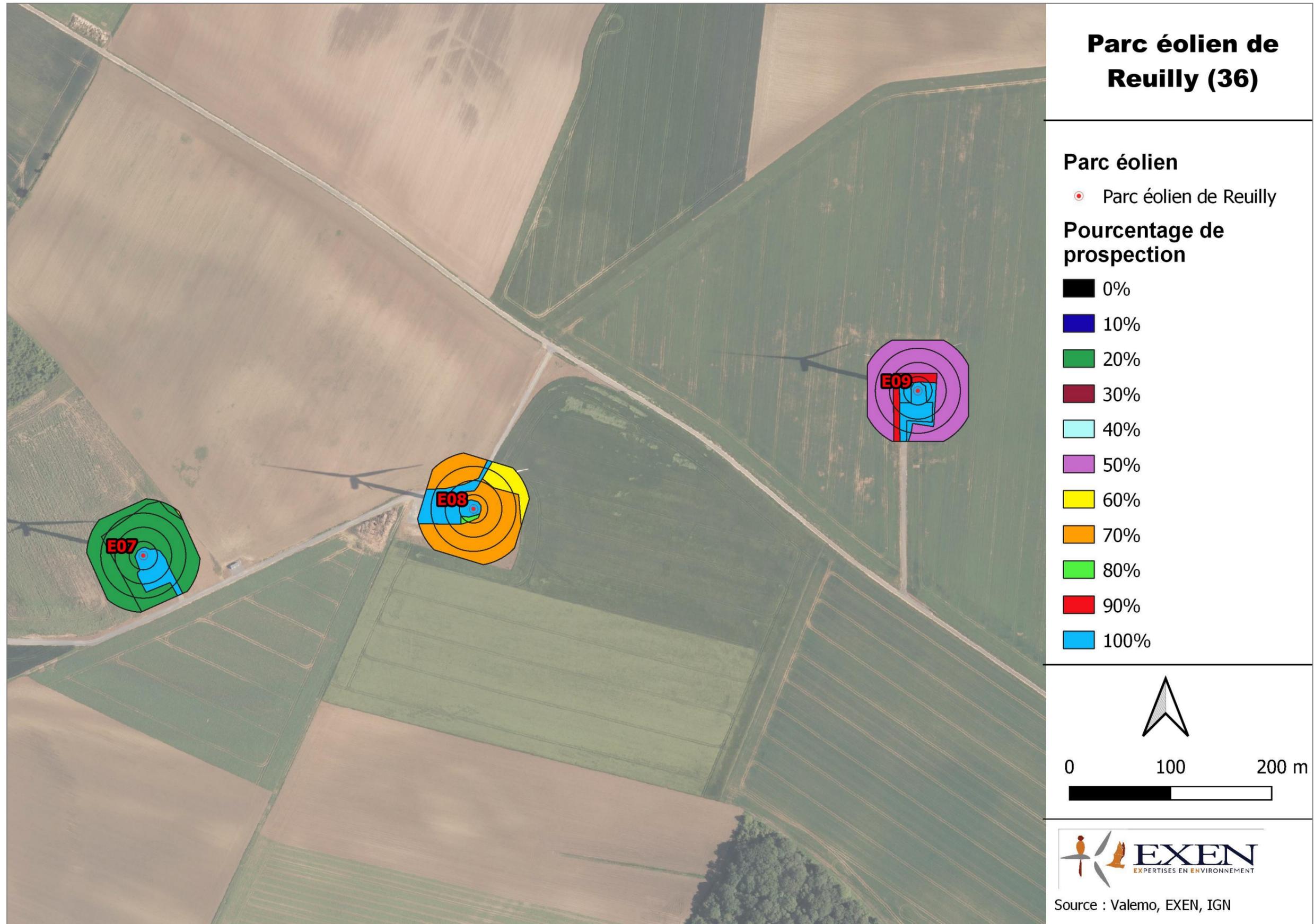


Figure 44 : Clichés des principaux critères utilisés pour la détermination des chauves-souris

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 météorologiques, la direction du vent, l'activité des éoliennes, l'état de la végétation, les conditions de visibilité. En fin de campagne de suivi, toutes les fiches de terrain sont saisies sur tableur et rassemblées pour analyse.

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

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

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

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

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

La fiche type de saisie de données de terrain est présentée en Annexe 1. 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.



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

Comme le protocole d'étude était basé en 2022, le décalage entre la date de la découverte et la date de la mortalité effective pourra varier :

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

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

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

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

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

Figure 45 : Cliché d'exemple d'enfouissement d'une Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) par un couple de Nécrophore chasseur (*Nicrophorus investigator*), sous un autre parc



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...).

Trois sessions de détermination de ces coefficients correcteurs ont été réalisées durant la campagne de suivi (16 mai, 21 juin et 5 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.

Le suivi a bénéficié de 2 sessions de test de détection. 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 46). Autrement dit, les coefficients correcteurs utilisés pour calculer le taux de mortalité des chiroptères se baseront sur les résultats de test liés aux souris. Pour les oiseaux, ils se baseront sur les résultats de test liés aux petites peluches d'oiseaux (type passereaux) et ceux liés aux plus grands oiseaux (type rapace). Au total et pour chaque test de détection, 10 peluches souris, 7 peluches oiseaux et 3 gros gabarits de peluches oiseaux sont dispersés (soit un total de 10 peluches pour mimer les chauves-souris et 10 peluches pour mimer les oiseaux). Les résultats de ces différents tests seront développés plus bas.

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

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

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

Figure 46 : Clichés des peluches utilisées pour la réalisation des tests de détection (sur un autre site)



Figure 47 : 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). Puis, le même travail est fait en inversant les rôles entre chercheur et disperseur, permettant de faire un second test de détection.

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.

Pour un parc de cette taille (9 éoliennes), 3 tests sont effectués au cours de la période de suivi. Ces derniers avaient pour objectif d'évaluer la vitesse de disparition des cadavres, régulièrement, afin d'adapter la fréquence de prospection au sol en conséquence.

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

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

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

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

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 3-4 jours après la dispersion (Retour test 2), puis au bout de 7-9 jours après la dispersion (Retour test 3). Les retours-tests suivant sont espacés entre eux de 6-7 jours, en fonction de la fréquence des visites de mortalité au sol (1 visite par semaine). 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 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 4 formules présentées en suivant.

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

3.2.7.1 Les formules utilisées

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

- le taux de persistance d'un cadavre (c'est-à-dire la probabilité que l'observateur trouve le cadavre après un laps de temps donné),

- l'efficacité de l'observateur (c'est-à-dire la probabilité qu'un cadavre tombé sur le sol sans être prédaté soit découvert par l'observateur).

- Erickson (2000)

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

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

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

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

C : Le nombre de cadavres comptés,

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

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

a : Coefficient de correction surfacique.

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

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

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

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

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

C : Le nombre de cadavres comptés,

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

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

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

a : Coefficient de correction surfacique.

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

- Jones (2009)

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

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

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

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

D’où :

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

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

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

C : Le nombre de cadavres comptés,

a : Coefficient de correction surfacique,

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

\hat{I} : Intervalle effectif,

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

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

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

- Huso (2010)

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

coefficient proposé est plus élevé : $p = \frac{tm \times (1 - e^{-I/tm})}{I}$

D’où :

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

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

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

C : Le nombre de cadavres effectivement découverts,

a : Coefficient de correction surfacique,

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

\hat{I} : Intervalle effectif,

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

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

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

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

3.2.7.2 EolApp (Besnard et Bernard, 2018)

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

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

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

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

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

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

3.2.7.3 GenEst (Simonis et al, 2018)

Plus récemment, des spécialistes internationaux se sont associés pour mettre à disposition gratuitement une application « GenEst » ayant pour objectif d'estimer la mortalité réelle sur le parc. Celle-ci permet d'imbriquer les différents paramètres pour modéliser finement la mortalité (persistance des cadavres, efficacité de la détection, correction surfacique) et fournir des estimations ajustées selon les variables prises en compte (taille des cadavres, période de l'année, distinction oiseaux / chauves-souris...).

Tout comme EolApp, cette application permet d'obtenir une médiane et un intervalle de confiance à 90 % pour les estimations de mortalité ainsi obtenues.

Les estimations obtenues via ces différents outils seront comparées entre elles.

3.2.8 Evaluation des impacts du parc éolien de Reuilly

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

Pour l'impact qualitatif défini par espèce, celui-ci se base sur le croisement entre le risque d'occurrence de la mortalité et le niveau de patrimonialité de l'espèce considérée (cf. Figure 49).

Le risque d'occurrence de la mortalité est défini sur la base du croisement entre la sensibilité de l'espèce à l'éolien (définie elle-même sur la liste de T. DÜRR 2022 et sur les habitudes des espèces) et le nombre de mortalités retrouvées au cours du suivi (cf. Figure 48).

Figure 48 : Grille de calcul pour la définition du risque d'occurrence de la mortalité (Sensibilité*Nombre de mortalité brutes)

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

Figure 49 : Grille de calcul pour la définition du niveau d'impact théorique (Patrimonialité*Risque d'occurrence)

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

3.3 Bilan de la mortalité des chauves-souris

3.3.1 Suivi de la mortalité en 2022

Un seul cadavre de chauve-souris fut retrouvé sous les éoliennes du parc de Reully, au cours de la campagne de suivi menée entre le 16 mai et le 27 octobre 2022. Pour 24 visites de recherches réalisées au cours de cette période de 5,5 mois, cela représente une moyenne de 0,18 chauve-souris découverte par mois pour l'ensemble du parc (soit 9 éoliennes).

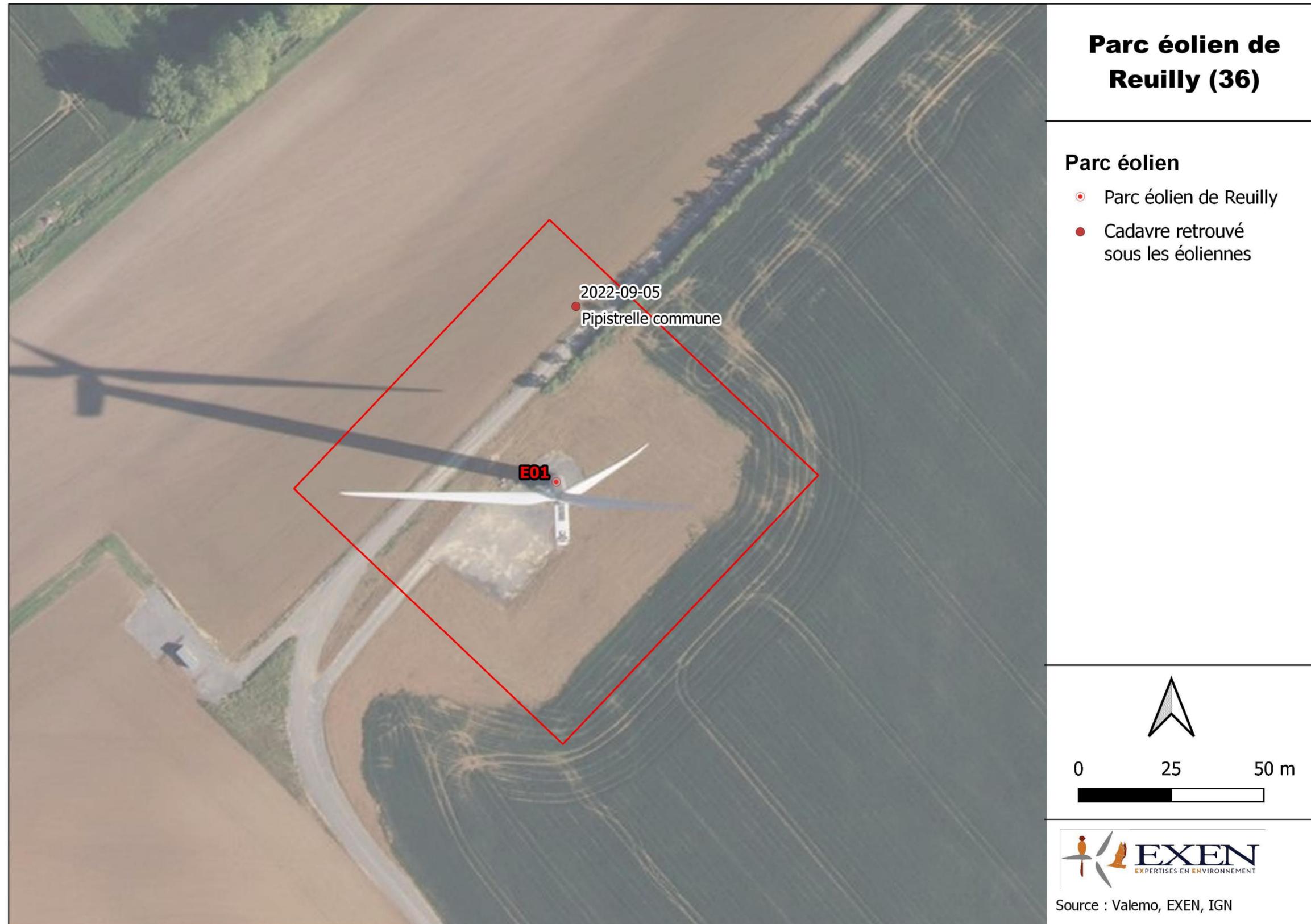
Celui-ci a été retrouvé le 5 septembre sous l'éolienne E1 (soit en période de régulation des machines). Il s'agit d'une **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*). Cette espèce est protégée et fait partie des espèces prioritaires du PNA Chiroptères (2016-2025). Elle est classée en quasi-menacée en France et la tendance évolutive est négative pour les populations de Pipistrelle commune.

Espèce considérée comme sédentaire, la mortalité peut être intervenue lors de comportements de chasse/transit ou sociaux à cette période de l'année.

Figure 50 : Clichés de la Pipistrelle commune découverte le 5 septembre 2022 sous l'éolienne E1



Figure 51 : Carte représentant l'emplacement du cadavre de Pipistrelle commune retrouvée le 5 septembre 2022 sur le parc éolien de Reuilly et Diou.



3.3.2 Taux de mortalité des chauves-souris

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

Cette proportion est calculée au prorata de la **surface prospectée (et n'intègre donc pas les zones non prospectables)**. Par exemple, si sur une surface de 1 hectare, nous prospectons 0,5 hectare (0,5 hectare correspond à du boisement et n'est donc pas prospecté) et que sur ce 0,5 hectare, 0,3 hectare correspond à du type 1, 0,1 hectare correspond à du type 2 et 0,1 hectare correspond à du type 3, nous aurons alors prospecté 60% en type 1, 20% en type 2 et 20% en type 3 (soit un total de 100% de 0,5 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.

3 périodes ont été créées pour prendre en compte l'évolution de la hauteur de végétation dans le périmètre de prospection.

Figure 52 : Tableau récapitulatif des proportions (%) de chaque niveau de difficulté de prospection parmi les secteurs prospectables et de la mortalité constatée pour chaque visite (en fin de tableau : moyenne des proportions de chaque niveau de difficulté de prospection sur la période de suivi et nombre total de chauves-souris retrouvées)

Date des visites	Période	Végétation			Mortalité chauves-souris
		Type 1	Type 2	Type 3	
16-mai	Période 1	100,00	0,00	0,00	
24-mai	Période 1	77,42	22,58	0,00	
31-mai	Période 1	84,50	15,50	0,00	
8-juin	Période 1	75,00	13,89	11,11	
16-juin	Période 1	45,00	55,00	0,00	
21-juin	Période 1	35,29	42,81	21,90	
30-juin	Période 1	41,06	47,91	11,03	
6-juil.	Période 1	17,17	71,38	11,45	
12-juil	Période 2	15,23	80,54	4,23	
22-juil	Période 2	15,32	80,99	3,69	
28-juil	Période 2	28,65	27,06	44,30	
02-août	Période 2	14,96	81,44	3,60	
10-août	Période 2	14,98	83,22	1,80	
17-août	Période 2	44,08	9,80	46,12	
25-août	Période 2	15,00	81,94	3,06	
31-août	Période 2	18,29	34,56	47,15	
05-sept	Période 2	13,33	85,06	1,60	1
14-sept	Période 2	12,61	83,95	3,44	
20-sept	Période 3	14,98	82,11	2,91	
27-sept	Période 3	33,33	58,95	7,72	
06-oct	Période 3	12,16	87,22	0,63	
14-oct	Période 3	70,30	16,96	12,75	
20-oct	Période 3	22,61	75,76	1,63	
27-oct	Période 3	85,04	0,00	14,96	
Moyenne		37,76	51,61	10,63	1,00
Période 1		59,43	33,63	6,93	0,00
Période 2		19,24	64,86	15,90	1,00
Période 3		39,74	53,50	6,77	0,00

3.3.2.2 Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules)

En 2022, trois tests ont été menés le 16 mai, le 21 juin et le 5 septembre pour apprécier les coefficients correcteurs nécessaires au calcul du taux de mortalité.

▪ Taux de détection

Figure 53 : 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	6	0,30
Type 1	Moyenne	Moyenne	7	2	0,29
Type 2	Moyenne	Moyenne	9	4	0,44
Type 3	Moyenne	Moyenne	4	0	0,00
Moyen	E7	16/05/2022	10	3	
Type 1	E7	16/05/2022	3	1	
Type 2	E7	16/05/2022	5	2	
Type 3	E7	16/05/2022	2	0	
Moyen	E8	05/09/2022	10	3	
Type 1	E8	05/09/2022	4	1	
Type 2	E8	05/09/2022	4	2	
Type 3	E8	05/09/2022	2	0	

	d	Pourcentage de prospection		
		Type 1	Type 2	Type 3
Moyenne	0,34	37,76	51,61	10,63
Période 1	0,32	59,43	33,63	6,93
Période 2	0,34	19,24	64,86	15,90
Période 3	0,35	39,74	53,50	6,77

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.

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

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

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

$$d = 0,29 * (37,76/100) + 0,44 * (51,61/100) + 0 * (10,63/100) = 0,34$$

Autrement dit, 34% 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 peluches de plus grande taille seront utilisés pour les calculs relatifs à la mortalité des oiseaux.

▪ Taux de persistance

Figure 54 : 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	45	33	8	2	0	1,36	0,09	0,09	0,09	0,08
Type 1		Moyenne	16	12	3	1	0	1,50	0,10	0,10	0,10	0,10
Type 2		Moyenne	15	10	2	0	0	0,93	0,04	0,04	0,04	0,04
Type 3		Moyenne	14	11	3	1	0	1,64	0,12	0,12	0,12	0,11
Moyen	Toutes	16/05/2022	15	11	0	0	0					
Type 1	Toutes	16/05/2022	5	4	0	0	0					
Type 2	Toutes	16/05/2022	5	3	0	0	0					
Type 3	Toutes	16/05/2022	5	4	0	0	0					
Moyen	Toutes	21/06/2022	15	8	2	1	0					
Type 1	Toutes	21/06/2022	5	2	1	0	0					
Type 2	Toutes	21/06/2022	5	3	0	0	0					
Type 3	Toutes	21/06/2022	5	3	1	1	0					
Moyen	Toutes	05/09/2022	15	14	6	1	0					
Type 1	Toutes	05/09/2022	6	6	2	1	0					
Type 2	Toutes	05/09/2022	5	4	2	0	0					
Type 3	Toutes	05/09/2022	4	4	2	0	0					

	Tm	p	Pourcentage de prospection		
			Type 1	Type 2	Type 3
Moyenne	1,36	0,09			
Période 1	1,32	0,08	59,43	33,63	6,93
Période 2	1,16	0,07	19,24	64,86	15,90
Période 3	1,21	0,06	39,74	53,50	6,77

○ Paramètre p (formule d'Erickson adaptée)

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

Dans notre cas précis, cet intervalle I moyen entre deux visites est calculé précisément en fonction du planning de suivi de l'année 2022 (cf. Figure 52 page 53). On obtient un intervalle moyen de l'ordre de I = 7,13.

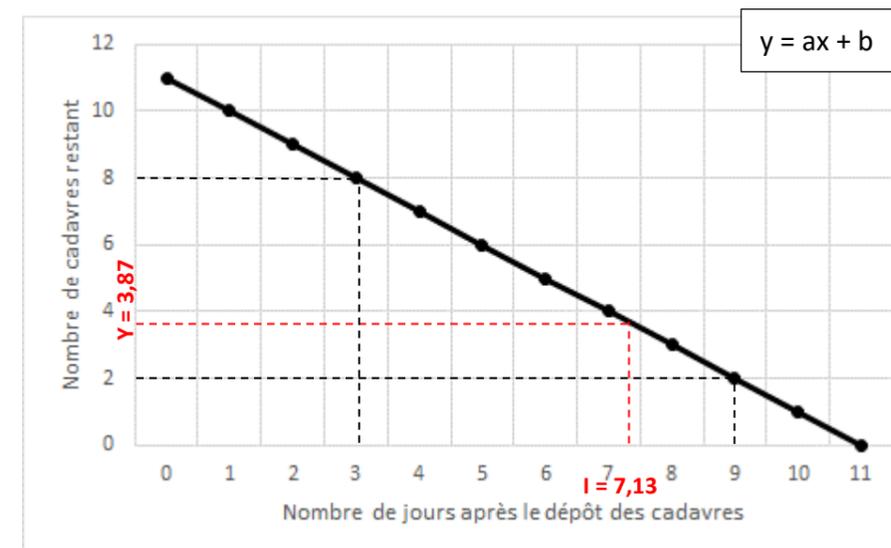
Figure 55 : Proportion de chaque intervalle de visites et définition de l'intervalle pondéré (en jours)

Durée intervalle (en jours)	Nombre d'intervalles	Total
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	3	15
6	6	36
7	4	28
8	6	48
9	3	27
10	1	10
Total	23	164
Intervalle pondéré (tot)		7,13

Période 1	7,13
Période 2	7,00
Période 3	7,40

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 56 : Schéma de calcul du « nombre de cadavres encore présents après I jours »



Courbe : $y = ax + b$

- $x = I = 7,13$
- $a = (2 - 8) / (9 - 3)$
 $a = -1$
- $b = 2 - (-1 * 9)$
 $b = 11$
- $y = ax + b$
 $y = -1 * 7,13 + 11$
 $y = 3,87$

De ce fait,

$$p = \frac{\text{Nombre de cadavres encore présents après 1 jours}}{\text{Nombre de cadavres déposés au départ}} = \frac{3,87}{45} = 0,09$$

Ainsi, on obtient une valeur de **p = 0,09**.

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

Le paramètre Tm traduit la durée moyenne de persistance d'un cadavre. Tm se calcule sur la durée au bout de laquelle tous les cadavres test ont disparus. Dans notre cas précis, **Tm = 1,36**.

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

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

Autrement dit, la vitesse de disparition des cadavres est d'environ 1-2 jours.

▪ Coefficient de correction surfacique

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

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

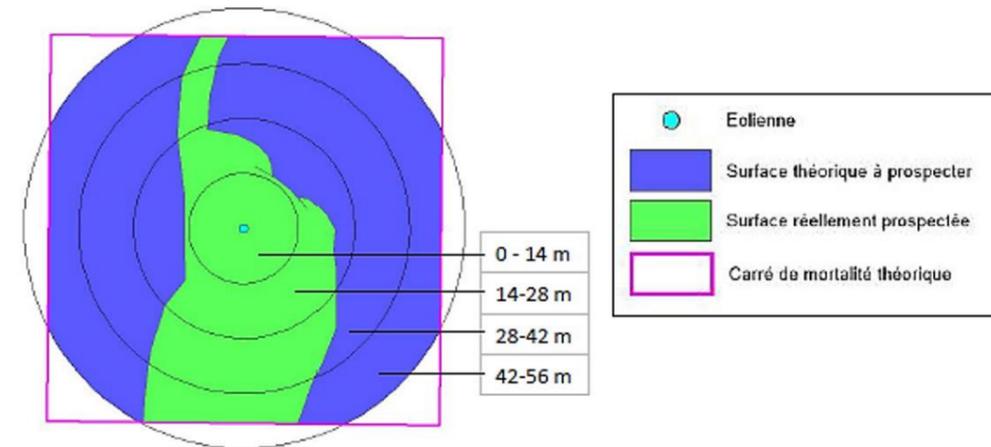
$$A = \frac{\sum_k C_k / S_k}{\sum_k C_k}$$

Avec

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

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

Figure 57 : Schéma des différents cercles concentriques utilisés pour le calcul du coefficient surfacique



Dans le cas du suivi du parc éolien de Reuilly, dans la mesure où la végétation est globalement assez uniforme mais seulement accessible sur le site par moment en raison des cultures, les zones difficiles à prospecter peuvent être nombreuses. Le coefficient de correction surfacique se situe entre 1 et 2 (1 signifiant pas de correction surfacique).

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

Figure 58 : Tableau détaillant les valeurs utilisées pour le calcul du coefficient surfacique a

	Surface à prospecter par éolienne	Nombre d'éolienne suivie	Surface à prospecter totale	Surface réellement prospectée (toute éolienne confondues, en ha)	Pourcentage prospecté	Nombre de cadavre de chauve-souris
42m - 56m	0,4308	9	3,8772	1,55	39,98	0
28m - 42m	0,3077	9	2,7693	1,50	54,20	1
14m - 28m	0,1846	9	1,6614	1,08	64,70	0
0m - 14m	0,0615	9	0,5535	0,45	82,02	0
					a (CS)	1,84

3.3.2.3 Estimation de la mortalité avec nos tableurs EXCEL

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

Figure 59 : Paramètres de calcul utilisés dans les équations

Paramètres	Valeurs	Explications
C	1,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
d	0,34	Valeur du taux de détection globale tout type de recouvrement confondu
p	0,09	Valeur du taux de persistance globale tout type de recouvrement confondu
tm	1,36	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain globale tout type de recouvrement confondu
I	7,13	Pas de temps du suivi
\hat{I}	2,71	$\hat{I} = -\log(0.01) * tm$
\hat{e}	0,38	$\hat{e} = \text{Min}(I/\hat{I}) / I$
a	1,84	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.

Erickson adaptée :

$$N = \frac{I \times (C - C \times p)}{tm \times d} \times a = \frac{7,13 \times (1 - 1 \times 0,09)}{1,36 \times 0,34} \times 1,84 = \mathbf{28,75}$$

Erickson réelle :

$$N = \frac{I \times C}{tm \times d} \times a = \frac{7,13 \times 1}{1,36 \times 0,34} \times 1,84 = \mathbf{28,77}$$

Jones :

$$N = \frac{C}{d \times \hat{e} \times e^{(-0.5 \times I/tm)}} \times a = \frac{1}{0,34 \times 0,38 \times e^{(-0.5 \times 7,13/1,36)}} \times 1,84 = \mathbf{39,11}$$

Huso :

$$N = \frac{C}{d \times \frac{tm \times (1 - e^{-I/tm})}{I}} \times \hat{e} \times a = \frac{1}{0,34 \times \frac{1,36 \times (1 - e^{-7,13/1,36})}{7,13}} \times 0,38 \times 1,84 = \mathbf{33,28}$$

Tous ces résultats correspondent aux différentes estimations du nombre de chauves-souris mortes sur la période allant du 16 mai au 27 octobre 2022, et pour les 9 éoliennes du parc suivi. Ces résultats sont basés sur l'intégralité du parc éolien et sur 5,5 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 parc de Reully.

Pour ramener ces résultats par an et par éolienne,

- On divise ces résultats par 9 → on aura une estimation de la **mortalité par éolienne pour la période de suivi**
- On divise par 5,5 (5,5 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 9 → 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. Il aboutit à un **résultat moyen de l'ordre de 5,25 mortalités par éolienne et par an**, avec une fourchette oscillant entre 4,65 et 6,32 mortalités par éolienne et par an selon les formules utilisées.

Figure 60 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2022

	Erickson		Jones	Huso	Moyenne
	adaptée	réelle			
Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi	28,75	28,77	39,11	33,28	32,48
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	3,19	3,20	4,35	3,70	3,61
Mortalité par éolienne et par mois	0,58	0,58	0,79	0,67	0,66
Mortalité par éolienne et pour une année	4,65	4,65	6,32	5,38	5,25
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	41,82	41,85	56,89	48,40	47,24

3.3.2.4 Estimation de la mortalité avec l'application EolApp

Le tableau suivant détaille les paramètres à renseigner dans l'application web.

Figure 61 : Paramètres à renseigner dans l'application EolApp

Paramètres	Valeur
Intervalle de temps entre les passages	7,13
Nombre de peluches déposées pour l'étude de détection	20
Nombre de peluches découvertes pour l'étude de détection	6
Pourcentage de la surface prospectée	0,52

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

Figure 62 : 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	30,70	0,00	171,39	0,00	100,33
Huso	34,68	0,00	238,22	0,00	128,30
Jones	76,18	0,00	722,32	0,00	392,18
Moyenne par éolienne	5,24	0,00	41,92	0,00	22,99

En considérant les 3 modèles, il y a 95% de chance que le nombre réel de chauves-souris impactées se situe entre 0,00 et 41,92 cas de mortalité par éolienne (sur la période suivie). De même, il y a 80% de chance que le nombre réel de chauves-souris impactées se situe entre 0,00 et 22,99 cas de mortalité par éolienne (sur la période suivie). La médiane quant à elle est de 5,24 mortalités par éolienne (sur la période suivie).

Pour ramener ces résultats par an et par éolienne :

- on divise par 5,5 (5,5 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 **0,00 à 60,98 mortalités par éolienne et par an**. A un intervalle de confiance de **80%**, le résultat est de l'ordre de **0,00 à 33,44 mortalités par éolienne et par an**. La médiane quant à elle est de **7,63 mortalités par éolienne et par an**.

3.3.2.5 Estimation de la mortalité avec l'application GenEst

L'application GenEst aboutit sur un résultat médian de **2,44 cas par éolienne et par an**, soit 22,01 cas pour le parc entier par an. A un intervalle à 90%, la mortalité est estimée à entre **0,16 et 9,03 cas par éolienne et par an**, soit entre 1,44 et 81,32 cas pour le parc entier et par an.

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

Avec nos tableurs EXCEL, la mortalité réelle des chauves-souris est estimée à **5,25 cas par éolienne et par an** en 2022, sur le parc de Reuilly. Avec l'application EolApp, le taux de mortalité est estimé à **7,63 cas par éolienne et par an**. Avec l'application GenEst, celui-ci est estimé à **2,44 cas par éolienne et par an**.

Les résultats obtenus sont donc **assez comparables entre eux**. Nous retiendrons que le **taux de mortalité est estimé à environ 2 à 8 cas par éolienne et par an**, soit entre **18 et 72 cas pour le parc entier et par an**.

A noter que le faible taux de détection et le fort taux de prédation peuvent entraîner des biais sur les résultats finaux.

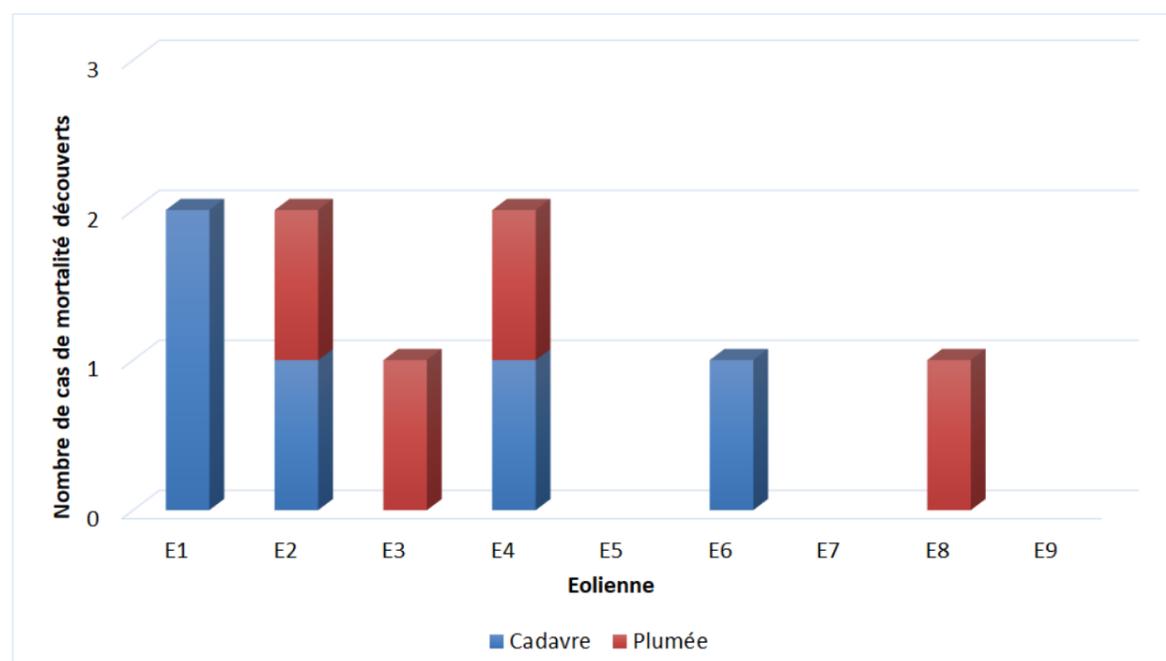
3.4 Bilan de la mortalité des oiseaux

3.4.1 Bilan des mortalités par éolienne en 2022-2023

Au cours de la campagne de suivi menée entre le 16 mai et le 27 octobre 2022, **5 cadavres d'oiseaux et 4 plumées** (soit 9 cas potentiels au total) furent retrouvés sous les éoliennes.

Il est à noter que dans le cas d'une découverte de plumée, il ne peut pas être systématiquement mis en évidence une mortalité résultant d'une collision avec l'éolienne (interférence possible de prédateurs ou charognards).

Figure 63 : Bilan des découvertes issues des relevés au sol dans le cadre du suivi EXEN 2022-2023 et répartition par éolienne



6 des 9 éoliennes du parc ont été à l'origine d'un cas de mortalité en 2022. Les éoliennes E1, E2 et E4 ont été les plus accidentogènes, avec 2 cas de mortalité chacune. Les éoliennes E3, E6 et E8 ont impacté un oiseau chacune.

Pour 24 visites de recherches réalisées au cours de cette période de 5,5 mois, cela représente une moyenne de 1,64 oiseaux découverts par mois pour l'ensemble du parc éolien (soit 9 éoliennes).

3.4.2 Chronologies constatées et corrigées des mortalités d'oiseaux issues des relevés au sol

Le premier graphique de la Figure 64 représente la chronologie des découvertes (cadavres et 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 dépend du pas de temps de retour entre deux visites et de l'efficacité du chercheur (cf. Recueil des données et destination des cadavres page 45).

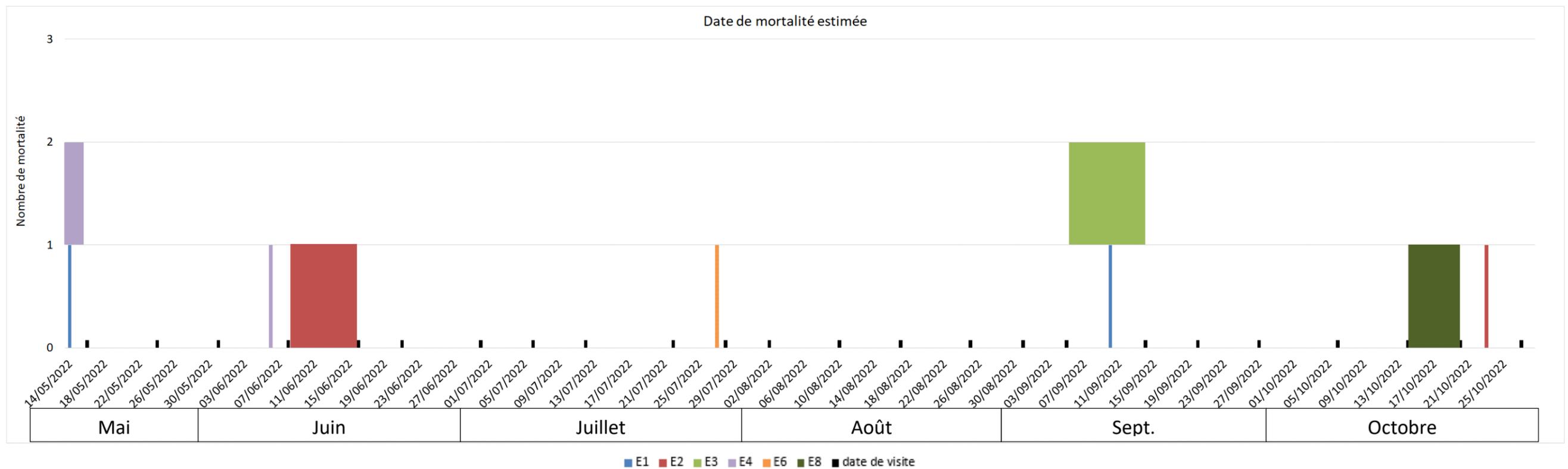
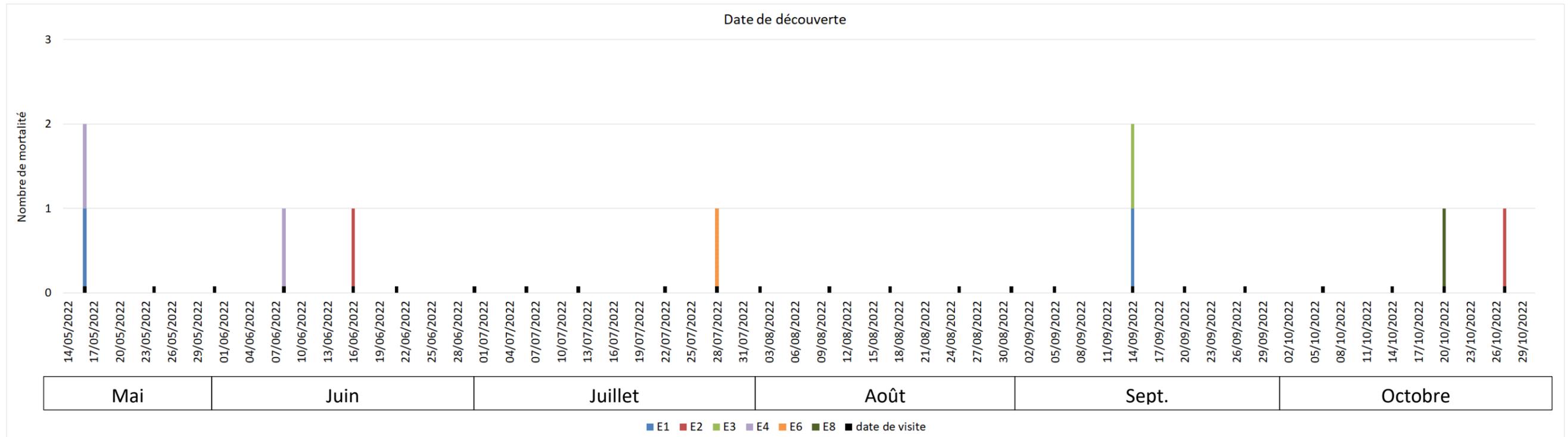
Si on veut tenter d'analyser même grossièrement cette chronologie des mortalités avec différents facteurs d'influence, nous cherchons à estimer la date de la mortalité de chaque cadavre en fonction de son état au moment de la découverte. Quand il est trouvé, chaque cadavre fait en effet l'objet d'une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

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

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

Précisons enfin que la plupart des cadavres étaient dans un bon état de conservation, mais il n'est pas non plus à exclure que tout ou une partie des plumées découvertes peuvent correspondre à des cadavres concernés par des effets plus marqués de l'entomofaune nécrophage.

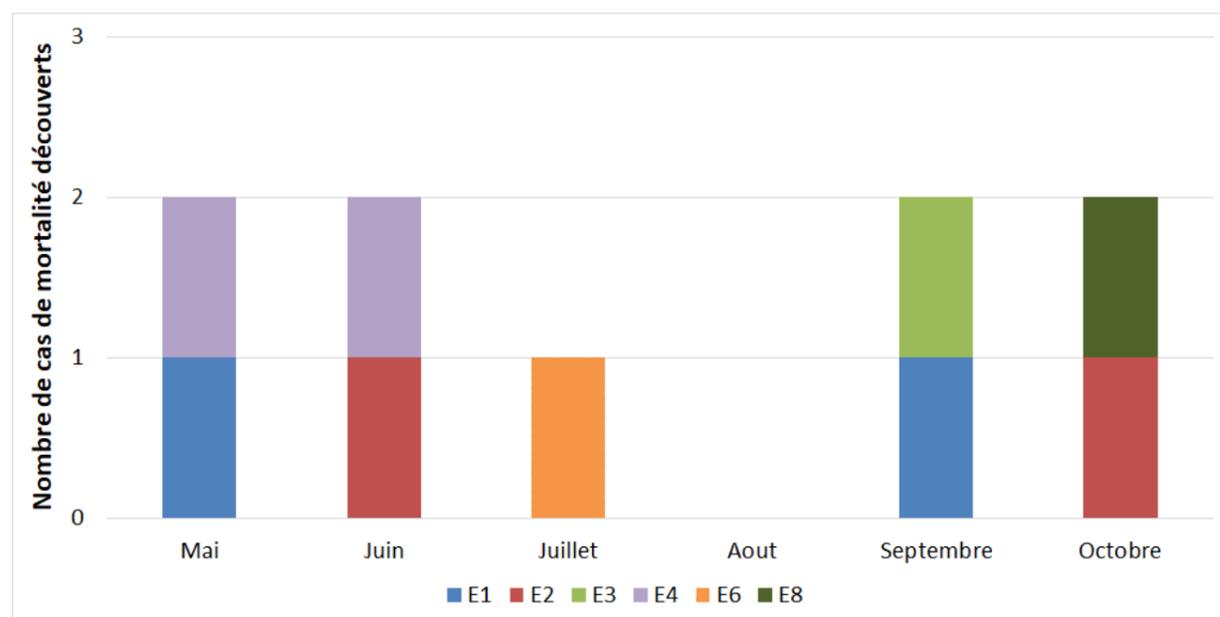
Figure 64 : Chronologie des découvertes d'oiseaux (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne, issues des relevés au sol du suivi mortalité d'EXEN en 2022



Des cas de mortalité sont notés tout au long de la période de suivi, entre mai et octobre, sur quasiment toute la période de cycle biologique des oiseaux. Certains cas de mortalité sont assez rapprochés entre eux (notamment en mars, et en septembre). A noter qu'aucun cas de mortalité n'a été relevé en août (période estivale).

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

Figure 65 : Chronologie des mortalités d'oiseaux estimées (corrigées) par mois en 2022



3.4.3 Typologie des découvertes (cadavres et plumées d'oiseaux) dans le cadre du suivi de la mortalité au sol

La détermination des espèces n'est pas toujours aisée selon l'état des cadavres ou plumées au moment de leur découverte. Ce ne fut pas le cas en 2022 pour la totalité des cadavres et plumées, qui ont pu être identifiés à l'espèce.

Le **cortège d'espèces potentiellement impactées en 2022-2023 est assez diversifié** puisque parmi les 9 découvertes effectuées dans le cadre des visites mortalité, 8 espèces différentes sont représentées.

Ces découvertes correspondent à des passereaux, à des oiseaux intermédiaires et à des rapaces. Ces espèces peuvent être présentes localement tout au long de l'année ou lors de leurs migrations.

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

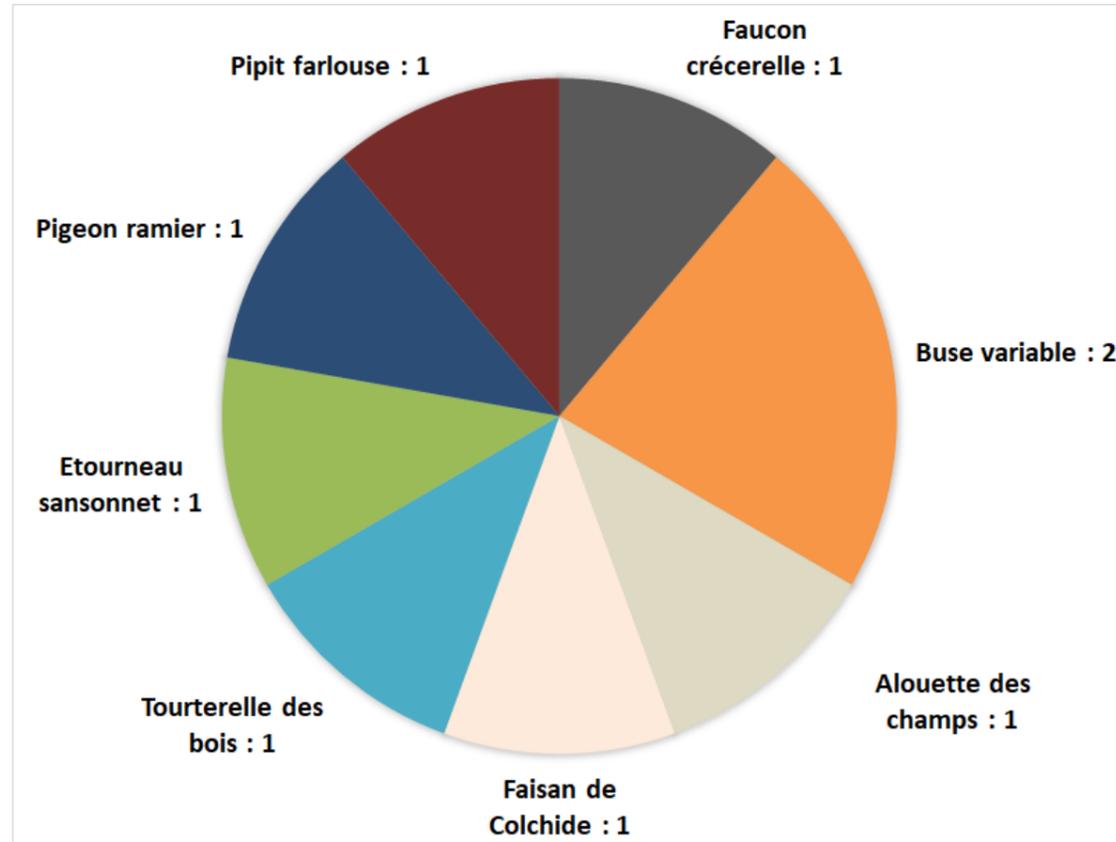
Figure 66 : Tableau représentant les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux correspondant aux découvertes effectuées sous les éoliennes dans le cadre du suivi de la mortalité (les espèces dont au moins une plumée a été découverte sont présentées en gris)

Espèce	Nom scientifique	Type	Statut de protection			Statut de conservation		Niveau de patrimonialité
			Protéc. Fr.	Protéc. U.E.	Conv Berne	Liste rouge nationale (Nov 2017)	Liste Rouge Régionale Centre (oiseaux nicheurs 2013)	
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Quasi menacée	Quasi menacée	Faible à modéré
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Grand rapace	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure	Faible
Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	Passereau	GN	O.2.2	-	Préc. mineure	Préc. mineure	Très faible
Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1 /O.3.1	3	Préc. mineure	-	Très faible
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Petit rapace	P	-	2	Quasi menacée	Préc. mineure	Faible à modéré
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Intermédiaire	GN	O.2.1 /O.3.1	-	Préc. mineure	Préc. mineure	Très faible
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>	Passereau	P	-	2	Vulnérable	Vulnérable	Modéré à fort
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	Intermédiaire	GC	O.2.2	3	Vulnérable	Préc. mineure	Faible à modéré

3 de ces espèces sont protégées, 2 sont classées en nuisible et 3 sont classées en chassable. Le Pipit farlouse est l'espèce dont les statuts de conservation sont les moins favorables à l'échelle nationale et régionale (patrimonialité modérée à forte). Celui-ci est suivi par l'Alouette des champs, le Faucon crécerelle et la Tourterelle des bois (patrimonialité faible à modérée).

Le graphique suivant synthétise la proportion des effectifs retrouvés par espèce. La Buse variable est l'espèce la plus impactée en 2022, avec 2 découvertes. Les autres espèces ont été retrouvées une seule fois dans l'environnement des éoliennes.

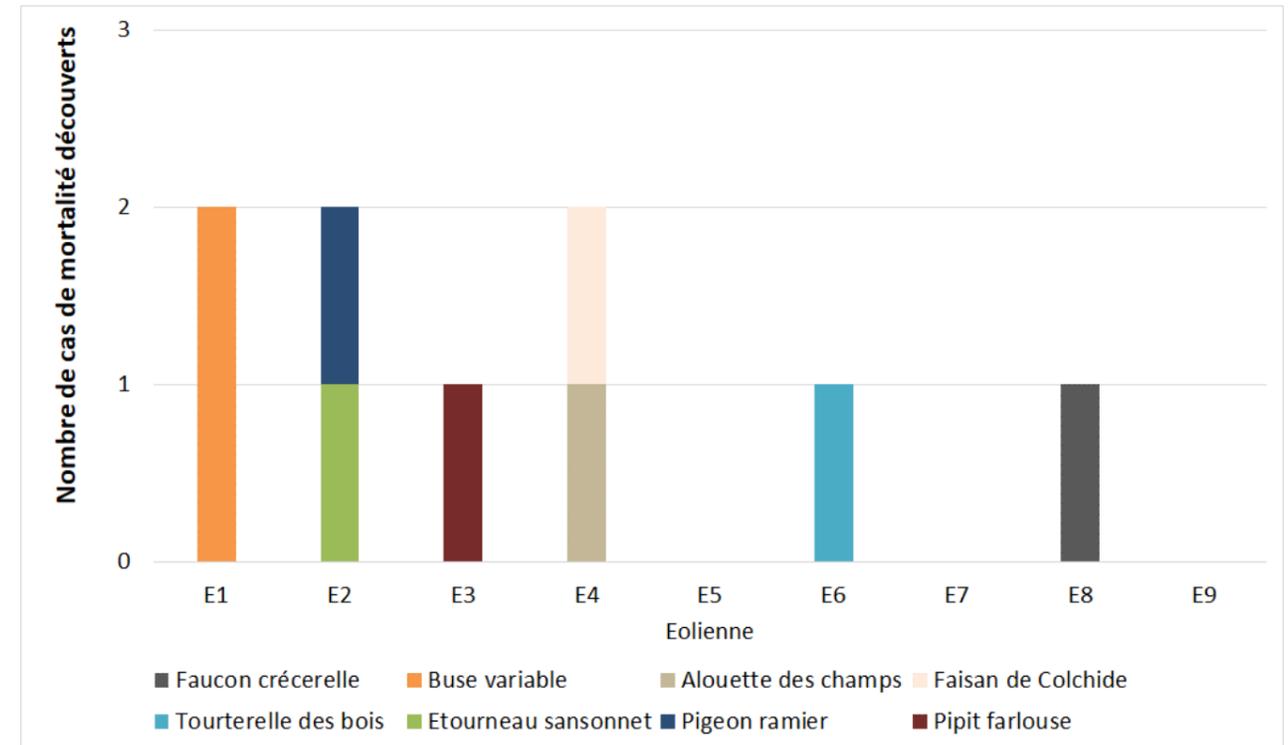
Figure 67 : Répartition des découvertes par espèce d'oiseaux (effectifs constatés dans le cadre du suivi au sol – cadavres et plumés) à l'occasion du suivi 2022



3.4.4 Relation espèce / éolienne

Le graphique suivant précise la répartition des découvertes (cadavres et plumés) par éolienne et en fonction des espèces identifiées.

Figure 68 : Histogramme de la répartition des espèces découvertes (cadavres et plumés) dans le cadre du suivi de la mortalité par éolienne en 2022



L'éolienne E1 a impacté à deux reprises une Buse variable. Les autres espèces ayant été impactées à une seule reprise, il n'est pas possible de définir une tendance et une corrélation espèce/éolienne.

Figure 69 : Cartes représentant les emplacements des différents cas de mortalité d'oiseaux retrouvés sur le parc éolien de Reuilly et Diou





Parc éolien de Reuilly (36)

- Parc éolien de Reuilly
- Cadavres retrouvés sous les éoliennes





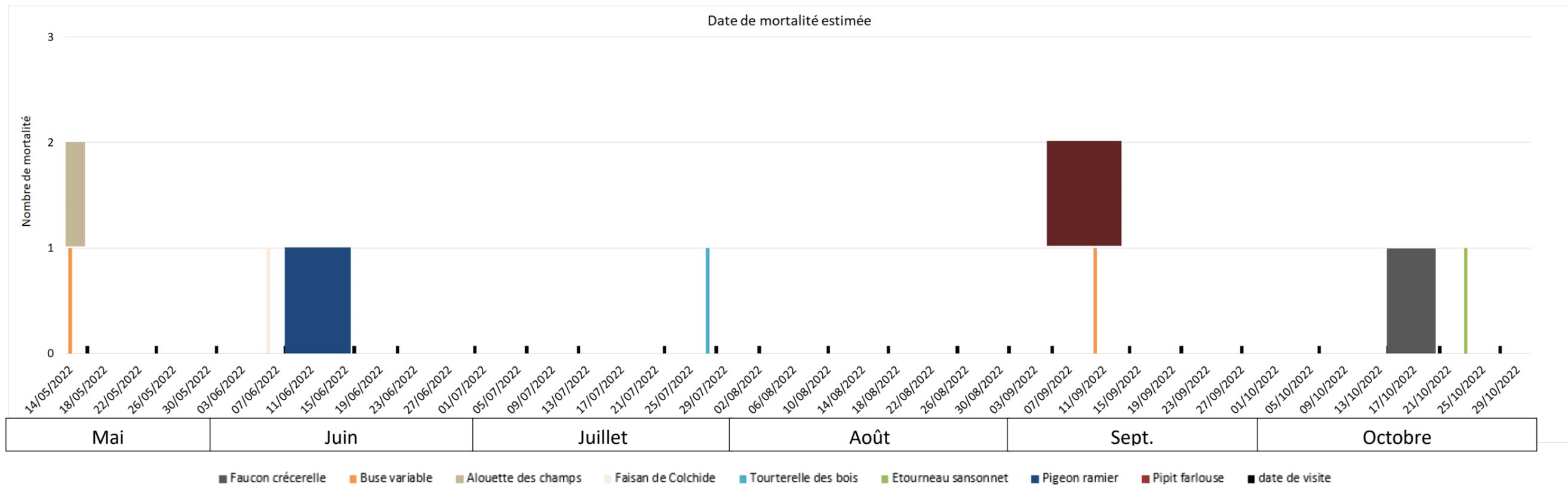
3.4.5 Chronologie des mortalités, phénologies des espèces et tentatives d'interprétations

La figure suivante représente les dates estimées (corrigées) des mortalités par espèce en 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 retrouvées sur toute la période de suivi, correspondant autant à la période nuptiale, internuptiale ou migratrice.

Plusieurs cas de mortalité sont concentrés en mars/avril, correspondant selon les espèces à la période de migration printanière ou au début de la période de nidification, et en septembre, correspondant à la période de migration automnale.

Figure 70 : Répartition des découvertes (cadavres et plumés) d'oiseaux par espèce (effectifs constatés) à l'occasion du suivi mortalité au sol de 2022



3.4.6 Interprétation par espèce

➤ Alouette des champs

Une plumée d'Alouette des champs (*Alauda arvensis*) a été retrouvée le 16 mai au niveau de l'éolienne E4.

A cette période de l'année, il est probable qu'il s'agisse d'un individu nicheur. En effet leur période de reproduction s'étale de mars jusqu'à la fin de l'été. Le mâle chante le plus souvent en vol territorial, augmentant sa hauteur de vol puis se laissant tomber au sol. C'est à ce moment-là que les alouettes peuvent se trouver dans le rotor des éoliennes.

Figure 71 : Clichés de la plumée d'Alouette des champs retrouvée le 16 mai 2022 sous l'éolienne E4



➤ Buse variable

Deux cadavres de Buse variable (*Buteo buteo*) ont été découverts le 16 mai et le 14 septembre 2022, sous l'éolienne E1.

L'espèce est considérée comme sédentaire même si des mouvements migratoires peuvent être observés. A cette période de l'année, il est probable qu'il s'agisse d'individus nicheurs ou internuptiaux. Après la reproduction, cette espèce peut rester sur son territoire ou bien migrer vers le sud pour l'hiver.

Figure 72 : Cliché du cadavre de Buse variable retrouvé le 16 mai 2022 sous l'éolienne E1



➤ Etourneau sansonnet

Un cadavre d'Etourneau sansonnet (*Sturnus vulgaris*) a été découvert le 27 octobre sous l'éolienne E2.

A cette période de l'année, il est probable qu'il s'agisse d'individus migrateurs ou en période internuptiale. En effet, les mouvements migratoires printaniers ont lieu au cours du mois d'octobre chez cette espèce.

Figure 73 : Cliché du cadavre d'Etourneau sansonnet retrouvé le 27 octobre sous l'éolienne E2



➤ Faisan de Colchide

Un cadavre de Faisan de Colchide (*Phasianus colchicus*) a été découvert le 8 juin sous l'éolienne E4.

Les Faisans de Colchide sont des oiseaux considérés comme sédentaires. De plus, la mortalité, est intervenue au cours de la période de reproduction de l'espèce.

Figure 74 : Cliché du cadavre de Faisan de Colchide découvert le 6 juin sous l'éolienne E4



➤ **Faucon crécerelle**

Une plumée de Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*) a été découvert le 20 octobre 2022 sous l'éolienne E8.

A cette période de l'année, il est probable qu'il s'agisse d'un individu internuptial. En effet, l'espèce est considérée comme sédentaire et les zones de reproduction sont occupées de début mars à la fin du mois de juillet. Cependant, des individus nordiques peuvent venir hiverner en France. Il peut donc également s'agir d'un individu hivernant ou migrateur.

Figure 75 : Cliché de la plumée de Faucon crécerelle retrouvée le 20 octobre sous l'éolienne E8



➤ **Pigeon ramier**

Une plumée de Pigeon ramier (*Columba palumbus*) a été découvert le 16 juin 2022, au niveau de l'éolienne E2.

A cette période de l'année, il s'agit très certainement d'un individu nicheur. La période de migration du Pigeon ramier s'étend de début février à mi-avril. Les pigeons se regroupent généralement dans les champs afin de se nourrir. C'est lors de ces comportements qu'ils s'exposent aux risques de collision avec les éoliennes.

Figure 76 : Cliché de la plumée de Pigeon ramier retrouvée le 16 juin 2022 au niveau de l'éolienne E2



➤ **Pipit farlouse**

Une plumée de Pipit farlouse (*Anthus pratensis*) a été découverte le 14 septembre sous l'éolienne E3.

A cette période de l'année, il est probable qu'il s'agisse d'individu migrateur venu du Nord de l'Europe. En effet, la migration postnuptiale s'étale de mi-septembre à mi-novembre essentiellement. Il peut également s'agir d'un individu en période internuptiale. En effet, les populations nicheuses en France sont considérées comme sédentaires.

➤ **Tourterelle des bois**

Un cadavre de Tourterelle des bois (*Streptopelia turtur*) a été découvert le 28 juillet sous l'éolienne E6.

L'espèce est migratrice stricte. En juillet, l'espèce est présente en France pour se reproduire. L'individu impacté est donc un individu nicheur.

Figure 77 : Cliché du cadavre de Tourterelle des bois retrouvé le 28 juillet sous l'éolienne E6



3.4.7 Taux de mortalité des oiseaux

3.4.7.1 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, ...).

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

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

Le cadavre de Faisan de Colchide n'est pas comptabilisé dans le calcul du taux de mortalité car l'impact d'une éolienne sur cet individu est trop incertain (mortalité potentiellement liée à la chasse). Les éléments observés ne permettent pas d'exclure le fait qu'il peut s'agir d'un individu prédaté.

Figure 78 : Tableau récapitulatif des proportions (%) de chaque niveau de difficulté de prospection parmi les secteurs prospectables et de la mortalité constatée pour chaque visite (en fin de tableau : moyenne des proportions de chaque niveau de difficulté de prospection sur la période de suivi et nombre total de cadavres retrouvés sous les éoliennes)

Date des visites	Période	Végétation			Mortalité cadavre oiseaux	Mortalité Plumée oiseaux	Mortalité Totale oiseaux
		Type 1	Type 2	Type 3			
16-mai	Période 1	100,00	0,00	0,00	1	1	2
24-mai	Période 1	77,42	22,58	0,00			
31-mai	Période 1	84,50	15,50	0,00			
8-juin	Période 1	75,00	13,89	11,11			
16-juin	Période 1	45,00	55,00	0,00		1	1
21-juin	Période 1	35,29	42,81	21,90			
30-juin	Période 1	41,06	47,91	11,03			
6-juil.	Période 1	17,17	71,38	11,45			
12-juil	Période 2	15,23	80,54	4,23			
22-juil	Période 2	15,32	80,99	3,69			
28-juil	Période 2	28,65	27,06	44,30	1		1
02-août	Période 2	14,96	81,44	3,60			
10-août	Période 2	14,98	83,22	1,80			
17-août	Période 2	44,08	9,80	46,12			
25-août	Période 2	15,00	81,94	3,06			
31-août	Période 2	18,29	34,56	47,15			
05-sept	Période 2	13,33	85,06	1,60			
14-sept	Période 2	12,61	83,95	3,44	1	1	2
20-sept	Période 3	14,98	82,11	2,91			
27-sept	Période 3	33,33	58,95	7,72			
06-oct	Période 3	12,16	87,22	0,63			
14-oct	Période 3	70,30	16,96	12,75			
20-oct	Période 3	22,61	75,76	1,63		1	1
27-oct	Période 3	85,04	0,00	14,96	1		1
Moyenne		37,76	51,61	10,63	4,00	4,00	8,00
Période 1		59,43	33,63	6,93	1,00	2,00	3,00
Période 2		19,24	64,86	15,90	2,00	1,00	3,00
Période 3		39,74	53,50	6,77	1,00	1,00	2,00

3.4.7.2 Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules)

En 2022, trois tests ont été menés le 16 mai, le 21 juin et le 5 septembre pour apprécier les coefficients correcteurs nécessaires au calcul du taux de mortalité.

▪ Taux de détection

Figure 79 : 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	5	0,63
Type 3	Moyenne	Moyenne	6	2	0,33
Total	E7	16/05/2022	10	6	
Type 1	E7	16/05/2022	3	2	
Type 2	E7	16/05/2022	4	3	
Type 3	E7	16/05/2022	3	1	
Total	E8	05/09/2022	10	6	
Type 1	E8	05/09/2022	3	3	
Type 2	E8	05/09/2022	4	2	
Type 3	E8	05/09/2022	3	1	

	d	Pourcentage de prospection		
		Type 1	Type 2	Type 3
Moyenne	0,67	37,76	51,61	10,63
Période 1	0,73	59,43	33,63	6,93
Période 2	0,62	19,24	64,86	15,90
Période 3	0,69	39,74	53,50	6,77

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 zones boisées 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 80 : 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	60	43	10	2	0	1,25	0,07	0,08	0,08	0,07
Type 1		Moyenne	22	16	3	1	0	1,27	0,07	0,07	0,08	0,07
Type 2		Moyenne	20	14	4	0	0	1,10	0,06	0,06	0,07	0,05
Type 3		Moyenne	18	13	3	1	0	1,39	0,09	0,09	0,09	0,09
Moyen	Toutes	16/05/2022	20	14	0	0	0					
Type 1	Toutes	16/05/2022	7	5	0	0	0					
Type 2	Toutes	16/05/2022	7	4	0	0	0					
Type 3	Toutes	16/05/2022	6	5	0	0	0					
Moyen	Toutes	21/06/2022	20	12	2	1	0					
Type 1	Toutes	21/06/2022	7	4	1	0	0					
Type 2	Toutes	21/06/2022	6	4	0	0	0					
Type 3	Toutes	21/06/2022	7	4	1	1	0					
Moyen	Toutes	05/09/2022	20	17	8	1	0					
Type 1	Toutes	05/09/2022	8	7	2	1	0					
Type 2	Toutes	05/09/2022	7	6	4	0	0					
Type 3	Toutes	05/09/2022	5	4	2	0	0					

	Tm	p	Pourcentage de prospection		
			Type 1	Type 2	Type 3
Moyenne	1,25	0,07			
Période 1	1,22	0,07	59,43	33,63	6,93
Période 2	1,18	0,07	19,24	64,86	15,90
Période 3	1,19	0,06	39,74	53,50	6,77

○ Paramètre *p* (formule d'Erickson adaptée)

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

Dans notre cas précis, cet intervalle *I* moyen entre deux visites est calculé précisément en fonction du planning de suivi de l'année 2022-2023. On obtient un intervalle moyen de l'ordre de ***I* = 7,13**.

Figure 81 : Proportion de chaque intervalle de visites et définition de l'intervalle pondéré (en jours)

Durée intervalle (en jours)	Nombre d'intervalles	Total
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	3	15
6	6	36
7	4	28
8	6	48
9	3	27
10	1	10
Total	23	164
Intervalle pondéré (tot)		7,13

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* = 0,07**.

○ Paramètre *Tm* (formules de Erickson + Jones + Huso)

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

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

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

Dans notre cas précis, ***Tm* est égal à 1,25. Autrement dit, il faut environ 1-2 jours pour que les cadavres disparaissent.**

▪ Coefficient de correction surfacique

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

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

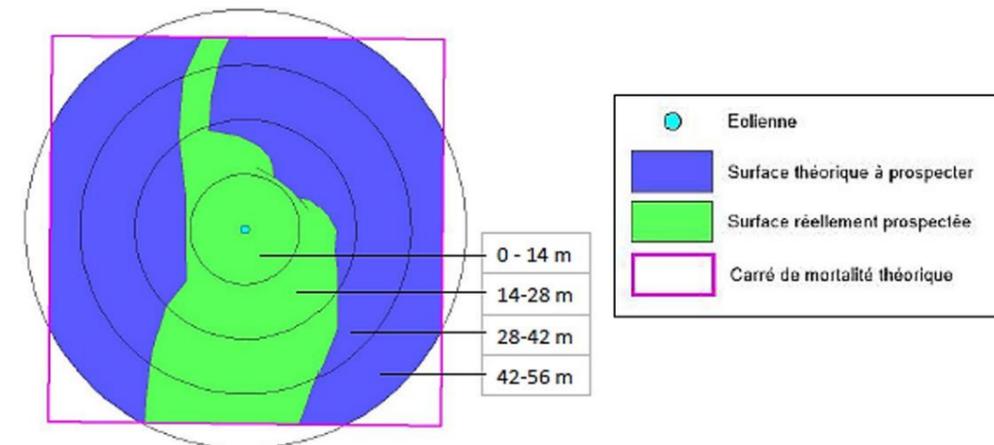
$$A = \frac{\sum_k C_k / S_k}{\sum_k C_k}$$

Avec

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

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

Figure 82 : Schéma des différents cercles concentriques pour le calcul du coefficient surfacique



Dans le cas du suivi du parc éolien de Reuilly, dans la mesure où la végétation est globalement assez uniforme mais seulement accessible sur le site par moment en raison des cultures, les zones difficiles à prospecter peuvent être nombreuses. Le coefficient de correction surfacique se situe entre 1 et 2 (1 signifiant pas de correction surfacique).

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.

Figure 83 : Tableau détaillant les valeurs utilisées pour le calcul du coefficient surfacique a

	Surface à prospecter par éolienne	Nombre d'éolienne suivie	Surface à prospecter totale	Surface réellement prospectée (toute éolienne confondues, en ha)	Pourcentage prospecté	Nombre de cadavre et de plumée d'oiseaux
42m - 56m	0,4308	9	3,88	1,55	39,98	2
28m - 42m	0,3077	9	2,77	1,50	54,20	1
14m - 28m	0,1846	9	1,66	1,08	64,70	2
0m - 14m	0,0615	9	0,55	0,45	82,02	3

a (OIS)	1,70
----------	------

3.4.7.3 Estimation de la mortalité avec nos tableaux EXCEL

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

Figure 84 : Paramètres de calcul utilisés dans les équations

Paramètres	Valeurs	Explications
c	8,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
d	0,67	Valeur du taux de détection globale tout type de recouvrement confondu
p	0,07	Valeur du taux de persistance globale tout type de recouvrement confondu
tm	1,25	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain globale tout type de recouvrement confondu
l	7,13	Pas de temps du suivi
\hat{l}	2,50	$\hat{l} = - \log(0.01) * tm$
\hat{e}	0,35	$\hat{e} = \text{Min}(l/\hat{l}) / l$
a	1,70	Coefficient de correction surfacique

Tous ces résultats correspondent aux différentes estimations du nombre d'oiseaux morts sur la période allant du 16 mai au 27 octobre 2022 et pour les 9 éoliennes du parc suivies. Ces résultats sont basés sur l'intégralité du parc éolien et sur 12 mois.

Pour ramener ces résultats par an et par éolienne,

- On divise ces résultats par 9 → on aura une estimation de la **mortalité par éolienne pour la période de suivi**
- On divise par 5,5 (5,5 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 9 → 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. Il aboutit à un **résultat moyen de l'ordre de 31,55 mortalités par éolienne et par an**, avec une fourchette oscillant entre 27,93 et 37,99 mortalités par éolienne et par an selon les formules utilisées.

Figure 85 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2022

	Erickson		Jones	Huso	Moyenne
	adaptée	réelle			
Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi	115,21	115,30	156,71	133,34	130,14
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	12,80	12,81	17,41	14,82	14,46
Mortalité par éolienne et par mois	2,33	2,33	3,17	2,69	2,63
Mortalité par éolienne et pour une année	27,93	27,95	37,99	32,33	31,55
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	251,37	251,56	341,90	290,93	283,94

3.4.7.4 Estimation de la mortalité avec l'application EolApp

Le tableau suivant détaille les paramètres à renseigner dans l'application web.

Figure 86 : Paramètres à renseigner dans l'application EolApp

Paramètres	Valeur
Intervalle de temps entre les passages	7,13
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	0,52

Figure 87 : 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	145,24	43,34	335,17	73,13	253,14
Huso	181,16	51,06	509,90	84,09	359,46
Jones	435,84	113,24	952,25	181,01	821,03
Moyenne par éolienne	28,23	7,69	66,57	12,53	53,10

En considérant les 3 modèles, il y a 95% de chance que le nombre réel d'oiseaux impactés se situe entre 7,69 et 66,57 cas de mortalité. De même, il y a 80% de chance que le nombre réel d'oiseaux impactés se situe entre 12,53 et 53,10 cas de mortalité. La médiane quant à elle est de 28,23 mortalités par éolienne et sur la période suivie.

Pour ramener ces résultats par an et par éolienne :

- On divise par 5,5 (5,5 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 **16,78 à 145,24 mortalités par éolienne et par an**. A un intervalle de confiance de **80%**, le résultat est de l'ordre de **27,33 à 115,85 mortalités par éolienne et par an**. La médiane est quant à elle de **61,60 mortalités par éolienne et par an**.

3.4.7.5 Estimation de la mortalité avec l'application GenEst

L'application GenEst aboutit sur un résultat médian de **16,23 cas par éolienne et par an**, soit 146,1 cas pour le parc entier par an. A un intervalle à **90%**, la mortalité est estimée à entre **6,62 et 32,48 cas par éolienne et par an**, soit entre 59,59 et 292,28 cas pour le parc entier et par an.

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

Avec nos tableurs EXCEL, la mortalité réelle d'oiseaux est estimée à **31,55 cas par éolienne et par an** en 2022, sur le parc de Reuilly. Avec l'application EolApp, le taux de mortalité est estimé à **61,60 cas par éolienne et par an**. Avec l'application GenEst, celui-ci est estimé à **16,23 cas par éolienne et par an**.

Les résultats obtenus présentent des écarts perçus comme importants mais les ordres de grandeur sont **comparables**. Nous retiendrons que le **taux de mortalité est compris entre 16 et 60 cas par éolienne et par an, soit entre 144 et 540 cas pour le parc entier et par an**.

Il est important de rappeler que le fort taux de prédation observé sur le site peut venir biaiser une partie des résultats.

4 EVALUATION DES IMPACTS DU PARC EOLIEN DE REUILLY

4.1 Impact sur les chiroptères

4.1.1 Analyses quantitatives et comparaisons avec d'autres parcs éoliens

Pour la campagne de suivi en 2022, le taux de mortalité est estimé à **environ 2 à 8 cas de mortalité par éolienne et par an, soit environ 18 à 72 cas de mortalité pour le parc entier et par an.**

Ce taux de mortalité est calculé à partir de la mortalité relevée lors de la période de suivi allant du 16 mai au 27 octobre, c'est-à-dire sur la quasi-totalité de la période d'activité des chauves-souris sur ce site. 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, cette estimation de la mortalité témoignerait **d'une valeur de mortalité par éolienne et par an faible voire faible à 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...); toutefois, l'estimation de la mortalité semble révéler ici **l'absence d'un niveau de mortalité significatif 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.

Finalement, du point de vue quantitatif, l'impact du parc éolien de Reuilly et Diou sur les chiroptères peut être qualifié de faible par rapport à d'autres parcs suivis en France.

Figure 88 : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour différents suivis des parcs éoliens référencés en France (mise à jour du tableau de l'ALEPE)

Site	Département	Contexte de milieux	Année de suivi	Mortalité de chiroptère / éolienne / an	Référence
Lou Paou	48	Forêt de résineux + lisières + qq larges clairières	2010	0	ALEPE (2010)
Rézentières	15	Prairies naturelles de moyenne montagne	2013	0-3	Beucher, Albespy, Mougnot (2014)
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 89 : 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 Firbourg (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 Analyses qualitatives des impacts sur les chiroptères

▪ Définition des risques d'occurrence de la mortalité

L'appréciation des risques de l'exploitation du parc éolien se concentrent 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 des données de fonctionnement des éoliennes pour estimer un niveau de fréquentation du site ;
- 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 niveaux principaux 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 global moyen ;
- 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 global élevé.

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 > 1).

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

Figure 90 : Niveau d'occurrence des risques de mortalité (en gris, 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 de fréquentation à risque (tour rotor >1)	Sensibilité théorique vis-à-vis de l'éolien	Mortalité brute découverte en 2022	Risque d'occurrence de mortalité
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Modéré à fort	Modéré	Forte	1	Modéré à fort
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Modéré à fort	Faible	Forte		Modéré
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Modéré à fort	Faible	Forte		Modéré
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Modéré à fort	Modéré	Modérée à forte		Modéré
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Faible	Négligeable	Forte		Faible à modéré
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Négligeable	Négligeable	Modérée à forte		Faible
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Très faible	Négligeable	Modérée		Faible
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Négligeable	Négligeable	Modérée		Faible

➤ **L'exposition au risque de mortalité est finalement évaluée comme :**

- Modéré à fort pour la Pipistrelle commune ;
- Modéré pour la Noctule de Leisler, la Noctule commune et la Pipistrelle de Kuhl;
- Faible à modéré pour la Pipistrelle de Nathusius ;
- Faible pour la Sérotine commune, la sérotine bicolore et la Sérotine de Nilsson ;

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 et la sensibilité théorique de chaque espèce à l'éolien.

Étant donné, la prédation existant sur le site (persistance de 2 jours des cadavres) et la possibilité que des cadavres n'aient pas été retrouvés par le découvreur (taux de détection égale à 0,34), le nombre d'individus réellement tués est certainement supérieur.

Il est impossible d'exclure un risque de mortalité pour d'autres espèces non retrouvées au pied des éoliennes ou non contactées sur le suivi acoustique en hauteur. Dans tous les cas, même si d'autres espèces venaient à fréquenter le site, elles ne le feraient que ponctuellement et le niveau de risque de mortalité devrait donc être très faible.

➤ **Évaluation des impacts du parc éolien de Reuilly et Diou**

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 91 : Evaluation des impacts qualitatifs du parc éolien de Reuilly et Diou sur les chauves-souris (en gris 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 de mortalité	Niveau d'impact théorique
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Modérée	Modéré à fort	Modérée
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Modérée à forte	Modéré	Modérée
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Modérée à forte	Modéré	Modérée
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Très faible	Modéré	Faible
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Modérée	Faible à modéré	Faible à modéré
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Faible à modéré	Faible	Faible
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Modérée	Faible	Faible à modéré
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Faible à modéré	Faible	Faible

Le niveau d'impact théorique, d'un point de vue qualitatif, du parc éolien de Reuilly et Diou est qualifié de modéré au maximum, et ce, pour la Pipistrelle commune, la Noctule commune et la Noctule de Leisler. Parmi ces 3 espèces, seul un cadavre de Pipistrelle commune a été retrouvé sous les éoliennes. L'impact qualitatif théorique est donc probablement surestimé.

4.2 Impact sur l'avifaune

4.2.1 Analyses quantitatives et comparaisons avec d'autres parcs éoliens

Pour la campagne de suivi en 2022, le taux de mortalité est estimé **entre 16 et 60 cas par éolienne et par an, soit entre 144 et 540 cas pour le parc entier et par an.**

Même si un suivi de la mortalité est toujours soumis à diverses limites d'échantillonnage, et que les mortalités brutes ne représentent qu'une partie de la mortalité réelle, on peut considérer que la concordance entre les différents modèles utilisés pour estimer le taux de mortalité permettent d'être confiants sur la représentativité de ces résultats.

Ces taux sont jugés « hauts » par rapport à ce qui a été observé sur d'autres parcs français et européens suivis dans les mêmes conditions à des valeurs plus importantes. Si les résultats restent encore peu nombreux à l'échelle régionale, les évaluations à l'échelle nationale ou européenne montrent généralement un taux de mortalité variant de 0 à 10 oiseaux/éolienne/an. Dans son rapport de juin 2017 "Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune", la LPO estime un taux de mortalité moyen de 7 cas par 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 Reuilly et Diou peut être qualifié de fort par rapport à d'autres parcs suivis en France.

4.2.2 Analyses qualitatives des impacts sur l'avifaune

Au total, 8 espèces d'oiseaux ont fait l'objet de découvertes à l'occasion du suivi 2022, il s'agit de l'Alouette des champs, de la Buse variable, de l'Etourneau sansonnet, du Faisan de Colchide, du Faucon crécerelle, du Pigeon ramier, du Pipit farlouse et de la Tourterelle des bois.

Nous proposons de mener ici une évaluation de l'impact théorique du parc éolien sur ces espèces au regard des mortalités constatées, mais aussi en prenant en compte leur valeur patrimoniale.

L'Alouette des champs fait partie des espèces sensibles à l'éolien. Elle correspond à la 10^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2022, 395 cas de mortalité recensés). Une plumée a été découverte le 16 mai sous l'éolienne E4. A cette période de l'année, il s'agit d'un individu nicheur. Cette espèce chassable ne possède pas de statuts de conservation défavorables à l'échelle nationale et à l'échelle régionale (classée en quasi-menacé). **Ainsi, nous estimons un impact théorique faible 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 cas ont été découverts le 16 mai et le 14 septembre sous l'éolienne E1. A cette période de l'année, il est probable qu'il s'agisse d'un individu nicheur et d'un individu internuptial. Cette espèce protégée ne possède pas de statuts de conservation défavorables à l'échelle nationale et à l'échelle régionale (classée en préoccupation mineure). **Ainsi, nous estimons un impact théorique faible du parc éolien sur cette espèce.**

L'Etourneau sansonnet fait partie des espèces sensibles à l'éolien. Il correspond à la 16^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2022, 222 cas de mortalité). Un cadavre a été découvert sous l'éolienne E2 le 27 octobre. A cette période de l'année, il est probable qu'il s'agisse d'un individu migrateur ou en période internuptiale. Cette espèce classée en nuisible ne possède pas de statuts de conservation défavorables à l'échelle nationale et à l'échelle régionale (classée en préoccupation mineure). **Ainsi, nous estimons un impact théorique très faible du parc éolien sur cette espèce.**

Le Faisan de Colchide fait partie des espèces sensibles à l'éolien. Il correspond à la 30^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2022, 124 cas de mortalité). Un cadavre a été découvert sous l'éolienne E4 le 8 juin. A cette période de l'année, il s'agit d'un individu nicheur. Cette espèce chassable ne possède pas de statuts de conservation défavorables à l'échelle nationale et à l'échelle régionale (classée en préoccupation mineure). **Ainsi, nous estimons un impact théorique très faible du parc éolien sur cette espèce.**

Le Faucon crécerelle fait partie des espèces sensibles à l'éolien. Il correspond à la 6^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2022, 673 cas de mortalité). Une plumée de Faucon crécerelle a été découverte le 20 octobre 2022 sous l'éolienne E8. A cette période de l'année, il est probable qu'il s'agisse d'un individu internuptial ou hivernant. Cette espèce protégée ne possède pas de statuts de conservation défavorables à l'échelle nationale (classée en quasi-menacé) et à l'échelle régionale (classée en préoccupation mineure). **Ainsi, nous estimons un impact théorique faible à modéré du parc éolien sur cette espèce.**

Le Pigeon ramier fait partie des espèces sensibles à l'éolien. Il correspond à la 14^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2022, 279 cas de mortalité). Une plumée a été découverte le 16 juin 2022 sous l'éolienne E2. A cette période de l'année, il est probable qu'il s'agisse d'un individu nicheur. Cette espèce classée en nuisible ne possède pas de statuts de conservation défavorables à l'échelle nationale (classée en préoccupation mineure). **Ainsi, nous estimons un impact théorique très faible du parc éolien sur cette espèce.**

Le Pipit farlouse fait partie des espèces peu sensibles à l'éolien. Il correspond à la 75^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2022, 33 cas de mortalité). Une plumée a été découverte le 14 septembre sous l'éolienne E3. A cette période de l'année, il est probable qu'il s'agisse d'un individu migrateur ou en période internuptiale. Cette espèce protégée possède des statuts de conservation défavorables à l'échelle nationale et régionale (classée vulnérable). **Ainsi, nous estimons un impact théorique modéré du parc éolien sur cette espèce.**

La Tourterelle des bois fait partie des espèces peu sensibles à l'éolien. Il correspond à la 66^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2022, 40 cas de mortalité). Un cadavre a été découvert le 28 juillet sous l'éolienne E6. L'espèce est migratrice stricte. Il s'agit d'un individu adulte nicheur. Cette espèce classée en chassable ne possède des statuts de conservation défavorables à l'échelle nationale (classée vulnérable) mais pas à l'échelle régionale (classée en préoccupation mineure). **Ainsi, nous estimons un impact théorique faible du parc éolien sur cette espèce.**

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

Figure 92 : Evaluation des niveaux d'impacts théoriques sur l'avifaune en 2022

Nom de l'espèce	Sensibilité	Nombre de mortalités	Risque d'occurrence (sensibilité * nb de mortalités)	Patrimonialité	Niveau d'impact théorique (risque d'occurrence * patrimonialité)
Alouette des champs	Faible à modéré	1	Faible	Faible à modéré	Faible
Buse variable	Modéré	2	Faible à modéré	Faible	Faible
Etourneau sansonnet	Faible	1	Faible	Très faible	Très faible
Faisan de Colchide	Très Faible	1	Très faible	Très faible	Très faible
Faucon crécerelle	Modéré	1	Faible à modéré	Faible à modéré	Faible à modéré
Pigeon ramier	Faible	1	Faible	Très faible	Très faible
Pipit farlouse	Faible	1	Faible	Modéré à fort	Modéré
Tourterelle des bois	Faible	1	Faible	Faible à modéré	Faible

5 BILAN DE L'EFFICACITE DES MESURES CORRECTIVES EN 2022

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 :

Du 1^{er} juin au 31 octobre :

- Pour des vitesses de vent inférieures à 6 m/s ;
- Et pour des températures supérieures à 12°C ;
- De 1h avant le coucher du soleil jusqu'à 1h après le lever du soleil ;
- Et pour toutes les éoliennes.

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

Les graphiques de la page suivante (Figure 93 page 81) permettent une analyse comparée de la date de mortalité estimée de la chauve-souris retrouvée en 2022 et de la chronologie d'activité à risque, enregistrée au niveau des modules Batcorders autonomes positionnés sur l'éolienne E1 et E7, lorsque les pales tournent (tour rotor ≥ 1). En effet, **seule l'activité des chiroptères enregistrée lorsque les pales tournent est prise en compte dans ces figures.**

Cette comparaison repose sur la date de mortalité estimées, exercice assez compliqué se basant seulement sur l'état de dégradation des cadavres. Il s'agit donc plutôt de comparer grossièrement le cas de mortalité relevé au sol avec de l'activité à risque relevée en nacelle, sur une période (quelques jours) et non sur une date très précise.

Un seul cas de mortalité de chauve-souris a été trouvé, en 2022, sous le parc éolien de Reuilly. Il s'agit d'un individu de Pipistrelle commune retrouvée sous E1, le 05 septembre 2022.

Aucune activité à risque ne semble associée à cette mortalité. En revanche, une activité de Pipistrelle commune a bien eu lieu le 31 août (niveau d'activité modéré) et 03 septembre (niveau d'activité faible à modéré), au niveau de la nacelle de l'éolienne E1. Cette activité était normalement couverte par les

conditions de régulation (3 m/s et 23°C le 31 août, 21°C le 03 septembre). Il semblerait donc que cette mortalité soit accidentelle.

Les graphiques suivants permettent de constater que très peu d'activité a présenté un risque de mortalité, en 2022 (niveau d'activité à risque très faible voire nul la majorité du temps).

Il n'est pas possible de savoir si des mortalités ont fait suite à l'activité à risque de la nuit du 25 avril ou de la nuit de 11 novembre car la campagne d'inventaires de mortalité n'avait pas commencé. Ces nuits ont représenté un risque principalement parce qu'elles se situent en dehors de la période de régulation.

Finalement, le cas de mortalité retrouvé, en 2022, sous les éoliennes, ne semble pas corrélé à une activité à risque et semble donc accidentel.

Peu d'activité à risque est notée, il semble que les conditions de régulation mises en place soient bien adaptées au site et aux problématiques du parc éolien de Reuilly.

5.3 Visualisation 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 nacelles d'éolienne E1 et E7, 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 ≥ 1 par min),
- 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 95 page 83) permettent une comparaison visuelle simple de ces types d'activité.

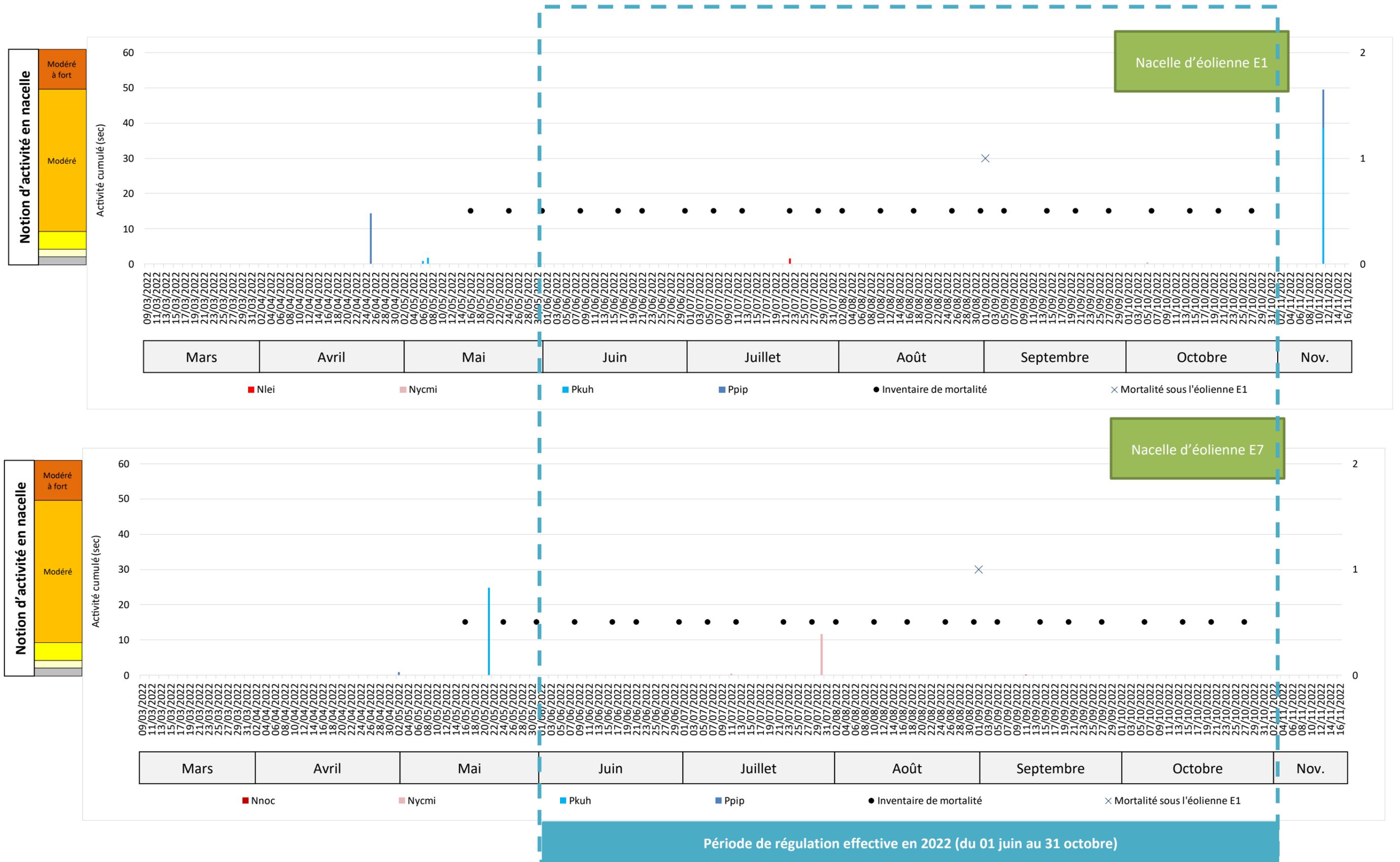
Cette comparaison n'est présentée, ici, que pour l'éolienne E1 où un cas de mortalité de Pipistrelle commune a été trouvé.

Globalement, il est possible de voir que l'activité qui a réellement à risque est inférieure à l'activité protégée théoriquement par la régulation. Ceci signifie que l'éolienne n'a pas fonctionné sur des périodes où elle n'est pas régulée pour la protection des chiroptères. Cette activité est mise en valeur par des cercles verts.

Il est également possible de constater qu'aucune activité n'a présenté un risque de mortalité à cause d'un défaut ou d'un dysfonctionnement de la régulation. Ces défauts seraient représentés par des cercles rouges.

L'activité entourée de cercle bleus représente une activité qui n'est pas prise en compte par la régulation car en dehors des critères de régulation. Ici, les nuits pointées sont en dehors de la période de régulation.

Figure 93 : Graphique de la chronologie de l'activité chiroptérologique réellement à risque, en nacelle d'éolienne E1 et E7 pour des tour rotor > 1 et de la mortalité constatée en 2022



Afin de porter une analyse plus fine et déconnectée de l'activité des chiroptères, il existe une application web capable de vérifier la bonne implantation d'un pattern de régulation sur une éolienne. Cette analyse se base sur les données météorologiques (température extérieure à la nacelle, horodatage) et de fonctionnement de la machine (tour rotor).

Cette application se nomme Probat Inspector (@OekoFor GbR ; <https://oekofofor.shinyapps.io/probat-inspector/>).

La sortie graphique obtenue est disponible à la Figure 96 page 84. Elle indique que dans **93,5% du temps le bridage demandé a fonctionné correctement** (ce type de cas est représenté par un carré vert) ; que 4,1% des cas, l'éolienne était en fonctionnement alors que les conditions de bridages étaient réunies (ce type de cas est représenté par un carré rouge) ;

Finalement, peu de périodes de dysfonctionnement apparaissent. Elles sont concentrées sur en fin de nuit où la régulation ne semble pas effective, 1h après le lever du soleil comme cela devrait être le cas. Ce problème n'est pas observé lors du test des données de l'éolienne E7.

5.4 Bilan de l'efficacité de la mesure de régulation en place

Pour rappel, en 2020, dix cadavres de chauves-souris ont été trouvés sous le parc éolien de Reuilly. Toutes trouvées entre juillet et septembre 2020. Le taux de mortalité a été estimé entre 6 à 9 cadavres par éolienne pour la période de mai à octobre.

A la suite de ces mortalités, une première préconisation de régulation a été faite sur la période problématique :

- Sur les 9 éoliennes du parc éolien de Reuilly et Diou ;
- Du 1^{er} juillet au 31 octobre ;
- Par absence de pluie ;
- Pour une température supérieure à 12°C ;
- De 1 heure avant le coucher du soleil et jusqu'à une heure après le lever du soleil ;
- Pour une vitesse de vent inférieure à 6 m/s

En 2021, le suivi de mortalité mené fait état de 15 cadavres de chiroptères trouvés entre août et octobre ; Le bridage préconisé n'a pas pu être mis en place en 2021. Ainsi, ces cadavres ne sont pas la cause de mauvais dimensionnement de bridage. Le taux de mortalité a été estimé entre 8 et 12 individus par éolienne sur la période de mai à octobre. Ce taux est assez similaire à celui estimé en 2020.

En 2022, la régulation a pu être mise en place, le suivi de mortalité mené permet donc de juger de son efficacité. Un seul cadavre de chauve-souris a été trouvé lors du suivi. La taux de mortalité a été estimé entre 2 et 8 individus par éolienne et par an.

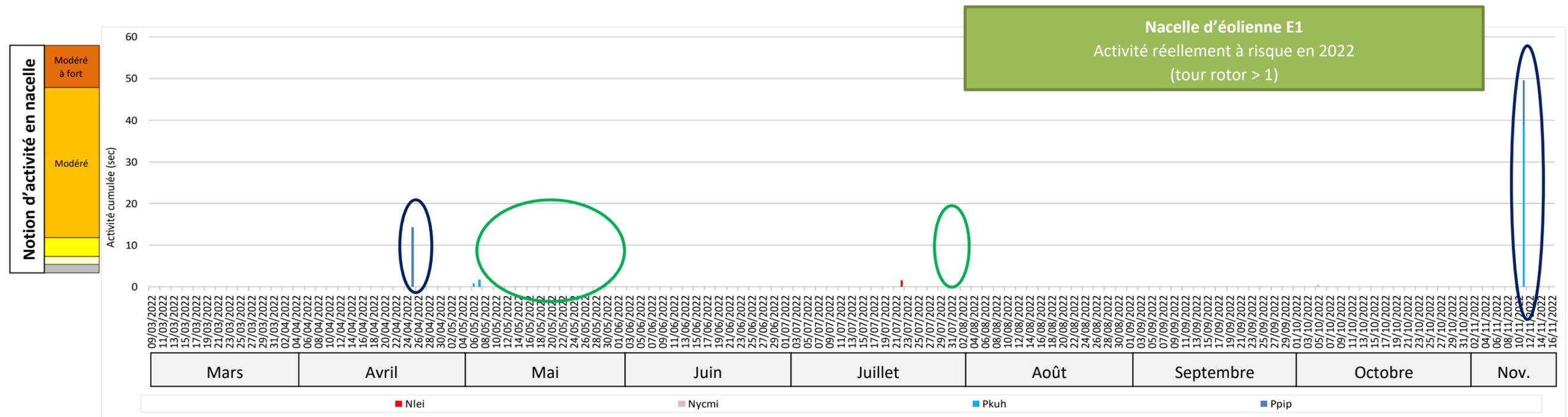
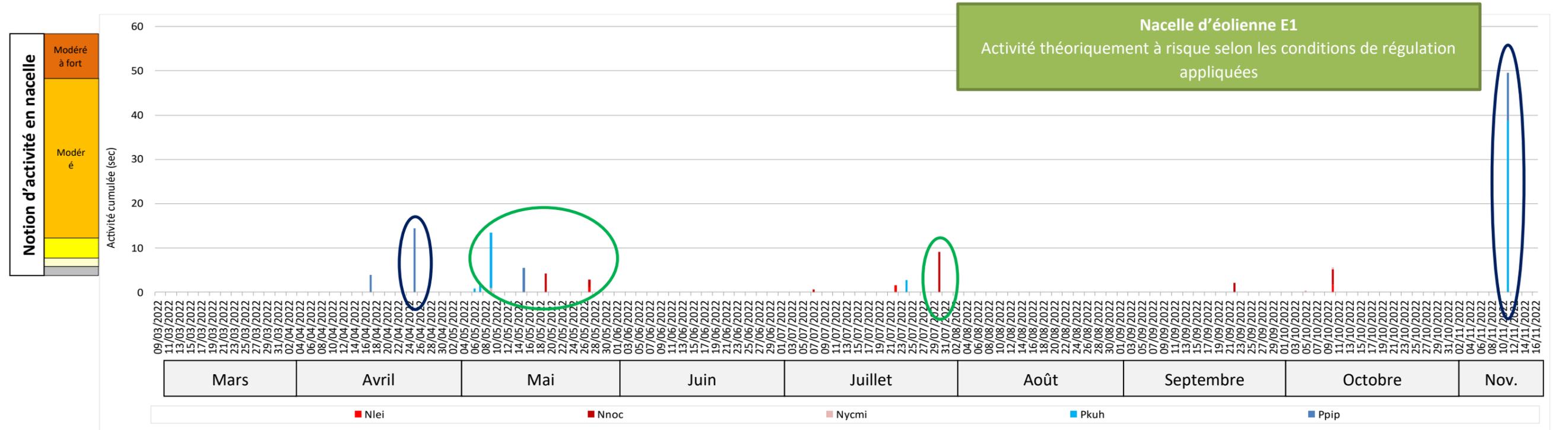
Cette baisse du taux de mortalité semble donc montrer la réelle efficacité de la régulation mise en place et non une variation interannuelle de la mortalité au regard des résultats des suivis menés en 2020 et 2021.

Cependant, il est à noter que la mortalité diminue réellement, la régulation en place peut être considérée comme suffisante,. Puisqu'une seule chauve-souris (Pipistrelle commune) a été trouvée sous les éoliennes de Reuilly. A noter, qu'aucun cadavre de noctules n'a été trouvé contrairement aux années précédentes.

Figure 94 : Tableau qui résume l'activité protégée sur la base de l'activité chiroptérologique relevée en 2022

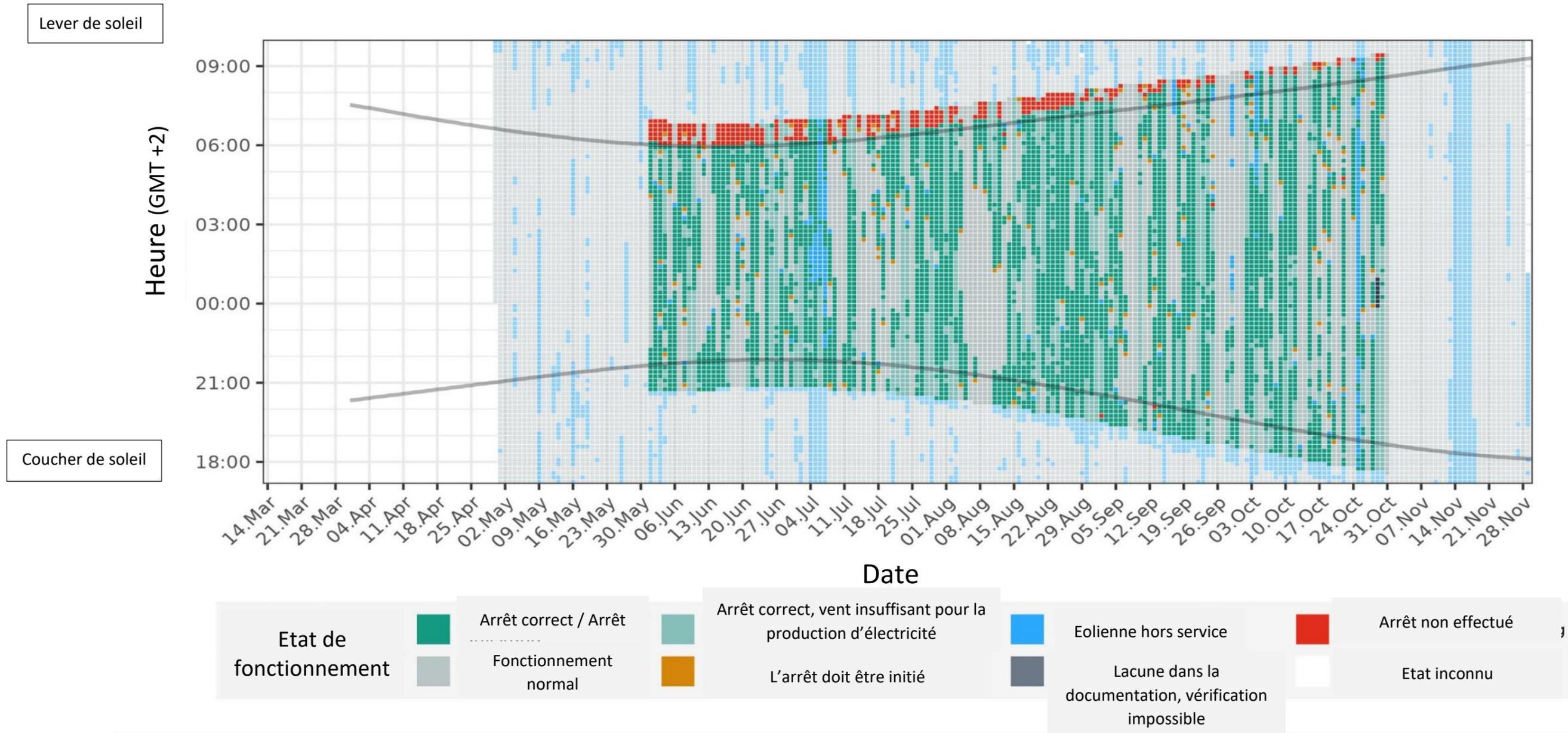
Activité	Groupe de vol					Total général
	Lisière	Vol haut	Lisière ou vol haut	Vol haut en migration /transit	Lisière ou Vol haut en migration /transit	
E1						
Activité cumulée protégée	1157	1148	652	25	14	2998
Activité cumulée restante à risque	91	25	2	0	0	118
Pourcentage d'activité protégée	93%	98%	99%	100%	100%	96%
E7						
Activité cumulée protégée	2608	547	169	8	5	3332
Activité cumulée restante à risque	35	13	10	0	0	58
Pourcentage d'activité protégée	99%	98%	94%	100%	100%	98%

Figure 95 : Activité théoriquement à risque avec le pattern appliqué sur l'éolienne E1 (graphique du haut) et activité réellement à risque (tour rotor ≥ 1) constatée, en 2022 (graphique du bas)



<p>Activité à risque similaire sur les deux graphiques = un paramétrage de la régulation qui peut être insuffisant Conséquence : paramètres de régulation à modifier si nécessaire</p>	<p>Activité à risque moins élevée que l'activité théorique = dysfonctionnement de l'éolienne ou manque d'information</p>	<p>Activité à risque plus élevée que l'activité théorique = dysfonctionnement ou mauvaise implémentation de la régulation Conséquence : garder une vigilance sur la dysfonctionnement de la régulation</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figure 96 : Chronologie nocturne du fonctionnement de la régulation, sur l'éolienne E1, du parc éolien de Reuilly (extrait du rapport issu de Probat inspector (© OekoFor GbR ; <https://oekofor.shinyapps.io/probat-inspector/>))



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

Sur les 7154 intervalles de 10 minutes au cours desquels l'éolienne a dû être éteinte, elle a été **correctement éteinte ou s'est arrêtée dans 93,5 %**.

Dans **4,1%** des cas, **l'arrêt n'a pas été exécuté**.

Dans **0.1 %** 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 POURSUITE DES MESURES CORRECTIVES

6.1 Mesures concernant les chiroptères

Au vu des résultats des suivis précédents et de l'évaluation de l'efficacité du pattern de régulation, il est préconisé de conserver le pattern de régulation suivant :

- **Pour des vitesses de vents inférieures ou égales à 6 m/s (à hauteur de moyeu des éoliennes),**
- **Et pour des températures supérieures ou égales à 12°C,**
- **Et de 1 heure avant le coucher du soleil à 1 heure après le lever du soleil,**
- **Et du 1^{er} juin au 31 octobre,**
- **Et pour toutes les éoliennes.**

Si le propriétaire souhaite optimiser le pattern de régulation en place, il s'agira de s'appuyer sur les données d'activité récoltées en hauteur au cours de ces années de suivi. Sa mise en œuvre et son efficacité devront alors être évalués par un nouveau suivi de la mortalité au sol et un suivi d'activité en nacelle.

6.2 Mesures concernant les chiroptères et les oiseaux

6.2.1 Veiller à l'absence d'éclairage du parc

La société d'exploitation du parc veillera à adapter les éclairages installés en pied de mât pour limiter la présence de chauves-souris, notamment via les mesures suivantes :

- Ne pas installer de détecteur de mouvement à déclenchement automatique et privilégier un interrupteur et limiter la temporisation à 1 min, ou le cas échéant, prévoir de régler les détecteurs au minimum de leur sensibilité,
- Limiter une large diffusion de la lumière (orientation du faisceau vers le bas, plaque autour de l'ampoule pour éviter le halo ...).

6.2.2 Limiter la fréquentation de la faune volante autour des éoliennes

Il s'agira de réduire dans la mesure du possible l'attractivité des insectes et des micromammifères dans l'entourage immédiat des éoliennes, afin d'éviter la création de nouvelles zones de chasse et donc des niches écologiques pour les chauves-souris et les oiseaux insectivores et carnivores, notamment le Pipit

farlouse et le Faucon crécerelle. Il s'agit donc de limiter la régénération de toute pelouse ou friche herbacée au droit des plateformes empierrées avec la mise en œuvre d'une gestion régulière de ces emprises en excluant l'utilisation de pesticides.

Il s'agira également de ne pas entreposer de tas de fumier ou de graines sous les éoliennes et de ne pas créer des fosses ou autres zones où l'eau stagne sous les éoliennes.

7 CONCLUSION

Un suivi de la mortalité a été réalisé entre mai et octobre 2022 sur le parc éolien de Reuilly et Diou par le bureau d'étude EXEN.

7.1 Suivi de la mortalité des chiroptères et des oiseaux

7.1.1 Concernant les chiroptères

En ce qui concerne l'activité des chiroptères, elle a été mesurée du 09 mars au 16 novembre 2022 sur les éoliennes E1 et E7. Lors de ces suivis, les points suivants ont été observés :

- Une activité qui augmente en fin d'été et début d'automne,
- Une présence des espèces de lisière (la Pipistrelle commune et de la Pipistrelle de Kuhl) ponctuelle mais sous forme de pics d'activité ;
- Un cortège d'espèces dominé par la Noctule commune (notamment sur l'éolienne E1) et une activité régulière de celle-ci en fin d'été et début d'automne ;
- Des pics d'activité en fin de période automnale de Pipistrelle commune ;
- Une activité plus marquée pour des vitesses de vent inférieures à 5,5 m/s, par des températures supérieures à 18°C et au rythme nocturne variable au cours du suivi et entre les éoliennes.

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

- 1 seul cas de mortalité découvert en septembre 2022,
- L'espèce impactée est une Pipistrelle commune,
- Le taux de mortalité est estimé à 2-8 cas par éolienne et par an.

Le niveau d'impact quantitatif est qualifié de faible.

7.1.2 Concernant les oiseaux

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

- 5 cadavres d'oiseaux et 4 plumées furent retrouvés sous les éoliennes,
- 8 espèces différentes sont représentées, pour la majorité non protégées,
- Des mortalités régulières au cours de l'année,
- Le taux de mortalité est estimé entre 16 et 60 cas par éolienne et par an.

Le niveau d'impact quantitatif est qualifié de supérieur aux chiffres usuels présentés dans la bibliographie. Le niveau d'impact qualitatif du parc est variable selon les espèces : Modéré pour le Pipit farlouse, Faible à modéré pour le Faucon crécerelle, puis faible ou très faible pour les autres espèces d'oiseaux.

7.2 Mesures correctives et perspectives

Les mesures correctives mises en place sur le parc de Reuilly et Diou sont jugées efficaces notamment la régulation nocturne des machines en faveur des chiroptères. Il est préconisé de poursuivre la mise en place de cette mesure durant la période de fonctionnement du parc.

Il conviendra également de poursuivre les mesures de réduction déjà engagées comme veiller à l'absence d'éclairage sur le parc ou limiter la fréquentation de la faune volante autour des éoliennes.

Conformément à la réglementation, le prochain suivi post-implantation aura lieu aux 10 ans d'exploitation du parc, en 2030.

8 BIBLIOGRAPHIE

- **ADOMEIT U., WILLUTZKI F., BRINKMANN R., NIERMANN I., BEHR O.** (2009) : Caractérisation de l'activité des Chiroptères à proximité des éoliennes à l'aide d'enregistrements stéréoscopiques à infrarouge. Extrait d'une traduction des Synthèses des conférences tenues à Hanovre, le 09 juin 2009.
- **ARNETT E.B., SCHIRMACHER M.R., HUSO M.M.P. & HAYES J.P.**, 2009. Patterns of bat fatality at the Casselman Wind Project in south-central Pennsylvania. An annual report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative and the Pennsylvania Game Commission. Bat Conservation International, Austin, Texas, USA, 60 p.
- **ADAMS A M., JANTZEN M K., HAMILTON RM., BROCKETT FENTON M.** (2012) – Do you hear what I hear ? Implications of detector selection for acoustic monitoring of bats. *Methods in Ecology and Evolution* 2012, 3, 992-998.
- **ALBOUY S., DUBOIS Y. & PICQ H.** (1997-2001) Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue Haute (Aude). ABIES, LPO Aude, ADEME, 59 p. + annexes.
- **ANDRE Y.** (2005) – Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. (avril 2005 en cours de validation MEDD) – LPO, 21 p.
- **ARTHUR L., LEMAIRE M.** (2009) – Les chauves-souris de France, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (Collection Parthénope) ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 544 p.
- **BAERWALD E.F., D'AMOURS G.H., KLUG B.J., BARCLAY R.** (2008) - Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. University of Calgary, Calgary
- **BARCLAY, R.M.R., BAERWALD, E.F., AND GRUVER, J.C.** (2007). Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height. *Can. J. Zool.* 85, 381–387.
- **BEHR, O., NIERMANN, I., MAGES, J., BRINKMANN, R.** (2009): Fachtagung Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen: Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen: 06.09.2009; Hannover
- **BERGEN F.** (2001), Untersuchungen zum Einfluss der Errichtung und des Betriebs von Windenergieanlagen auf Vogel im Binnenland. 283 p.
- **BEUCHER Y.** (2007), Suivi évaluation de l'impact sur les oiseaux du parc éolien de Ségur (12). Campagne 2007, première année d'exploitation. 66p.
- **BEUCHER Y. KELM V., GEYELIN M. PICK D.** (2010) - Parc éolien de Castelnaud-Pégayrols (12) ; suivi évaluation post-implantation de l'impact sur les chauves-souris. Bilan de campagne de la première et de la deuxième année d'exploitation (2009 2010).
- **BEUCHER Y., ALBESPY F., MOUGNOT J.** (2012) - Projet éolien de Gelles et Heume l'Eglise (63) Focus sur la Grande Noctule *Nyctalus lasiopterus* (Schreber, 1780). Prospections complémentaires visant la localisation de gîtes et la précision des enjeux. 62 p.
- **BOUZIN M., WALEAU A.** (2017) Parcs éoliens de Murat, de la Salesse et du Haut Languedoc – Bilan du suivi de la mortalité – Années 2015 & 2016. 80 p.
- **BOUZIN M.** (2015) Parc éolien de Fraïsse-sur-Agout (34) – SAS Parc éolien de Fontfroide et SAS Parc éolien de Roc de l'Ayre. Bilan du suivi de la mortalité. Année 2015. 40 p.
- **BUREAU DE COORDINATION ENERGIE EOLIENNE** (2009) – Méthodes pour l'analyse et la réduction du risque de collision de chiroptères avec des installations éoliennes terrestres. Synthèse de congrès chauves-souris. Hanovre, 9 juin 2009. 5 p.
- **CALIDRIS (Janvier 2021)** – Projet de parc éolien, commune de Reuilly (Indre). Suivi de mortalité. 19p.
- **CALIDRIS (Janvier 2022)** – Suivi post-implantation Parc éolien de Reuilly (Indre). Suivi d'activité chiroptérologique et suivi de mortalité. 52p.
- **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** (2016) Synthèse de bilan de suivi de la mortalité sous les éoliennes d'Allemagne et d'Europe, bilan de décembre 2016.
- **EXO, K.-M., O. HÜPPOP et S. GARTHE.** 2003. « Birds and offshore wind farms: a hot topic in marine ecology », *Wader Study Group Bull.* 100:50-53
- **GEROUDET P. & CUISIN M.** (2000)- Les rapaces d'Europe diurnes et nocturnes. Editions Delachaux et Niestlé. 446p.
- **GENSBOL B.** (2004) – Guide des rapaces diurnes, Europe, Afrique du Nord et Moyen Orient – Coll° Les guides du naturaliste – Ed° Delachaux et Niestlé. Paris. 403 p.
- **GISCLAR D., WALEAU A.** (2018) Evaluation de l'impact du parc éolien de Bois de Merdelou sur l'Avifaune et les Chiroptères. 2018 – Année 1 39 p.
- **Groupe Chiroptères de la SFPEM,** 2016. – Suivi des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de Chiroptères, Version 2.1 (février 2016). Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Paris, 17 pages
- **HORN, J., ARNETT, E., KUNZ, T.:** (2008) : Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. *Journal of Wildlife Management* 72(1):123-132. 2008

- **HÖTKER H.** (2006). NABU. The impact of repowering of wind farms on birds and bats. 38p.
- **HÖTKER H., THOMSEN K-M, JEROMIN H.** (2006). Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources : the example of birds and bats. NABU Michael-Otto-Institut. 65 p.
- **HUSO M.**, 2010. An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. Environmetrics. 19 p.
- **KINGSLEY et WHITTAM** (2007) – Les éoliennes et les oiseaux : Revue de la documentation pour les évaluations environnementales. 93p.
- **KORN M., STÜBING S.** (2003) - Regionalplan Oberpfalz-Nord – Ausschlusskriterien für Windenergieanlagen im Vorkommensgebiet gefährdeter Großvogelarten. Stellungnahme des Büros für faunistische Fachfragen. 56p.
- **KORNER-NIEVERGELT F., KORNER-NIEVERGELT P., BEHR O., NIERMANN I., ROBERT BRINKMANN R. & HELLRIEGEL B.**, 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. Wildlife Biology. 17 : 350-363.
- **KINGSLEY A., WHITTAM B.** (2007), - Les éoliennes et les oiseaux, revue de la littérature pour les évaluations environnementales. Version provisoire du 2 avril 2007. Etudes d'Oiseaux Canada pour Environnement Canada/ Service Canadien de la Faune. 93 p.
- **Kunz, T., Arnett, E.B, Wallace P, Erickson, W.P., Hoar, A.R., Johnson G.D., Larkin, R.P., Strickland, Thresher, R.W., Tuttle, M.D.** (2007): Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. Front Ecol Environ 2007; 5(6): 315–324.
- **LEKUONA, J.** (2001) : Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves y murciélagos en los parques eólicos de Navarra durante un ciclo anual. Informe Técnico. Dirección General de Medio Ambiente. Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda. Gobierno de Navarra.
- **MADDERS M. & WHITFIELD D.P** (2006) – Upland raptors and the assessment of wind farm impacts. Art. 148 43-56 of Ibis, British Ornithologists' Union. 14 p.
- **MARMET J.** (2014) Cahier technique d'identification des chiroptères (2014)...
- **MAUREL C., TALHOET S.** (2018) Parc éolien de Bois de Merdelou. Suivi des mouvements de vautours et de l'Aigle royal. Avril-décembre 2017. 30 p.
- **MEEDDAT** (2010) - Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens. Actualisation 2010. 188p + annexes techniques.
- **MULLARNEY K., SVENSSON L., ZETTERSTRÖM D., GRANT P. J** (2004) - Le guide ornitho — Delachaux et Niestlé – Paris - 398 p.
- **NEOMYS, CPEPESC-Lorraine et COL** (2012) – Définition et cartographie des enjeux avifaunistiques et chiroptérologiques vis-à-vis des éoliennes en Lorraine. 70p.
- **Niermann, I., Brinkmann, R., Korner-Nievergelt, F. & Behr, O.** 2011. Systematische Schlagopfersuche – Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. - In: Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & Reich, M. (Eds.); Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Cuvillier Verlag, Göttingen, Germany, Umwelt und Raum. 4 : 40-115.
- **NIERMANN I., BRINKMANN R., BEHR O., KORNER-NIEVERGELT F., MAGES J.** (2009) : Recherche systématique de cadavres –conditions méthodologiques, methodes d'analyses statistique et résultats. Extrait d'une traduction des Synthèses des conférences tenues à Hanovre, le 09 juin 2009.
- **ROCAMORA G., YEATMAN-BERTHELOT D.** (1999) - Oiseaux menacés et à surveiller en France. Liste rouge et priorités. Société d'Etudes ornithologiques de France / Ligue pour la protection des oiseaux. Paris. 560p.
- **SANE F. CHRISTOPHE F., MERLY S. (ALEPE)** (2012) - Contrôle de l'impact post-implantation du parc éolien de Lou Paou sur les habitats, l'avifaune et les chiroptères : bilan des 3 années de suivi (2008-2009-2010). 110 p.
- **THIOLLAY JM., BRETAGNOLLE V.** (2004) – Rapaces nicheurs de France ; distribution, effectifs, conservation. - Coll° Les guides du naturaliste - Ed° Delachaux et Niestlé. Paris. 175 p.
- **ULDRY V. (2013)** – Comparaison entre deux détecteurs d'ultrasons automatiques (Batcorder et Batlogger) dans le domaine de l'éolien. 36 p.
- **WALEAU A.** (2018) Evaluation de l'impact du parc éolien de Puech del Vert sur l'Avifaune et les chiroptères. 2018-année 1. 40 p.
- **WHITFIELD D.P. & MADDERS M.** (2006) – A review of the impacts of wind farms on hen harriers *Circus cyaneus* and an estimation of collision avoidance rates. Natural research information note 1 (revised). Aberdeen. 32 p.
- **WHITFIELD D.P. & MADDERS M.** (2005) – Flight height in the hen harrier *Circus cyaneus* and its incorporation in wind turbine collision risk modelling. Natural research information note 2. Aberdeen. 13 p.

ANNEXES

ANNEXE 1 : FICHE DE RELEVÉ DE TERRAIN



FICHE DE TERRAIN MORTALITÉ Suivi mortalité du parc éolien de REUILLY 1 et 2 (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	
CONTEXTE	E1	NX 86452						
	E2	NX 86453						
	E3	NX 86454						
	E4	NX 86455						
	E5	NX 86456						
	E6	NX 86457						
	E7	NX 86458						
	E8	NX 86459						
	E9	NX 86460						
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)							
	Blessure (non/oui et quoi)							
	Insecte dans la bouche ?							
	Espèce (ou genre...)							
	Taille Avant bras (mm)							
	Age (ad, jeune)							
Sexe (male, fem) ?								

E1



E2



E3



E4



E5



E6



E7



E8



E9



ANNEXE 2 : DONNEES BRUTES DES RELEVES DE MORTALITE EXEN

▪ Chauves-souris

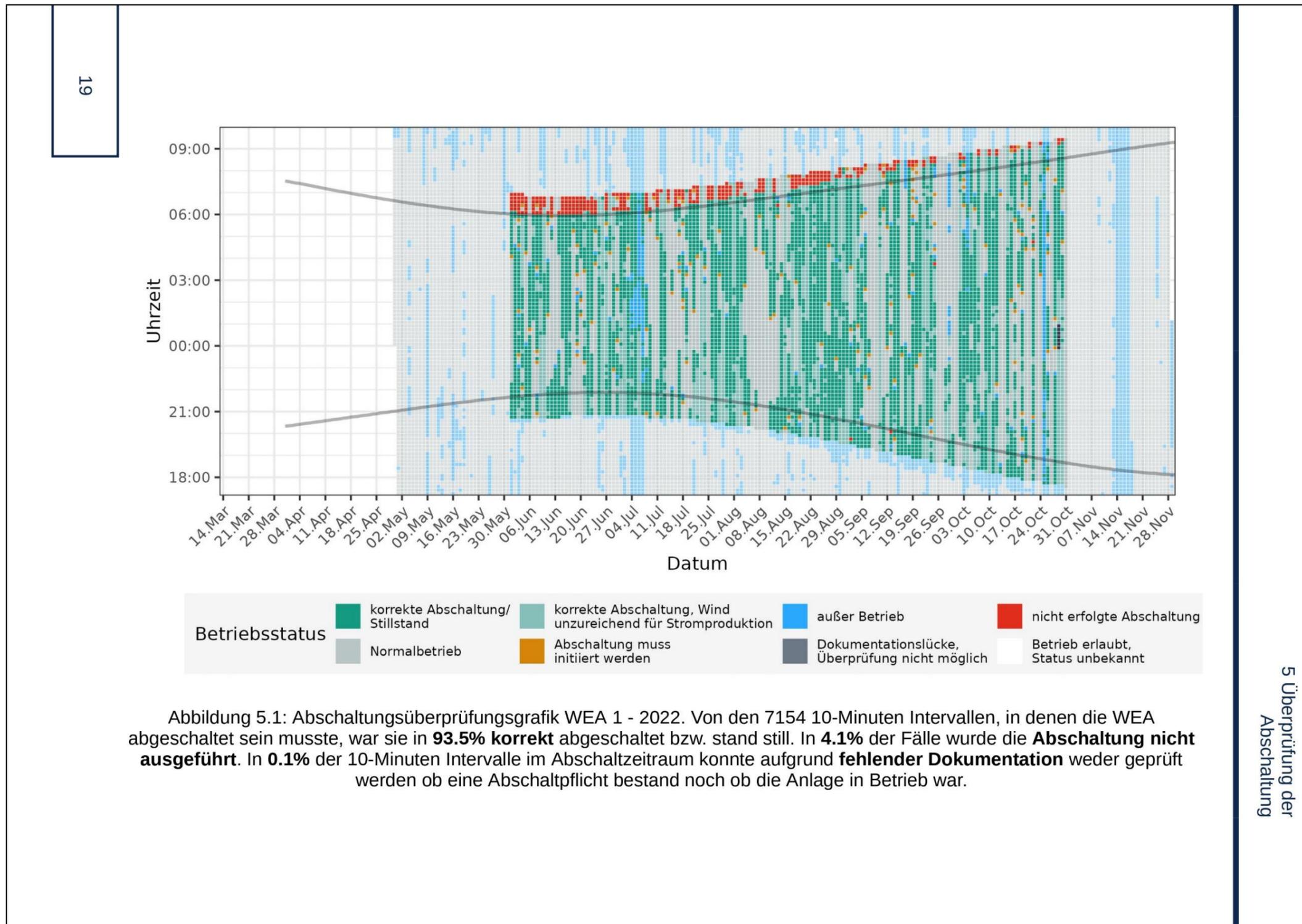
Date	Découvreur	Mortalité (Oui ou non)	Plumée ou cadavre	Eolienne	Distance au mat (m)	Direction par rapport au mat	Oiseau (OIS) ou Chauve-souris (CS)	Date de mortalité estimée	Barotrauma / blessure	Espèce	Nom latin	Type de vol	Sexe	Age	Mesure de l'avant-bras (mm)
05/09/2022	HB/DC	Oui	Cadavre	E1	40	Nord	CS	01/09/2022	Sèche et presque entièrement consommée	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Lisière			32

▪ Oiseaux

Date	Découvreur	Mortalité (Oui ou non)	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
16/05/2022	TM/CR	Oui	Plumée	E4	12	N-O	OIS			Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau		
16/05/2022	TM/CR	Oui	Cadavre	E1	15	S	OIS	14/05/2022	Une patte sectionnée au niveau de la cuisse et une autre sectionnée au niveau du tarso-métatarse	Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Grand rapace		Juv
08/06/2022	ED	Oui	Cadavre	E4	2	S-O	OIS	06/06/2022		Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Intermédiaire		
16/06/2022	CR	Oui	Plumée	E2	45	S	OIS			Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Intermédiaire		
28/07/2022	CR	Oui	Cadavre	E6	2	E	OIS	27/07/2022		Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	Intermédiaire		
14/09/2022	LB	Oui	Plumée	E3	40	Nord	OIS			Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>	Passereau		
14/09/2022	LB	Oui	Cadavre	E1	45	Est	OIS	10/09/2022		Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Grand rapace		
20/10/2022	DC	Oui	Plumée	E8	25	SO	OIS			Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Petit rapace		
27/10/2022	CR	oui	cadavre	E2	3	S	OIS	23/10/2022	tete moitié corps	Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	Passereau		

ANNEXE 3 : EXTRAIT DES RAPPORT ISSUS DE PROBAT INSPECTOR (© OEKOFOR GBR ; [HTTPS://OEKOFOR.SHINYAPPS.IO/PROBAT-INSPECTOR/](https://oekofor.shinyapps.io/probat-inspector/))

Version originale des chronologies nocturnes du fonctionnement de la régulation, sur l'éolienne E1 et E7, du parc éolien de Reully .



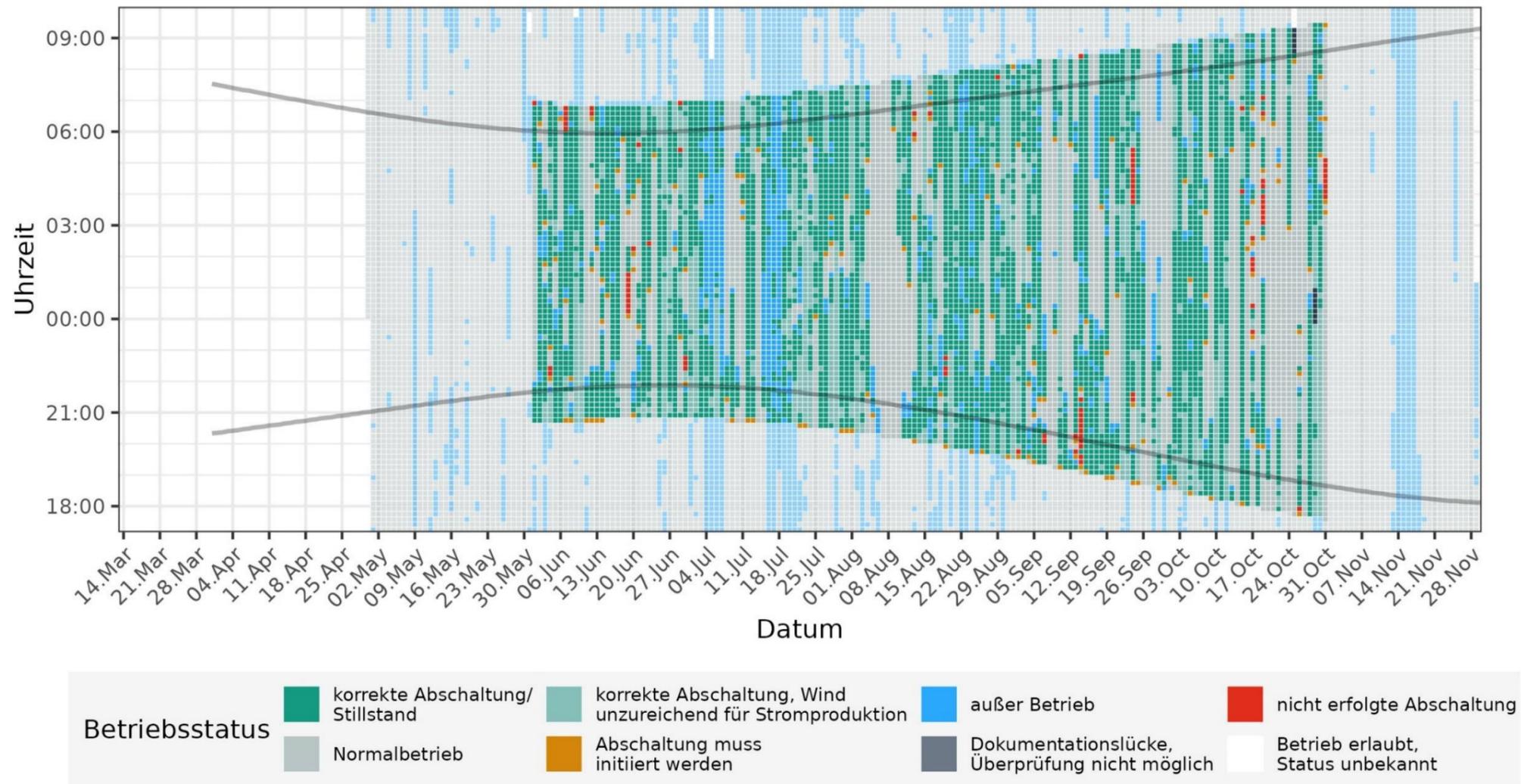


Abbildung 5.2: Abschaltungsüberprüfungsgrafik WEA 7 - 2022. Von den 6810 10-Minuten Intervallen, in denen die WEA abgeschaltet sein musste, war sie in **96% korrekt** abgeschaltet bzw. stand still. In **1.3%** der Fälle wurde die **Abschaltung nicht ausgeführt**. In **0.2%** der 10-Minuten Intervalle im Abschaltzeitraum konnte aufgrund **fehlender Dokumentation** weder geprüft werden ob eine Abschaltspflicht bestand noch ob die Anlage in Betrieb war.

5 Überprüfung der Abschaltung



ANNEXE 4 : PROFILS ET EXPERIENCES DE L'EQUIPE EXEN

EXEN est un bureau d'étude indépendant, créé en mars 2005, engagé vers le développement durable et spécialiste des relations entre le développement éolien et la faune sauvage. Nous avons développé nos compétences grâce à la confiance renouvelée de développeurs qui ont mesuré l'intérêt de faire le choix d'une approche objective et professionnelle pour les accompagner dans leurs projets.

EXEN se caractérise également par les liens étroits qu'il tisse aussi avec des homologues allemands (bureau d'étude KJM Conseil Environnement), avec qui il partage savoir-faire, expériences, méthodes, outils de pointe, et réseau de partenaires. C'est d'autant plus valorisant que l'Allemagne bénéficie de 15 ans d'expériences d'avance sur la France en termes de développement éolien et donc de retours d'expériences sur l'intégration environnementale des projets éoliens.

Plus largement, notre partenariat s'inscrit dans une volonté de participer à l'amélioration des connaissances scientifiques des impacts éoliens sur la faune en France et en Europe, notamment à travers une professionnalisation des expertises. Il vise ainsi une approche à la fois :

- globale (regard croisé, mutualisation des connaissances...)
- objective (raisonnement scientifique, usage de références et démonstrations chiffrées)
- désengagée (indépendance vis-à-vis des associations naturalistes)
- professionnelle (méthodes et outils d'ingénierie efficaces et innovants, proximité, réactivité, respect des délais, SIG, rapport qualité prix ...)

Gage de reconnaissance de notre place parmi les acteurs du développement éolien intégré, nous avons été missionnés en 2009 par le MEEDDM², et en partenariat avec le bureau d'étude CORIEAULYS, pour coordonner la réactualisation du volet « Biodiversité » du **Guide Méthodologique de l'étude d'impact sur l'environnement de parcs éoliens (MEEDDM 2010)**. Au-delà de l'intérêt de l'exercice pour contribuer à orienter les études vers une approche scientifique pertinente et objective, c'était l'occasion de réaliser un premier état de l'art sur les retours d'expériences disponibles en France et à l'étranger de suivis d'impacts de parcs éoliens sur la faune sauvage. Depuis, nous avons renouvelé cette analyse bibliographique internationale à deux reprises, et restons désormais en veille technologique constante.

Nous participons d'ailleurs également activement aux **colloques et séminaires internationaux relatifs aux rapports entre éolien et biodiversité** pour valoriser le partage et la mise en réseau des connaissances. Nous intervenons notamment régulièrement dans le cadre des conférences, qu'elles soient organisées par le Bureau de Coordination Franco-Allemand, par le programme national Eolien/ Biodiversité (LPO/ADEME), lors des rencontres nationales ou internationales sur les chiroptères, ou encore lors d'autres conférences sur l'écologie au sein desquelles les énergies renouvelables apparaissent comme un thème de spécialisation de plus en plus important (Berlin (All.) 2008, Hanovre (All.) 2009, Reims (Fr.) 2010, Corogne (Esp.) 2010, Paris (Fr.) 2011, Dusseldorf (All.) 2012, Bourges (Fr.) 2012, Neuchâtel (Ch) 2013, Berlin (All.) 2013, Nantes (Fr.) 2013, Bourges (Fr.) 2014, Berlin (All.) 2015, Bourges (Fr.) 2016, Bordeaux (Fr.) 2017, Bourges (Fr.) 2018, Bourges (Fr.) 2021 ...).

Nous nous engageons aussi régulièrement dans les échanges permettant une évolution scientifique, et objective des outils et méthodes d'expertises en partenariat avec nos réseaux de spécialistes respectifs.

² MEEDDM : Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer

- C'était par exemple le cas de certaines de nos contributions aux réflexions menées dans le cadre de **groupes de travail Biodiversité des syndicats de professionnels éoliens** (SER, FEE). Nous leur avons notamment présenté l'outil statistique **Eol Eco Sapiens**® développé depuis 2010 pour recueillir, traiter, valoriser et rendre disponible les résultats de publications et de retours d'expériences internationaux concernant les rapports entre éolien et biodiversité.
- Ça a été aussi le cas lors de l'engagement de Y. Beucher comme coordinateur du **Groupe de Travail Eolien** du Groupe Chiroptère National (**CCN**) de la Société Française pour l'Etude et la Protection des mammifères (**SFPEM**). Pendant 4 ans (2016, 2020), nous avons essayé d'œuvrer pour une amélioration de la prise en compte des chiroptères dans le contexte de développement éolien en France. Il s'agissait notamment d'aider la filière nationale pour s'orienter vers une approche scientifique de qualité et technique pour les chauves-souris, socle essentiel de la maîtrise des risques.
- C'est aussi le cas via le développement du **projet OPRECh**, lauréat de l'appel à projet ADEME « Energies Durables 2018 » et qui vise, sur 3 ans, à :
 - Caractériser les pratiques nationales de la mesure de régulation des éoliennes en faveur des chiroptères,
 - Tester statistiquement sur un parc pilote l'efficacité de différentes modalités de régulations,
 - Rédiger un **Guide des bonnes pratiques de la régulation des éoliennes en faveur des chiroptères**.

La production de document est prévue courant 2022.

- C'est également le cas via le développement précurseur de **méthodes utilisant des drones et lunettes militaires à visée laser** pour tester et accompagner l'optimisation des systèmes vidéo de réduction automatisée de risques de collisions de rapaces au niveau des éoliennes,
- Et de façon plus large (hors cadre spécifique de l'éolien), nous sommes moteurs d'innovations scientifiques vers **l'amélioration des techniques et méthodes d'inventaires ou de suivis comportementaux des chiroptères**. Nous entretenons ainsi des relations rapprochées avec les constructeurs des principaux détecteurs et d'enregistreurs à ultrasons Allemands (équipe d'EcoObs) avec qui nous contribuons à faire évoluer les matériels vers une exploitation dans le cadre de parcs éoliens. Nous développons également de nouveaux outils de visionnage nocturne des chiroptères qui ouvrent la voie de l'étude comportementale des espèces. Nous explorons enfin

l'utilisation de la GPS-métrie pour suivre le comportement de chauves-souris méconnues dans leurs activités nocturnes à large échelle. Nous exposons volontiers ces avancées dans certains colloques spécialisés pour favoriser l'utilisation de ces nouveaux champs d'investigations scientifiques pour l'étude des chiroptères (Rencontres chiroptérologiques Grand Sud, Corse 2015, Salon de l'Ecologie et congrès Ecolotech', Montpellier 2015, Bourges 2016...).

L'équipe

L'équipe est constituée de 21 personnes en CDI, 19 écologues, ingénieurs (14), et techniciens (5) et d'une assistante de direction. L'équipe est également appuyée par une dizaine des salariés saisonniers pour les suivis de mortalités de parcs éoliens.

Si les parcours de formation et les spécialités naturalistes sont très diversifiés, selon ses compétences et sensibilités, chacun d'entre nous peut être amené à intervenir sur chaque projet entre les investigations de terrain, le traitement des données ou la rédaction des rapports. Toutefois, chaque affaire est prise en charge par un cadre Chargé d'affaire référent, interlocuteur privilégié du donneur d'ordre, qui assure le suivi du déroulement du projet, et veille au respect de nos engagements en termes de consultations, méthodologie, ou échéances....

L'équipe est organisée en 5 pôles thématiques (cf. organigramme ci-contre). Chacun peut dépendre de plusieurs pôles selon ses compétences et fonctions dans l'entreprise. Le profil de chacun est proposé au niveau des figures suivantes, avec précision des principaux pôles de compétence pour chacun, sur la base de jeu de couleurs correspondant.

Cette organisation en pôle vise à entretenir la cohésion d'équipe et la cohérence des investigations par thèmes (partage des observations de terrain, protocoles et méthodes d'inventaires, évolution des modèles de rapports, veille technologique et réglementaire...). Le responsable de pôle est garant de cette cohérence thématique. Il réunit les membres de son équipe tous les mois. L'ensemble de l'équipe se réunit également chaque mois pour faciliter une cohésion plus transversale de l'ensemble des salariés.

Notre choix de dédier un pôle à part entière à l'instrumentation en hauteur souligne notre engagement depuis plus de 10 ans à être parfaitement autonomes et réactifs sur la gestion d'outils de mesures d'activité des chiroptères en continu (nacelle d'éolienne, mât de mesure, arbres, suivi de cavités...).

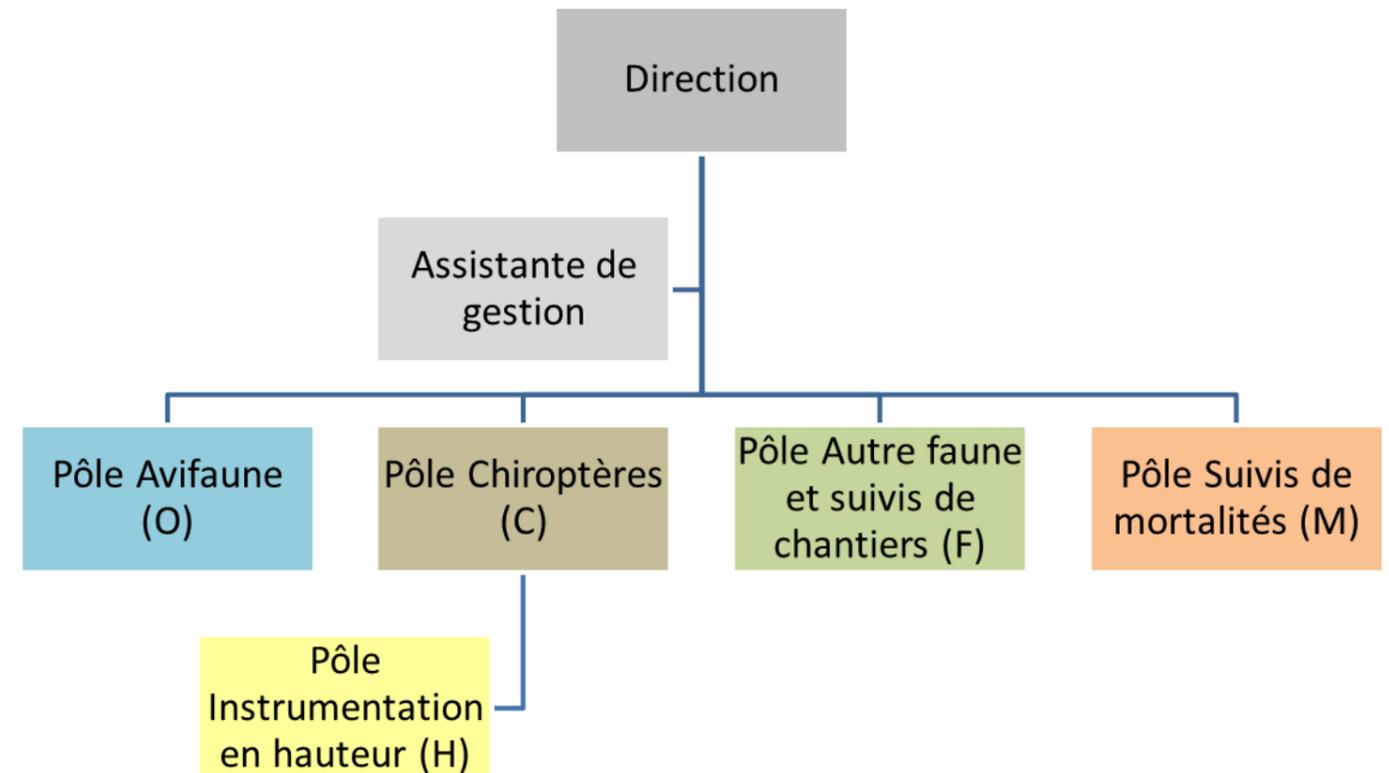
Cette orientation précoce vers les travaux en hauteur induit une réflexion constante sur les notions de sécurité, démarche dont l'ensemble de l'équipe profite également (formations SST, manèges extincteurs...).

Les formations sont au cœur de la stratégie d'expertises d'EXEN avec un engagement d'entreprise fort. Elles visent à la fois à confirmer la spécialisation naturaliste de chacun et à diversifier ses compétences, tout en permettant le maintien des complémentarités naturalistes

larges de l'ensemble de l'équipe. Elles permettent aussi l'ouverture aux innovations technologiques (ex. télépilotes drone pro), la maîtrise des techniques de gestion d'entreprise, et s'inscrivent enfin vers le maintien de réflexes de sécurité indispensables pour l'ensemble des activités de l'équipe (SST, travaux en hauteur...).

Enfin, certaines de nos activités naturalistes extraprofessionnelles (ex. suivi de la grande noctule, sur fond propres) et les échanges réguliers et mises à disposition avec nos homologues Allemands (KJM Conseil Environnement) contribuent aussi à entretenir l'ouverture d'esprit formatrice et la culture d'entreprise.

Organigramme EXEN



Direction

Yannick BEUCHER

Ing. écologue-cordiste, chiroptérologue / ornithologue.
Fondateur - gérant. 19 ans d'expérience.



- **Profil :**
 - Ing. Agronome VetAgro Sup. Clermont Ferrand, 1998, « Environnement et territoires »,
 - Maîtrise d'Ecologie (Université d'Aix Marseille II, 1995).
- **Expérience avant EXEN :**
 - Ing. Eau / Environnement Chambre d'Agriculture 64 (1999-2001)
 - Ing. Environnement-agriculture. Bureau d'étude GAUDRIOT (2001-2003)
- **Fonctions chez EXEN :** Gestion du personnel, sécurité, relations commerciales, gestion comptable, contrôle qualité des productions, méthodes de terrain, R&D et innovations techniques, relationnel, communication et représentation.
- **Autre fonction :** depuis 2016, coordonnateur du Groupe Technique Eolien de la Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFEPM).
- **Spécialités naturalistes :** chauves-souris, oiseaux.
- **Formations professionnelles :**
 - Niveau 1 bioacoustique des chauves-souris (ATEN, formé par M. Barataud, Y. Tupinier, 2007),
 - Niveau 2 bioacoustique des chauves-souris (CPIE Pays d'Azay) (formé par T. Disca, 2012).
 - Apprenti capture chiroptères : formation CEN MP 2014-2019.
 - Evolution et travail en hauteur, (CCI Aveyron 2009, recyclages 2013, 2017, 2021),
 - Vérificateur équipement EPI, (Hauteur et Sécurité 2013),
 - Sauveteur Secouriste du Travail (CCI12 2013, recyclages 2015-17-19-21),
 - Maniement des extincteurs (CCI Aveyron, 2019),
 - Risque électrique (H0 B0 H0V) (CCI Aveyron 2020),
 - Evacuation d'urgence et sauvetage en éolienne GWO (ABCYSS 2021)
 - Outils de pilotage de l'entreprise (CCI Aveyron / TBS Business School 2021-2022),
 - Télépilote drone professionnel DGAC (Drone 12, 2021),

Justine MOUGNOT

Ing. écologue - ornithologue / chiroptérologue.
Chargée d'affaires. Coordinatrice de production. **Responsable du Pôle Avifaune**. 9 ans d'expérience.
Management production, protocoles scientifiques, encadrement.



- **Profil :** Master II pro de Biodiversité, écologie, environnement (Université J. Fournier de Grenoble), mention bien.
- **Expérience avant EXEN :**
 - 2011 : Service civique Suivi des populations de Gravelots à collier interrompus. Station de Bague de Trouvel.
 - 2010 : Diagnostic écologique des roselières de Haute Normandie pour PNA Butor étoilé. Observatoire avifaune de la maison estuaire du Havre.
 - 2009 : Inventaires de chauves-souris communes et orthoptères par ultrasons. MNHN Paris 2010,
- **Fonctions chez EXEN :** Coordinatrice de production et responsable de pôle Avifaune. Inventaires, organisation et traitement des données, rédaction des rapports, relectures, organisation et encadrement du pôle, gestion administrative, gestion du planning.
- **Spécialités naturalistes :** oiseaux et chauves-souris.
- **Formations professionnelles :**
 - Niveau 2 de bioacoustique des chauves-souris (CPIE Brenne 2012).
 - Evolution et travail en hauteur, (Hauteur et Sécurité 2013).
 - Sauveteur Secouriste du travail (CCI 12 2013, recyclage 2015-17-19).
 - Maniement des extincteurs (CCI Aveyron, 2019).
 - Gestion du temps et des priorités (CCI Aveyron 2020).
 - Manager son équipe (Niveau 1) (CCI Aveyron 2020).

Hélène CARADEC

Assistante de direction.
9 ans d'expérience.



- **Profil :** Licence Lettres Modernes avec mention. Paris la Sorbonne.
- **Expérience avant EXEN :**
 - 2011-2018 : Secrétaire administrative ATED, ADMR.
 - 2005 : Chargée de partenariats FOX INTERNATIONAL CHANNELS France
 - 2003-2005 : Attachée de presse. NATIONAL GEOGRAPHIC CHANNEL
 - 2000-2003 : Chargée relations presse. CANALSAT outre-mer / Afrique
- **Fonctions chez EXEN :**
 - Gestion administrative, facturation, appui à la gestion des ressources humaines, gestion des contrats, sécurité (document unique) ...
 - Secrétariat, accueil téléphonique, gestion de planning, prise de RDV, organisation des déplacements, suivi du parc de véhicules...
- **Formations professionnelles :**
 - Sauveteur Secouriste du travail (CCI Aveyron 2019).
 - Maniement des extincteurs (CCI Aveyron, 2019),
 - Adapter la politique formation aux évolutions légales (CCI Aveyron, 2020)

Ecologues - responsables des pôles naturalistes

Justine MOUGNOT

Ing. écologue - ornithologue / chiroptérologue.

Chargée d'affaires. Coordinatrice de production. **Responsable du Pôle Avifaune.** 8 ans d'expérience.

Cf. page précédente

Aurélie LANGLOIS

Ing. écologue-biostatistique. Chiroptérologue.

Chargée d'affaires. 6 ans d'expérience.

Responsable Pôle Suivis ICPE éolien et **Co-Responsable du Pôle Chiroptères**

Management production, protocoles scientifiques, encadrement.



- **Profil :** Master II Gestion de la Biodiversité (Université P. Sabatier, Toulouse, 2016), mention bien.
- **Expérience avant EXEN :** Stage de Master 1. Rédaction du plan de gestion d'une cavité, CEN de Midi-Pyrénées (2015)
- **Fonctions chez EXEN :** Organisation et traitement des données chiroptères et suivis de mortalités, traitements statistiques, rédaction des rapports, relectures, méthodes et analyses des suivis de mortalités, organisation et encadrement du Pôle Suivis ICPE Eolien, Co-organisation et encadrement du Pôle Chiroptères (volet éolien en métropole).
- **Spécialités naturalistes :** mammifères (dont chiroptères) et entomofaune.
- **Formations professionnelles :**
 - Sauveteur Secouriste du travail (CCI Aveyron 2017-2019-2021).
 - Apprentie capture chiroptères : formation théorique CEN MP 2016.
 - Niveaux 1 et 2 bioacoustiques des chauves-souris (2017). CPIE Pays d'Azay.

Pierre PETITJEAN

Technicien écologue – cordiste. Ornithologue / herpétologue / chiroptérologue.

Responsable du Pôle instrumentation en hauteur. 9 ans d'expérience.

Cf. page Instrumentation en hauteur

Alix THUROW

Ing. écologue. Chiroptérologue

Chargée d'affaires. 4 ans d'expérience.

Co-Responsable du Pôle Chiroptères



- **Profil :** Master pro Écologie. Ingénierie en Ecologie et Gestion de la Biodiversité (IEGB). Université de Montpellier. 2018-19
- **Expérience avant EXEN :**
 - 2019 : Apprentissage de Master 2 : ingénieure écologue chiroptérologue. EXEN
 - 2018 : Stage de Master 1. Suivi de l'activité nocturne d'une population de Grandes noctules par GPS-métrie. EXEN
 - 2017 : Stage chargée d'études environnement. Bureau d'étude Ecotope.
- **Fonctions chez EXEN :** Inventaires, traitement et analyse des données chiroptères, rédaction des rapports, gestion d'affaires. Co-organisation et encadrement du Pôle chiroptères (volets éolien Outre-mer, R&D et photovoltaïque). Chargée d'affaires ultramarines.
- **Spécialités naturalistes :** chiroptères, micromammifères.
- **Formations professionnelles :**
 - Apprentie capture chiroptères : formation théorique en 2019.
 - Niveau 1 et 2 de bioacoustique des chiroptères (M. Barataud 2019),
 - Sauveteur secouriste du travail (CCI Aveyron 2021),
 - Reptiles et amphibiens (Melotopic, 2021, CPIE Brenne Berry).

Elodie DUPUIS

Ing. écologue. Ornithologue / Entomologue

Chargée d'affaires. **Responsable du pôle Petite faune et projets solaires.** 5 ans d'expérience



- **Profil :** Ingénieure agronome (ENSA Bordeaux, 2016).
- **Expérience avant EXEN :**
 - 2019-2022 : Chargée de mission écologue fauniste, Artifex (81).
 - 2018-2019 : Chargée de mission écologue, Rural concept (12).
 - 2017 : Chargée de mission écologue fauniste, Mica environnement (34)
- **Fonctions chez EXEN :** Encadrement du pôle, méthodes d'inventaires et analyses du volet Petite faune, projets photovoltaïques, suivis de chantiers. Chargé d'études faune. Inventaires, traitement et analyse des données, rédaction des rapports, relectures, gestion d'affaires.
- **Spécialités naturalistes :** oiseaux, rhopalocères, odonates, orthoptères, herpétofaune.
- **Formations professionnelles :**

Mathieu LOUIS

Ing. écologue - ornithologue / chiroptérologue.

Chargée d'affaires. **Référent bioacoustique des chiroptères. 11 ans d'expérience.**



- **Profil** : Master II de Gestion et Evolution de la Biodiversité (Université Lille 1).
- **Expérience avant EXEN** :
 - 2010-2014 : chargé d'études environnement chez ENVOL ENVIRONNEMENT.
 - Stage 2010 amphibien au CPIE Chaine des Terrils.
- **Fonctions chez EXEN** : Inventaires (avifaune, chiroptères, autre faune), traitement et analyse des données, rédaction des rapports, gestion d'affaires.
- **Spécialités naturalistes** : chiroptères (réf. acoustique), oiseaux, amphibiens, reptiles
- **Formations professionnelles** :
 - Formation ornithologique (GON Pas de Calais 2013-2014)
 - Niveaux 2 de bioacoustique des chauves-souris (formé par Y. Tupinier, M. Barataud). 2014, CPIE Pays d'Azay.
 - Evolution et travail en hauteur, (Hauteur et Sécurité 2014)
 - Sauveteur Secouriste du travail (CCI Aveyron 2015, 2017, 2019-2021),
 - Formation reptiles, NMP 2018.

Amélia ROZELLE

Ing. écologue. Chiroptérologue / ornithologue

Chargée d'affaires. 4 ans d'expérience.



- **Profil** : Master professionnel Gestion et Conservation de la Biodiversité (GCBio). Université de Bretagne Occidentale, Brest (2016).
- **Expérience avant EXEN** :
 - 2017 : Rédactrice environnementale. Lha Charitable Trust (Inde).
 - 2017 : Assistante de recherche sur l'écologie et la conservation de la Hyène rayée, Népal. Université Tribhuvan et Himalayan Biodiversity Network (Népal).
 - 2016 : Chargée d'étude en écologie, chiroptérologue - ornithologue. Auddicé Environnement.
- **Fonctions chez EXEN** : Inventaires, traitement et analyse des données, rédaction des rapports, gestion d'affaires.
- **Spécialités naturalistes** : chiroptères, ornithologie, entomologie.
- **Formations professionnelles** :
 - Niveau 1 et 2 de bioacoustique des chauves-souris (formée par M. Barataud). CPIE Pays d'Azay, 2019 et 2020.
 - Formation RhoMéo, CEN Rhône-Alpes, 2016.
 - Sauveteur Secouriste du travail (CCI Aveyron 2020),
 - Niveau 1 et 2 de bioacoustique des chiroptères (M. Barataud 2020)

Ecologues

Cédric SICCARDI

Ing. écologue. Chiroptérologue / entomologue / herpétologue.

Chargé d'affaires. **Référent bioacoustique des chiroptères. 5 ans d'expérience.**



- **Profil** : Master Biodiversité et Développement durable, Perpignan 2015
- **Expérience avant EXEN** :
 - 2016-17 : Chiroptérologue, études acoustiques, projets éoliens et divers. CALIDRIS.
 - 2016 : Chiroptérologue. Recherche de gîtes en bâtis. LPO Drome.
 - 2015 : stagiaire chiroptérologue, recherche et suivi de colonies de Rhinolophes Euryales, LPO Anjou.
- **Fonctions chez EXEN** : Inventaires, traitement et analyse des données, rédaction des rapports, gestion d'affaires.
- **Spécialités naturalistes** : chiroptères (co-référent acoustique, capture), entomofaune, herpétofaune.
- **Formations professionnelles** :
 - Capture chiroptères : habilitation de capture 2016. Forte expérience.
 - Sauveteur Secouriste du travail (CCI Aveyron, 2019, 2021).
 - Formations Travail en hauteur (2019),
 - Maniement des extincteurs (CCI Aveyron, 2019),
 - Odonates initiation (OPIE 2021, CPIE Brenne-Berry).

Sandra DERVAUX

Ing. écologue. Chiroptérologue / herpétologue - ornithologue apprentie.

Chargée d'affaires. 5 ans d'expérience.



- **Profil** : Licence pro. Espaces Naturels, Biologie appliquée aux Ecosystèmes exploités. UPPA 64 (2015).
- **Expérience avant EXEN** :
 - 2018 : Chargée d'étude environnement mammalogue-chiroptérologue. Cabinet Barbanson environnement (34).
 - 2017 : Tech. mammalogue-chiroptérologue. ECOMED Marseille (13).
 - 2016 : Service civique Ambassadeur de Biodiversité. LPO Loire (42)
 - 2015 : Stagiaire Chargée d'études ornitho/entomologue, Inventaire de l'avifaune et de l'entomofaune de la ZPS de Méron, LPO Anjou.
- **Fonctions chez EXEN** : Inventaires, traitement et analyse des données, rédaction des rapports, gestion d'affaires.
- **Spécialités naturalistes** : mammifères (dont chiroptères), herpétofaune.
- **Formations professionnelles** :
 - Niveau 1 et 2 de bioacoustique des chiroptères (M. Barataud 2019),
 - Bioacoustique des chiroptères niveau 3 (M. Barataud 2022),
 - Apprenti capture chiroptères : formation théorique 2018,
 - Sauveteur Secouriste du travail (CCI Aveyron 2018-2021),

Mise à disposition pour inventaires chiroptérologiques en Allemagne (programme d'échange EXEN / KJM 2021).

Laurie NAZON

*Technicienne écologue - ornithologue / entomologue.
Chargée de gestion BDD avifaune. 11 ans d'expérience.*



Profil : BTS Gestion et Protection de la Nature.

- **Expérience avant EXEN :** Suivi des nichées de grands vautours, bagage en Aveyron / Lozère (LPO Grands Causse 2010)
- **Fonctions chez EXEN :** Gestion de base de données Avifaune. Inventaires ornithologiques, et autre faune, spécialité grands rapaces, saisie de données, organisation BDD format SINP.
- **Spécialités naturalistes :** grands rapaces, oiseaux, odonates, orchidées.
- **Formations professionnelles :**
 - Méthodes d'inventaire d'Odonates, (CPIE Pays d'Azay 2011)
 - Evolution et travail en hauteur, (Hauteur et Sécurité 2013, recyclage 2017).
 - Sauveteur Secouriste du travail (CCI Aveyron 2013, recyclage 2015-17-19-21).
 - Détermination et connaissance des papillons de jour (Opie 2021).

Marie FRAIKIN

*Ing. écologue. Ornithologue
Chargée d'affaires. 3 ans d'expérience*



- **Profil :** Master Mixte Dynamique et Conservation de la Biodiversité (DyCoB). Université de Bourgogne Franche-comté (2018).
- **Expérience avant EXEN :**
 - 2018 : Stage chargé d'étude au CEBC (centre de recherche biologique de Chizé)
 - 2017 : Stage chargée d'étude en ornithologie à la LPO aveyron
 - 2016 : Stage chargé d'étude en hérapéologie dans Réserve Naturel de France
- **Fonctions chez EXEN :** Inventaires, traitement et analyse des données, rédaction des rapports, gestion d'affaires.
- **Spécialités naturalistes :** ornithologie, herpétofaune et mammifères hors chiroptères.
- **Formations professionnelles :**
 - Sauveteur Secouriste du travail (CCI Aveyron 2020),
 - Formation orthoptères (CPIE Brenne 2020),
 - Mise à disposition pour inventaires ornithologiques en Allemagne (programme d'échange EXEN / KJM 2021).

Benjamin BOULAIRE

*Ing. écologue. Entomologue / herpétologue/ornithologue.
Chargé d'affaires. 4 ans d'expérience*



- **Profil :** Licence pro Forêt, gestion et préservation de la ressource en eau. UFR Sciences et Techniques de Tours et LEGTA Le Chesnoy-Les Barres (2015).
- **Expérience avant EXEN :**
 - 2018 : Chargé d'études faune et écologie au CDPNE, Blois (41)
 - 2017 : Chargé d'études faune et écologie au CDPNE, Blois (41)
 - 2017 : Vacataire, à l'ONCFS Délégation régionale Grand Est
 - 2016 : Service civique à la LPO France, RNN de la Casse de la Belle Henriette (85)
- **Fonctions chez EXEN :** Encadrement du pôle, méthodes d'inventaires et analyses du volet Petite faune et Suivis de chantiers. Chargé d'études faune. Inventaires, traitement et analyse des données, rédaction des rapports, gestion d'affaires.
- **Spécialités naturalistes :** ornithologie, entomofaune, herpétofaune et mammifères hors chiroptères
- **Formations professionnelles :**
 - Formation Rhopalocères, LPO (2019).
 - Formation Herpétologie, Nature Midi-Pyrénées (2020).
 - Sauveteur Secouriste du travail (CCI Aveyron 2020).
 - Formation Orthoptères (Nature en Occitanie 2021)

Damien CORNET

Technicien écologue apprenti - chiroptérologue.



- **Profil :** Cordiste CQP1
- **Expérience avant EXEN :**
 - Nombreux défis aventures à l'étranger (atlantique à la rame, canada Mexique en vélo canoé...).
- **Fonctions chez EXEN :** Inventaires, traitement et analyse des données chiroptères, suivis de la mortalité, participation aux missions cordistes du pôle instrumentation en hauteur
- **Spécialités naturalistes :** chiroptères
- **Formations professionnelles :**

Niveau 1 et 2 de bioacoustique des chauves-souris (formée par M. Barataud). CPIE Pays d'Azay, 2022

Elissia MOUREY

Ing. écologue. Ornithologue/entomologue.
Chargée d'affaires. 2 ans d'expérience



- **Profil :**
 - Master Expertise Faune Flore (E2F). Muséum national d'histoire naturelle, Paris (2017)
 - Master Ecologie Fonctionnelle Comportementale et Evolutive (EFCE). Université de Rennes 1, Rennes (2016)
- **Expérience avant EXEN :**
 - 2017 : Stage chargée d'études ornithologue, chez Auddicé Environnement (59)
- **Fonctions chez EXEN :** Méthodes d'inventaires et analyses du volet avifaune. Inventaires, traitement et analyse des données, rédaction des rapports, gestion d'affaires.
- **Spécialités naturalistes :** ornithologie, entomofaune, herpétofaune et mammifères hors chiroptères
- **Formations professionnelles :**
 - Formation ornithologie avancée, GON (2018)
 - Sauveteur Secouriste du travail (CCI Aveyron 2020),
 - Formation orthoptères (Nature en Occitanie 2020)
 - Formation orthoptères – perfectionnement (Opie 2021).

Arnaud COMBY

Tech. écologue. Ornithologue
Chargé d'études. 19 ans d'expérience



- **Profil :**
 - Master II Gestion Sociale de l'Environnement et Valorisation des Ressources Territoriale GSE VRT Université Champollion, Albi (2010).
 - Licence sciences de l'environnement / biologie-écologie, Université Champollion, Albi (2008)
 - Eco-interprète / écologie – animation – gestion de projets
 - URCPIC, Franche Comté (1998)
- **Expérience avant EXEN :**
 - 2010-2018 : Chargé de mission développement durable – guide animateur (Rouergue Vacances Loisirs, Salles la Source, 12)
 - 2001-2010 : Chargé d'étude ornithologue – animateur LPO Aveyron (12).
 - 2000-2001 : Resp. Maison natale de J-H Fabre (Entomologie-Aveyron)
- **Fonctions chez EXEN :** Gestion de base de données Avifaune. Inventaires ornithologiques, et autre faune, spécialité rapace.
- **Spécialités naturalistes :** rapaces, oiseaux, mammifères terrestres.
- **Formations professionnelles :**
 - Sauveteur Secouriste du travail (2015 recyclages 2017-2019),
 - Formation orthoptères (CPIE Brenne 2020),
 - Mise à disposition pour inventaires ornithologiques en Allemagne (programme d'échange EXEN / KJM 2021).

Xavier NARDOU

Ing. écologue généraliste et R&D (systèmes vidéo éolien anti-collision de rapaces)
Chargé d'affaires. 1 an d'expérience



- **Profil :**
 - Master en Biologie, Ecologie, Evolution et Biodiversité. Université F. Rabelais de Tours, Mention Très Bien. (2018)
 - Licence en Biologie des Organismes et des Populations. Université des Sciences et Techniques de Limoges, Mention Bien (2016)
- **Expérience avant EXEN :**
 - 2020 : Technicien de recherche en ornithologie, UMR CNRS 6282 Biogéosciences, Dijon.
 - 2019 : Service civique PNR Chartreuse, UMR CNRS 5558, LBBE Lyon.
 - 2018 : Stage Master . Behavioural Ecology Groupe, Budapest, Hongrie.
- **Fonctions chez EXEN :** Etudes transverses (dossiers DEP...), innovation, R&D (suivis optimisation systèmes vidéo éoliens anti-collision de rapaces). Inventaires avifaune, analyses, rédaction de rapports, gestion d'affaires.
- **Spécialités naturalistes :** ornithologie.
- **Formations professionnelles :**
 - Sauveteur Secouriste du travail (CCI Aveyron 2021).
 - Télépilote drone professionnel DGAC (Drone 12, 2021).

Anatoli BEC-CANET

Ing. écologue Faune tropicale
Chargé d'affaires.



- **Profil :**
 - Licence Professionnelle Bio-Industries et Biotechnologie, études moléculaires, cellulaires et intégrées des molécules bioactives. (2018)
 - DUT Génie Biologique, Analyses Biologiques et biochimiques. Clermont-Ferrand (2017)
- **Expérience avant EXEN :**
 - 2019 -2021 : Chargé de mission avifaune migratrice des Antilles, VSC, Office Français de la Biodiversité. Guadeloupe (971).
 - 2018 : Chargé de mission chiroptères et zones humides, Bureau d'étude ALTER ECO, (15)
- **Fonctions chez EXEN :**
 - Représentation commerciale et logistique d'EXEN dans les petites Antilles et Guyane Françaises,
 - Gestion des suivis ICPE des parcs éoliens des petites Antilles,
 - Relais de missions scientifiques « chiroptères de Guadeloupe »,
 - Volets naturalistes des études d'impacts et suivis d'impacts sur la faune sauvage de divers projets d'aménagements,
- **Spécialités naturalistes :** avifaune, chiroptères et herpétofaune des petites Antilles,

Kevin SOTIER

Ing. écologue apprenti - chiroptérologue.

Chargé d'affaires.



- **Profil :** Master II Ethologie-Ecologie. Université Jean Monnet, Saint-Etienne (2018 – 2020)
- **Expérience avant EXEN :**
 - 2021 : Volontariat Service Civique Plan action environnement, FDC42 Saint Etienne ; « préservation de la biodiversité par la gestion et le suivi des espèces de faune sauvage »
 - 2020 : Stage de recherche. Diète et distribution de la Hyène brune et du Chacal à chabraque, réserve de Mogalakwena, Afrique du Sud
 - 2019 : Stage de recherche. Variation de l'alimentation et de la densité d'éléphants en fonction des saisons, Réserve Vwaza Marsh, Malawi.
- **Fonctions chez EXEN :** Inventaires, traitement et analyse des données, rédaction des rapports, gestion d'affaires.
- **Spécialités naturalistes :** chiroptères, mammifères, avifaune, herpétofaune
- **Formations professionnelles :**
 - DU en Bioacoustique. Université Jean Monnet, Saint-Etienne (2019)
 - Formation en ligne (MOOC) : Trame verte et Bleue -Tela formation.

Eloïse ANDRE

Ing. écologue apprentie- chiroptérologue.

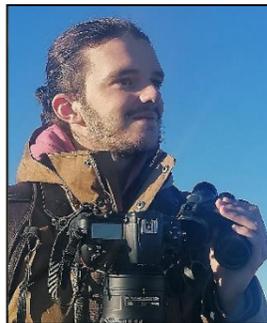
Chargée d'affaires.



- **Profil :** Master II Ethologie-Ecologie. Université Jean Monnet, Saint-Etienne (2018 – 2020)
- **Expérience avant EXEN :**
 - 2021 : Volontariat Service Civique Pôle Conservation, FNE Loire.
 - 2020 : Stage de recherche. Ecologie de la Civette africaine, réserve de Mogalakwena, Afrique du Sud
 - 2019 : Stage de recherche. Efficacité des méthodes d'estimation de densités d'éléphants, forêt de Miombo, Réserve Vwaza Marsh, Malawi.
- **Fonctions chez EXEN :** Inventaires, traitement et analyse des données, rédaction des rapports, gestion d'affaires.
- **Spécialités naturalistes :** chiroptères, mammifères, herpétofaune, avifaune
- **Formations professionnelles :**
 - DU en Bioacoustique. Université Jean Monnet, Saint-Etienne (2019)
 - Formation en ligne (MOOC) :
 - Trame verte et Bleue -Tela formation.
 - Large carnivores – association Ferus, Erasmus +

Thomas MOUYSSET

Tech. écologue ornithologue.



- **Profil :**
 - Licence de Biologie, option Biologie et Toxicologie de l'Environnement. Institut universitaire Champollion, Albi (2017 – 2020)
 - SIL Fauconnerie, CFAA/CFPPA du Lot, Gramat 2021
- **Expérience avant EXEN :**
 - 2021 : Stagiaire fauconnerie Marche, Madiran
 - 2020 : Technicien écologue-ornithologue, EXEN, Vimenet
- **Fonctions chez EXEN :** Inventaires ornithologiques, traitement et analyse des données, rédaction des rapports.
- **Spécialités naturalistes :** avifaune
- **Formations professionnelles :**
 -

Ecologues cordistes (pôle instrumentation en hauteur)

Pierre PETITJEAN

Technicien écologue – cordiste. Ornithologue / herpétologue / chiroptérologue.
Responsable du Pôle instrumentation en hauteur. 9 ans d'expérience.



- **Profil :** BTS Gestion et Protection de la Nature.
- **Expérience avant EXEN :** Paysagiste, naturaliste amateur.
- **Fonction chez EXEN :** Gestion et maintenance du parc d'enregistreurs à ultrasons en suivis passifs (sur arbres, mâts de mesures, nacelles d'éoliennes). Encadrement de l'équipe de cordistes. Gestion des formations travail en hauteur. Inventaires de terrain avifaune, petite faune, chiroptères. Evaluation Indice de Biodiversité Potentielle (IBP). Pose et suivis de gîtes artificiels, nichoirs. Rédaction de rapports de suivis (IBP, microhabitats arboricoles et suivi des gîtes / nichoirs).
- **Spécialités naturalistes :** oiseaux, herpétofaune, chauves-souris, flore.
- **Formations professionnelles :**
 - Evolution et travail en hauteur, (Hauteur et Sécurité 2013, recyclage H&S 2017, recyclage GWO Abcyss formation 2018, 2021),
 - Vérificateur équipement EPI, (Hauteur et Sécurité 2013),
 - Sauveteur Secouriste du travail (CCI Aveyron 2013, recyclage 2015-17-19),
 - Evolution et travail en éolienne, évacuation d'urgence (2015-19),
 - Formation / habilitation électrique CCI 2017,
 - Niveau 1 bioacoustique des chauves-souris (2014) et niveau 2 (2014) (formé par M. Barataud, Y. Tupinier.). CPIE Pays d'Azay,
 - Maniement des extincteurs (CCI Aveyron, 2019),
 - Mise à disposition pour inventaires ornithologiques en Allemagne (programme d'échange EXEN / KJM 2021).

Julien CAYLET

Tech. écologue –cordiste. Ornithologue.
4 ans d'expérience



- **Profil :** BTS Production aquacole
- **Expérience avant EXEN :** restaurateur, naturaliste amateur.
- **Fonction chez EXEN :** Gestion et maintenance du parc d'enregistreurs à ultrasons en suivis passifs (sur arbres, mâts de mesures, nacelles d'éoliennes). Inventaires de terrain avifaune. Relevés de suivis de chantiers. Participations aux relevés IBP et suivis de mesures de gîtes / nichoirs artificiels.
- **Spécialités naturalistes :** oiseaux, poissons.
- **Formations professionnelles :**
 - Evolution et travail en hauteur, (Hauteur et Sécurité 2017, recyclage EXEN 2018, recyclage GWO Abcyss formation 2020)
 - Sauveteur Secouriste du travail (CCI Aveyron 2017, recyclage 2019),
 - Habilitation électrique BO (CCI 12, 2017),
 - Evacuation d'urgence en éolienne,
 - Maniement des extincteurs (CCI Aveyron, 2019),
 - Perfectionnement Ornitho niveau 1 et niveau 2 (LPO Aquitaine, 2019),
 - Reptiles et amphibiens (Melotopic, 2021, CPIE Brenne Berry).

Emilien BONICHON

Tech. écologue –cordiste. Ornithologue.
3 ans d'expérience



- **Profil :** Formation CQP1 ouvrier cordiste (2017). Brevet supérieur fusilier-commando (2013). Aguerissement centre national d'entraînement commando (2007).
- **Expérience avant EXEN :** parachutiste, fusilier-commando, armée de l'air. Chef de groupe et de section.
- **Fonction chez EXEN :** Gestion et maintenance du parc d'enregistreurs à ultrasons en suivis passifs (sur arbres, mâts de mesures, nacelles d'éoliennes). Tests de relevés de données à distances (BATmode, GSM-Batcorder). Participations aux relevés IBP et suivis de mesures de gîtes / nichoirs artificiels.
- **Spécialités naturalistes :** oiseaux
- **Formations professionnelles :**
 - Evolution et travail en hauteur, (formation cordiste, recyclage EXEN 2018, recyclage GWO Abcyss formation 2020)
 - Sauveteur Secouriste du travail (CCI Aveyron 2018),
 - Habilitation électrique BO (CCI 12, 2018),
 - Maniement des extincteurs (CCI Aveyron, 2019),
 - Perfectionnement Ornitho niveau 1 et niveau 2 (LPO Aquitaine, 2019),
 - Télépilote drone professionnel DGAC (Drone 12, 2021).

