



Parc éolien de Binas (41)

Suivi environnemental post-implantation 2023 ciblé sur la faune volante

Suivi de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux en 2023

Suivi de l'activité des chauves-souris à hauteur de nacelle en 2023



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

Janvier 2024

Parc éolien de Binas (41)

Suivi environnemental post-implantation 2023 ciblé sur la faune volante

Suivi de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux en 2023

Suivi de l'activité des chauves-souris à hauteur de nacelle en 2023

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

Janvier 2024

SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	3	3.3.1	Cortège d'espèces	21
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	6	3.3.2	Proportion d'espèces ou de groupes d'espèces	23
1 OBJET.....	8	3.3.3	Évolution saisonnière de l'activité par espèce (ou groupe d'espèces).....	24
2 CONTEXTE.....	8	3.3.4	Chronologie de l'activité au niveau de la nacelle d'éolienne E5.....	26
2.1 CONTEXTE PAYSAGER	8	3.3.5	Influence des conditions météorologiques	30
2.2 RAPPEL DES RESULTATS DES SUIVIS ANTERIEURS	10	3.3.5.1	Influence de la vitesse du vent	30
2.2.1 Etude d'impact (2006).....	10	3.3.5.2	Influence de la direction du vent.....	31
2.2.2 Suivi environnemental ICPE (2018).....	10	3.3.5.3	Influence de la température	32
3 SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES EN NACELLE D'EOLIENNE	11	3.3.6	Rythme d'activité nocturne	33
3.1 METHODOLOGIE	11	4 SUIVI DE LA MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX.....	34	
3.1.1 Suivi automatisé en continu (passif) : généralités.....	11	4.1	OBJECTIFS DU SUIVI DE LA MORTALITE.....	34
3.1.2 Suivi passif depuis la nacelle de l'éolienne E5	11	4.2	METHODOLOGIE	34
3.1.2.1 Choix de l'éolienne équipée	11	4.2.1	Choix d'une méthode standardisée	34
3.1.2.2 Type d'enregistreur acoustique utilisé.....	11	4.2.2	Choix des périodes de suivis et fréquence des visites.....	35
3.1.2.3 Plage de suivi	13	4.2.3	Choix des éoliennes suivies.....	36
3.1.3 Traitement des données et évaluation de l'activité	14	4.2.4	Organisation des parcours de prospection	36
3.1.4 Référentiel de niveau d'activité.....	15	4.2.5	Recueil des données et destination des cadavres	38
3.1.5 Utilisation de l'espace par les chauves-souris et typologie des modes de vol	16	4.2.6	Détermination des coefficients correcteurs.....	39
3.2 LIMITES DE LA METHODOLOGIE	18	4.2.6.1	Organisation générale	39
3.2.1 Suivi passif (Batcorder depuis la nacelle).....	18	4.2.6.2	Test de l'efficacité du chercheur (ou « test de détection »).....	39
3.2.2 Difficultés d'identification acoustique de certaines espèces	18	4.2.6.3	Test de prédation (ou « test de persistance »)	40
3.2.3 Une détection divergente selon les espèces.....	19	4.2.7	Calculs	41
3.2.4 Autres limites de détection acoustique	19	4.2.7.1	Les formules utilisées	41
3.3 RESULTATS DU SUIVI D'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE EN NACELLE (E5)	21	4.2.7.2	EolApp (Besnard et Bernard, 2018).....	43
		4.2.7.3	GenEst (Simonis et al, 2018)	43

4.2.8	Evaluation des impacts du parc éolien de Binas.....	43	❖	Paramètre Tm (formules de Erickson + Jones + Huso).....	57
4.3	BILAN DE LA MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS.....	44	4.4.7.3	Estimation de la mortalité avec les tableurs EXCEL	58
4.3.1	Bilan des mortalités par éolienne.....	44	4.4.7.4	Estimation de la mortalité avec l’application EolApp	59
4.3.2	Taux de mortalité des chauves-souris	45	4.4.7.5	Estimation de la mortalité avec l’application GenEst	59
4.3.2.1	Planning du suivi de la mortalité et évolution du type de végétation en 2023	45	4.4.7.6	Comparaison entre les différents calculs du taux de mortalité des oiseaux en 2023	59
4.3.2.2	Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules).....	46	5	EVALUATION DES IMPACTS DU PARC EOLIEN DE BINAS	60
❖	Paramètre p (formule d’Erickson adaptée)	46	5.1	IMPACT SUR LES CHIROPTERES	60
❖	Paramètre Tm (formules de Erickson + Jones + Huso)	47	5.1.1	Analyses quantitatives et comparaisons avec d’autres parcs éoliens	60
4.3.2.3	Estimation de la mortalité avec les tableurs EXCEL	48	5.1.2	Analyses qualitatives des impacts sur les chiroptères.....	61
4.3.2.4	Estimation de la mortalité avec l’application EolApp	49	5.2	IMPACT SUR L’AVIFAUNE.....	62
4.3.2.5	Estimation de la mortalité avec l’application GenEst.....	49	5.2.1	Analyses quantitatives et comparaisons avec d’autres parcs éoliens	62
4.3.2.6	Comparaison entre les différents calculs du taux de mortalité des chauves-souris en 2023	49	5.2.2	Analyses qualitatives des impacts sur l’avifaune	62
4.4	BILAN DE LA MORTALITE DES OISEAUX	51	6	PROPOSITION DE MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS	63
4.4.1	Bilan des mortalités par éolienne en 2023.....	51	6.1	MESURES CONCERNANT LES CHIROPTERES ET LES OISEAUX.....	63
4.4.2	Chronologies constatées et corrigées des mortalités d’oiseaux issues des relevés au sol	51	6.1.1	Veiller à limiter l’éclairage du parc	63
4.4.3	Typologie des découvertes	53	6.1.2	Limiter la fréquentation de la faune volante autour des éoliennes	63
4.4.4	Relation espèce / éolienne	53	7	CONCLUSION.....	64
4.4.5	Chronologie des mortalités, phénologies des espèces et tentatives d’interprétations.....	54	7.1	SUIVI DE L’ACTIVITE DES CHIROPTERES EN NACELLE D’EOLIENNE	64
4.4.5.1	Chronologie des mortalités par espèce	54	7.2	SUIVI DE LA MORTALITE DES CHIROPTERES ET DES OISEAUX	64
4.4.5.2	Interprétation par espèce.....	55	7.2.1	Concernant les chiroptères	64
4.4.6	Dispersion des cas de mortalité sous les éoliennes.....	55	7.2.2	Concernant les oiseaux	64
4.4.7	Taux de mortalité des oiseaux.....	56	7.3	MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS ET PERSPECTIVES	64
4.4.7.1	Planning du suivi de la mortalité et évolution du type de végétation en 2023	56	8	BIBLIOGRAPHIE	65
4.4.7.2	Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules).....	57	9	ANNEXES.....	67
❖	Paramètre p (formule d’Erickson adaptée)	57	9.1	ANNEXE 1 : MODALITE DE DETERMINATION DES ESPECES.....	68
			9.2	ANNEXE 2 : ABREVIATIONS ET ESPECES	69

9.3	ANNEXE 3 : FICHE DE RELEVÉ DE TERRAIN 2023	70
9.4	ANNEXE 4 : DONNÉES BRUTES DES RELEVÉS DE MORTALITÉ EXEN.....	72

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Carte de localisation du parc éolien de Binas sur fond de carte IGN	9	Figure 14 : Tableau recensant l'ensemble des espèces contactées au cours du suivi en continu en 2023 (en blanc sont représentées les espèces dont la détermination reste incertaine, en gris les espèces contactées avec certitude).....	22
Figure 2 : Cliché de l'installation du Batcorder en nacelle E5 avec micro à travers la paroi de la nacelle.....	11	Figure 15 : Proportion d'activité par groupe d'espèces relevée au niveau du point d'enregistrement en continu sur l'éolienne E5 (En haut détail par espèces, en bas par groupes de vol)	23
Figure 3 : Zone de couverture acoustique des Batcorders sous les nacelles d'éoliennes (modèle Enercon E72)	12	Figure 16 : Tableau de continuité de présence de chaque espèce (ou groupe d'espèces) au cours du suivi en continu en 2023, basée sur les données enregistrées en nacelle d'éolienne E5 (en secondes d'activité moyenne sur 15 jours) (Mai-2 : seconde quinzaine du mois de mai ; les couleurs sont arbitraires mais les couleurs foncées représentent un niveau d'activité plus important)	25
Figure 4 : Distances de détection (min et max) pour des signaux de pipistrelles et noctules (20 et 40 KHz de fréquences).....	12	Figure 17 : Graphique de la chronologie de l'activité (en secondes d'activité cumulée par nuit) par espèce ou groupe d'espèces relevés en nacelle d'éolienne E5.....	28
Figure 5 : Synthèse de la plage de fonctionnement du Batcorder installé en éolienne E5 et nombre d'enregistrements relevés.....	13	Figure 18 : Zoom sur la chronologie de l'activité par espèce ou groupe d'espèces relevés en nacelle d'éolienne E5, avec adaptation de l'axe des ordonnées	29
Figure 6 : Localisation de l'éolienne du parc de Binas et de l'emplacement du Batcorder (cadre orange).....	13	Figure 19 : Corrélation inverse entre la vitesse du vent et l'activité cumulée des chauves-souris au niveau de l'éolienne E5 (sur la base des données relevées en 2023 par le Batcorder)	30
Figure 7 : Schéma caractérisant le paramètre « post-trigger » (ici configuré sur 400 ms)	14	Figure 20 : Graphique présentant l'occurrence de chaque direction du vent (en haut à gauche), l'activité chiroptérologique totale (en haut à droite), l'activité régulière (en bas à gauche) et l'activité de pics (en bas à droite) relevés en nacelle d'éolienne E5	31
Figure 8 : Référentiel EXEN de niveau d'activité pour une nuit mesurée par un Batcorder au sol (en secondes d'activité cumulée/ nuit).....	15	Figure 21 : Vitesse de vent moyenne relevée la nuit (en m/s) sur la période suivie en fonction des directions du vent et de leur occurrence au niveau de l'éolienne E5	31
Figure 9 : Grille de hiérarchisation EXEN du niveau d'activité relevé par les Batcorders utilisés en hauteur (en secondes d'activité par nuit)	15	Figure 22 : Décomposition de l'activité cumulée des chauves-souris en hauteur au niveau de l'éolienne E5 en fonction de la température relevée sur cette même éolienne et en parallèle des enregistrements d'activité	32
Figure 10 : Schéma des différents types de vols des chauves-souris.....	17	Figure 23 : Décomposition de l'activité totale enregistrée (en seconde d'activité cumulée) en fonction de l'écart avec le lever ou le coucher du soleil et par groupe de vol (sur la base des données relevées en nacelle d'éolienne E5 en 2023)	33
Figure 11 : Exemple de recouvrements dans les signaux de plusieurs espèces (En haut : le groupe des Fréquences Modulées Aplanie >30KHz, en bas : le groupe des « Sérotules »). Sur les axes, LB représente la largeur de bande en kHz et FME représente la Fréquence de maximum d'énergie en kHz.....	18	Figure 24 : Décomposition de l'activité moyenne enregistrée (en seconde d'activité cumulée moyenne par nuit) en fonction de l'écart avec le lever ou le coucher du soleil, du mois suivi et par groupe de vol (sur la base des données relevées en nacelle d'éolienne E5 en 2023).....	33
Figure 12 : Liste des espèces de chiroptères par ordre d'émission décroissante, avec distances de détection et coefficient de détectabilité selon qu'elles évoluent en milieu ouvert ou en sous-bois (Barataud, 2015).....	19	Figure 25 : Calendrier prévisionnel du suivi de la mortalité en 2023	35
Figure 13 : Analyse comparative des capacités de détection des principaux enregistreurs à ultrasons, selon la distance, l'angle d'émission et les différentes plages de fréquences ultrasonores (Adams & al. 2012)	20	Figure 26 : Schéma représentatif du transect de prospection théorique	36
		Figure 27 : Carte de l'orientation des périmètres de prospection et des surfaces prospectées lors du suivi de la mortalité sous les éoliennes de Binas en 2023.....	37

Figure 28 : Clichés des principaux critères utilisés pour la détermination des chauves-souris	38	Figure 48 : Chronologie des découvertes d'oiseaux (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne, issues des relevés au sol du suivi mortalité d'EXEN en 2023.....	52
Figure 29 : Cliché d'exemple d'enfouissement d'une Pipistrelle de Kuhl (Pipistrellus kuhlii) par un couple de Nécrophore chasseur (Nicrophorus investigator), sous un autre parc	39	Figure 50 : Tableau représentant les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux correspondant aux découvertes effectuées sous les éoliennes dans le cadre du suivi de la mortalité	53
Figure 30 : Clichés des peluches utilisées pour la réalisation des tests de détection (sur un autre site)...	40	Figure 51 : Répartition des découvertes par espèce d'oiseaux (effectifs constatés dans le cadre du suivi au sol) à l'occasion du suivi de 2023.....	53
Figure 31 : Clichés témoignant de la difficulté de perception des peluches dispersées (sur un autre site)40		Figure 52 : Histogramme de la répartition des espèces découvertes dans le cadre du suivi de la mortalité par éolienne en 2023.....	53
Figure 32 : Grille de calcul pour la définition du risque d'occurrence de la mortalité (Sensibilité*Nombre de mortalité brutes).....	43	Figure 53 : Répartition des découvertes d'oiseaux par espèce (effectifs constatés) à l'occasion du suivi mortalité au sol de 2023.....	54
Figure 33 : Grille de calcul pour la définition du niveau d'impact théorique (Patrimonialité*Risque d'occurrence).....	43	Figure 54 : Localisation des cas de mortalité d'oiseaux retrouvés sous les éoliennes de Binas en 2023 ..	55
Figure 34 : Cliché du cadavre de Noctule commune retrouvé le 22 août sous BIN06.....	44	Figure 55 : 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 cas de mortalité retrouvés sous les éoliennes)	56
Figure 35 : Localisation du cas de mortalité de Noctule commune sous l'éolienne BIN06 en 2023	44	Figure 56 : Tableau des résultats des tests de découverte et calcul du coefficient de détection d.....	57
Figure 36 : 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)	45	Figure 57 : Tableau des résultats des tests de persistance ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance	57
Figure 37 : Tableau des résultats des tests de découverte et calcul du coefficient de détection d.....	46	Figure 58 : Tableau détaillant les valeurs utilisées pour le calcul du coefficient surfacique a	58
Figure 38 : Tableau des résultats des tests de persistance ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance	46	Figure 59 : Paramètres de calcul utilisés dans les équations	58
Figure 39 : Proportion de chaque intervalle de visites et définition de l'intervalle pondéré (en jours).....	46	Figure 60 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2023	59
Figure 40 : Schéma de calcul du « nombre de cadavres encore présents après « I jours ».....	47	Figure 61 : Paramètres à renseigner dans l'application Shiny « EolApp »	59
Figure 41 : Schéma des différents cercles concentriques utilisés pour le calcul du coefficient surfacique	47	Figure 62 : Sortie de l'application Shiny EolApp (IC : Intervalle de confiance).....	59
Figure 42 : Tableau détaillant les valeurs utilisées pour le calcul du coefficient surfacique a	48	Figure 63 : Evaluation des niveaux d'impacts théoriques sur l'avifaune en 2023	62
Figure 43 : Paramètres de calcul utilisés dans les équations	48		
Figure 44 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2023	49		
Figure 45 : Paramètres à renseigner dans l'application Shiny « EolApp ».....	49		
Figure 46 : Sortie de l'application Shiny EolApp (IC : Intervalle de confiance).....	49		
Figure 47 : Bilan des mortalités d'oiseaux constatées en 2023 et répartition par éolienne	51		

1 OBJET

La S.E.P.E du Bois d’Anchat exploite le parc éolien de Binas (5 machines E1 à E3, E5 et E6), sur les communes de Binas et de Beauce-la-Romaine (ex. Ouzouer-le-Marché), dans le nord du département du Loir-et-Cher (41). Les éoliennes du parc éolien de Binas ont été mises en service en avril 2014.

Pour apprécier objectivement les niveaux d’atteintes du parc éolien sur la biodiversité pour la dixième année d’exploitation du parc, la S.E.P.E du Bois d’Anchat a souhaité missionner des écologues pour organiser un suivi naturaliste ciblé sur les oiseaux et les chauves-souris. Il a été réalisé conformément au protocole de 2018, en application des mesures prévues par l’article 12 de l’arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié le 22 juin 2020.

Ce suivi d’impacts in situ cible tout particulièrement les oiseaux et les chauves-souris, les deux principaux groupes d’espèces animales les plus sensibles aux effets des parcs éoliens. Le suivi doit permettre d’aboutir à une perception concrète et objective des effets du parc éolien sur la mortalité générée par les éoliennes, tant sur les oiseaux que sur les chauves-souris, et à la recherche de nouvelles mesures correctives, le cas échéant.

Pour ce type de suivi, la S.E.P.E du Bois d’Anchat a alors missionné en 2023, la société EXEN, spécialisée dans l’étude de la faune sauvage et de ses rapports avec le développement éolien. Le bureau d’étude EXEN a donc pris en charge le suivi de la mortalité au pied des éoliennes ainsi que le suivi d’activité des chauves-souris en nacelle.

Le présent document propose un bilan décomposé :

- Des résultats du suivi d’activité des chauves-souris en nacelle en 2023,
- Des résultats du suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris sous les éoliennes pour la campagne de 2023.

2 CONTEXTE

2.1 Contexte paysager

Le parc éolien de Binas (exploité par la S.E.P.E du Bois d’Anchat) est composé de 5 éoliennes Enercon E82/2000 et se situe sur les communes de Binas et de Beauce-la-Romaine, dans la partie nord du département de Loir-et-Cher (41), à moins de 40 km d’Orléans, et sous influence de climat continental.

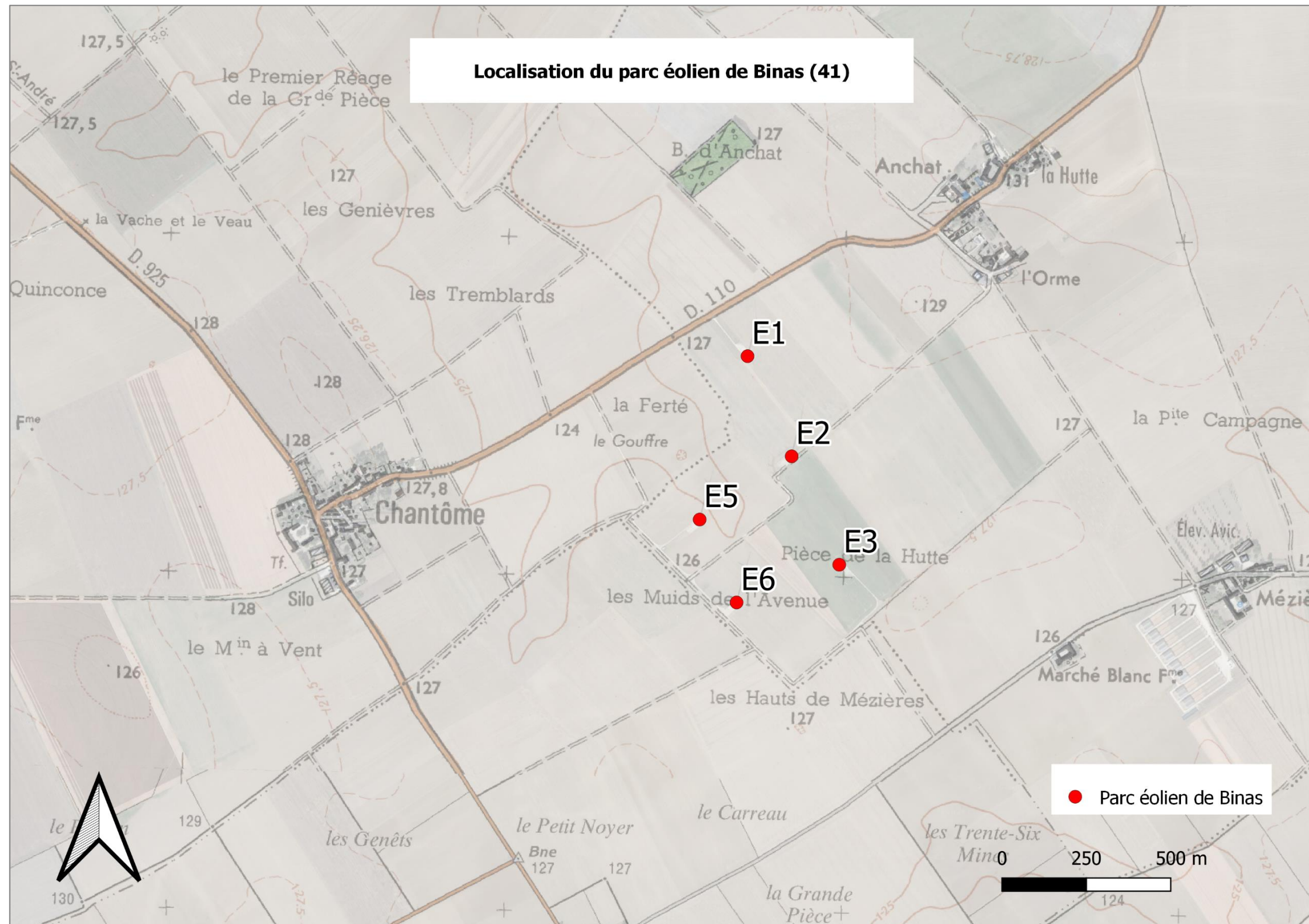
Le parc éolien est positionné en deux lignes parallèles (une ligne de 3 éoliennes E1 à E3, et une ligne de 2 éoliennes E5 et E6), perpendiculaires à l’axe Nord-Est vers Sud-Ouest, à 126 mètres d’altitude. Les distances inter-éoliennes sont de l’ordre de 268 à 350 mètres.

La carte de la page 9 montre que l’ensemble du parc est situé en contexte agricole. Le site est dominé par les cultures et est entouré de plusieurs villages. Le contexte paysager ne varie pas d’une éolienne à une autre. On retrouve au nord deux bosquets, dont le Bois d’Anchat, qui représentent des enjeux naturalistes importants car ils représentent généralement un habitat préservé des activités humaines, exploité comme zone de refuge et de reproduction pour bon nombre d’espèces patrimoniales (rapaces arboricoles, chiroptères arboricoles). Ces derniers sont situés à 500 m au nord pour l’éolienne la plus proche et à 1,2 km au nord pour l’éolienne la plus éloignée.

Sur une plus large échelle, le parc éolien est entouré de plusieurs sites d’intérêt écologique (ZNIEFF de type 1 et 2, sites Natura 2000, sites CEN, schéma régional de cohérence écologique). Citons par exemple le site Natura 2000 « Petite Beauce » à environ 10km au sud-ouest, qui est une zone majoritairement occupée par des cultures, avec quelques boisements.

Les éoliennes sont de type Enercon E82/2000 (puissance de 2 000 kW, diamètre du rotor de 82 m), hautes de 77 m (moyeu) pour le parc de Binas. La distance minimale entre la base du champ de rotation des pales et le sol (« garde au sol ») est de 36 m.

Figure 1 : Carte de localisation du parc éolien de Binas sur fond de carte IGN



2.2 Rappel des résultats des suivis antérieurs

2.2.1 Etude d'impact (2006)

La conclusion de l'étude d'impact du projet de parc éolien de Binas (Intervent, juin 2006) précise, page 185, que :

« Avifaune :

Les trois projets trouvent ainsi place au sein d'un vaste ensemble en dehors des zones protégées et où la migration s'effectue d'une manière large et diffuse. La disposition en blocs permet de réduire l'occupation spatiale du milieu par les éoliennes.

Chiroptères :

L'implantation prévue des éoliennes aura lieu en dehors des niches écologiques et des axes de connexion biologique principaux des chiroptères.

Flore et Zones protégées :

Le parc éolien s'insère dans l'espace agricole et évite les zones les plus sensibles. Aucune implantation d'aérogénérateur n'est localisée, ni susceptible d'affecter, un espace naturel inventorié ou protégé. »

2.2.2 Suivi environnemental ICPE (2018)

Le rapport de suivi environnemental ICPE du parc mené en 2018 par Ecosphère précise que :

« Suivi des habitats naturels :

Les habitats présents dans la zone d'étude sont globalement dans un mauvais état de conservation et il s'agit majoritairement de milieux cultivés souvent rudéralisés, voire artificiels. Parmi les trois habitats recensés, aucun n'a été identifié comme constituant un enjeu de conservation.

Suivi de l'activité au sol des chiroptères :

Globalement, entre les points d'écoute et les transects routiers, un total d'au moins 8 espèces a été contacté (32 % de la diversité régionale), parmi lesquelles :

- 2 espèces migratrices de haut vol à enjeu moyen (assez fort en migration) et fortement sensibles au risque de collision : la Noctule commune et la Noctule de Leisler ;
- 1 espèce à enjeu faible mais fortement sensible au risque de collision : la Pipistrelle commune ;
- 2 espèces à enjeu faible mais assez fortement ou moyennement sensibles au risque de collision : la Pipistrelle de Kuhl et la Sérotine commune ;
- 1 espèce à enjeu moyen mais faiblement sensible au risque de collision : la Barbastelle ;
- Au moins 2 espèces à enjeu indéterminé et faiblement sensibles au risque de collision : les murins et l'Oreillard roux ou gris.

Suivi de la mortalité avifaune et chiroptères :

Sur les 5 éoliennes suivies du parc, un total de 2 cadavres de chauves-souris a été observé et aucun cadavre d'oiseau.

Les deux cadavres de chauves-souris, dont un de Noctule de Leisler, qui ont été trouvés sur deux éoliennes différentes au cours d'un seul passage en septembre démontrent une certaine incidence du parc, au moins pour cette période. En l'absence de données sur les autres mois de l'année (transit printanier, période de reproduction estivale) et de corrections statistiques pour une évaluation de la mortalité à partir de données brutes, il n'est pas possible de conclure sur le caractère significatif ou non de l'impact du parc sur les populations de chiroptères. Par contre, il n'y a pas d'impact avéré sur les populations d'oiseaux qui fréquentent le parc (Faucon crécerelle, Busard Saint-Martin...) à cette même période. »

Aucun bridage n'est réalisé sur ce parc.

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

3.1 Méthodologie

3.1.1 Suivi automatisé en continu (passif) : généralités

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

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

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

3.1.2 Suivi passif depuis la nacelle de l'éolienne E5

3.1.2.1 Choix de l'éolienne équipée

Le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (MTES, 2018) précise qu'au minimum un point d'écoute pour 8 éoliennes doit être réalisé pour suivre l'activité chiroptérologique en nacelle. Le cahier des charges de la SEPE prévoyait la mise en œuvre d'un seul point d'enregistrement pour les 5 éoliennes que compte le parc de Binas.

L'éolienne choisie en 2023 pour l'installation d'un Batcorder fut l'éolienne E5. Ce choix est justifié par le fait qu'un des deux cas de mortalité retrouvé lors du suivi en 2018 l'a été sous l'éolienne E5.

3.1.2.2 Type d'enregistreur acoustique utilisé

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

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

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

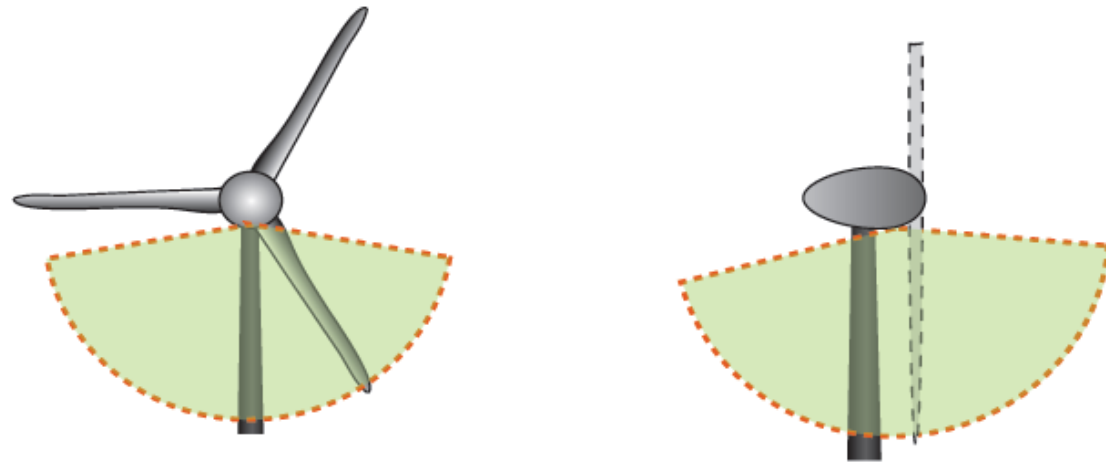
Au niveau de l'éolienne E5, il s'agissait de caractériser l'activité des chauves-souris dans ou à proximité de la zone de rotor de l'éolienne (principalement dans un demi-espace inférieur). Un module spécial éoliennes (WKA) est proposé par la société *Eco Obs* comprenant :

- 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 2 : Cliché de l'installation du Batcorder en nacelle E5 avec micro à travers la paroi de la nacelle



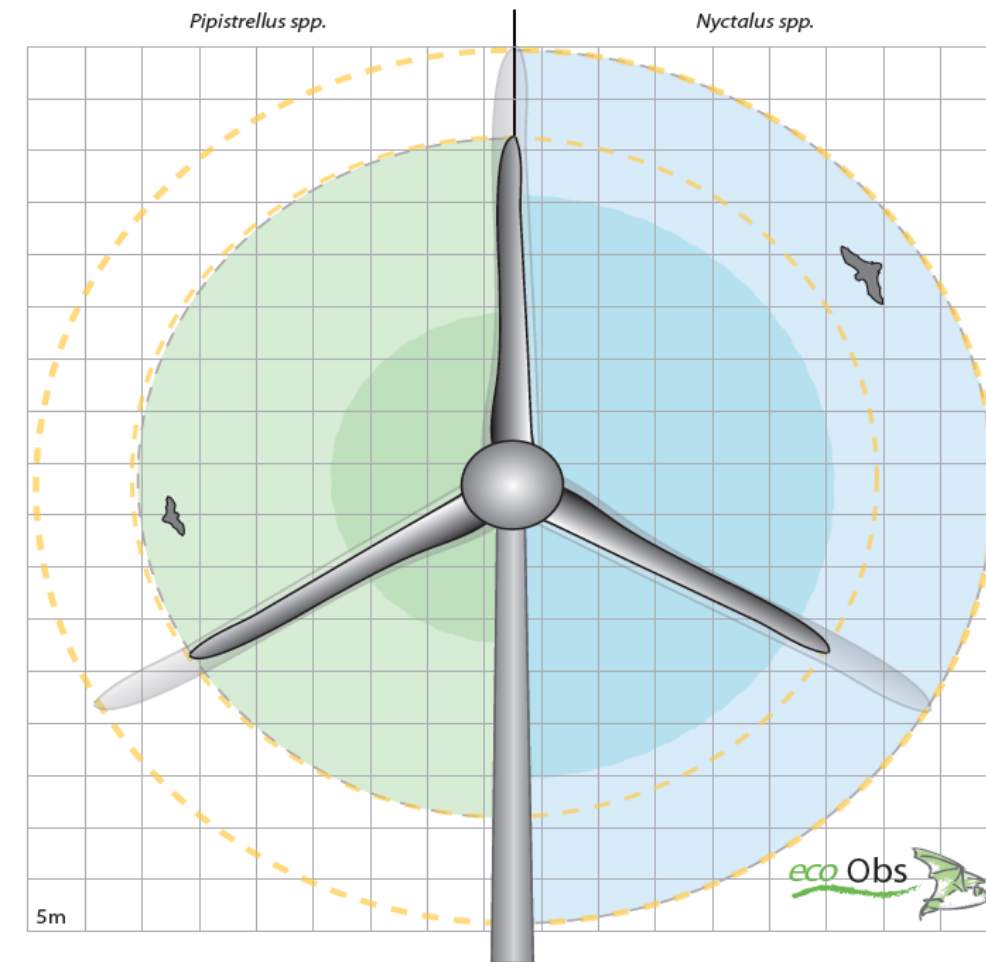
Figure 3 : Zone de couverture acoustique des Batcorders sous les nacelles d'éoliennes (modèle Enercon E72)



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

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

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



3.1.2.3 Plage de suivi

Le Batcorder fut installé du 13 avril au 03 novembre 2023. Le suivi en continu a donc permis de couvrir la période printanière, la période estivale, la période automnale et une partie de la période hivernale en 2023, sur une éolienne du parc de Binas. Aucun problème technique n’a été relevé. Ainsi, 204 nuits efficaces ont été suivies, représentant 2 856 heures d’enregistrement.

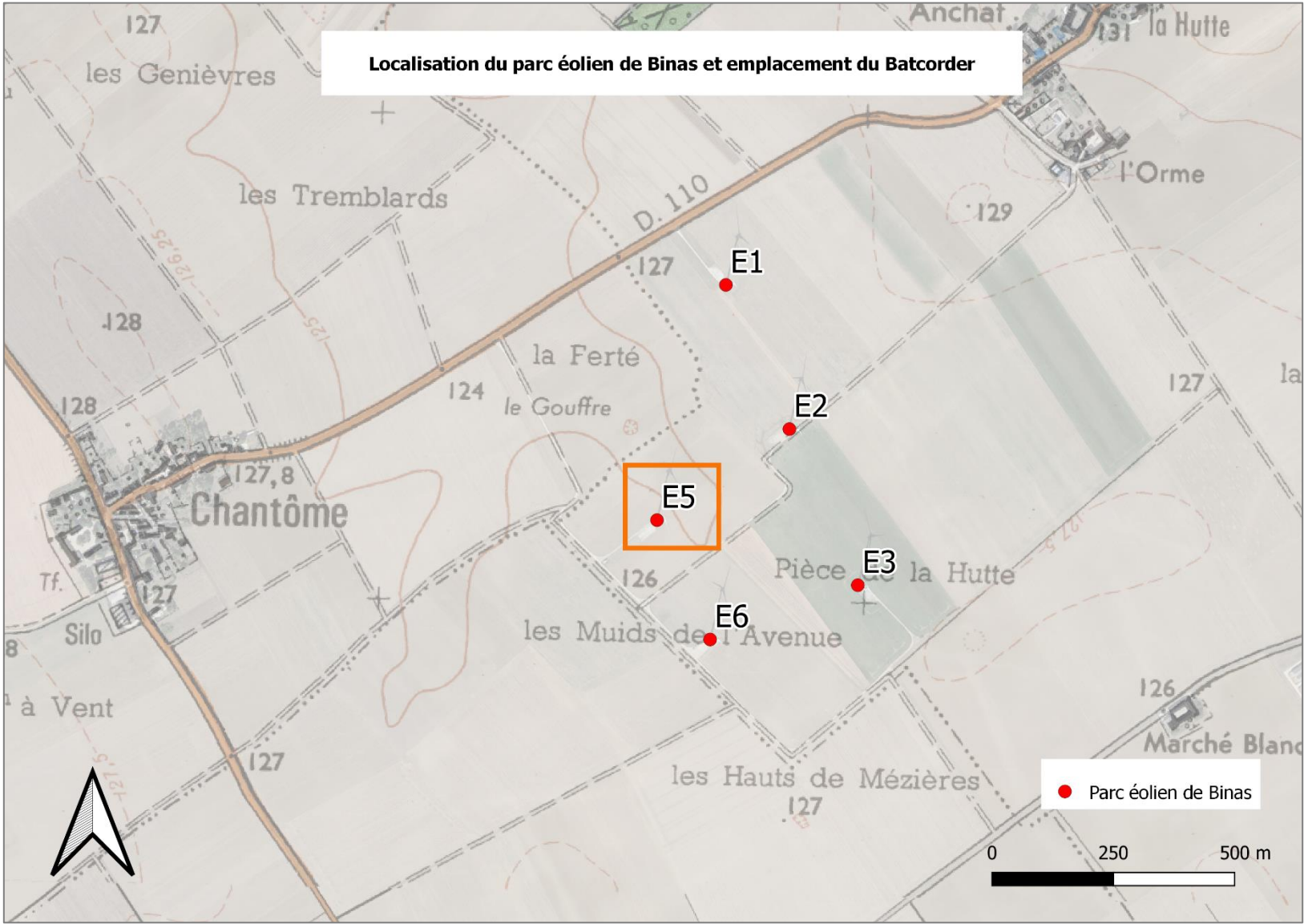
Cela représente un total de 1 301 données ultrasonores à analyser dont 933 correspondent à des contacts de chiroptères, les autres enregistrements provenant de parasites acoustiques (notamment liés à l’éolienne elle-même, ou pour tester l’efficacité du micro des Batcorders).

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

Figure 5 : Synthèse de la plage de fonctionnement du Batcorder installé en éolienne E5 et nombre d'enregistrements relevés

Emplacement du Batcorder (version 1.0)	Date d'intervention	Type d'intervention	Nombre total de séquences enregistrées	Nombre de séquences enregistrées correspondant à des chiroptères
Nacelle d'E5	13/04/2023	Installation	1301	933
	14/11/2023	Désinstallation		

Figure 6 : Localisation de l'éolienne du parc de Binas et de l'emplacement du Batcorder (cadre orange)

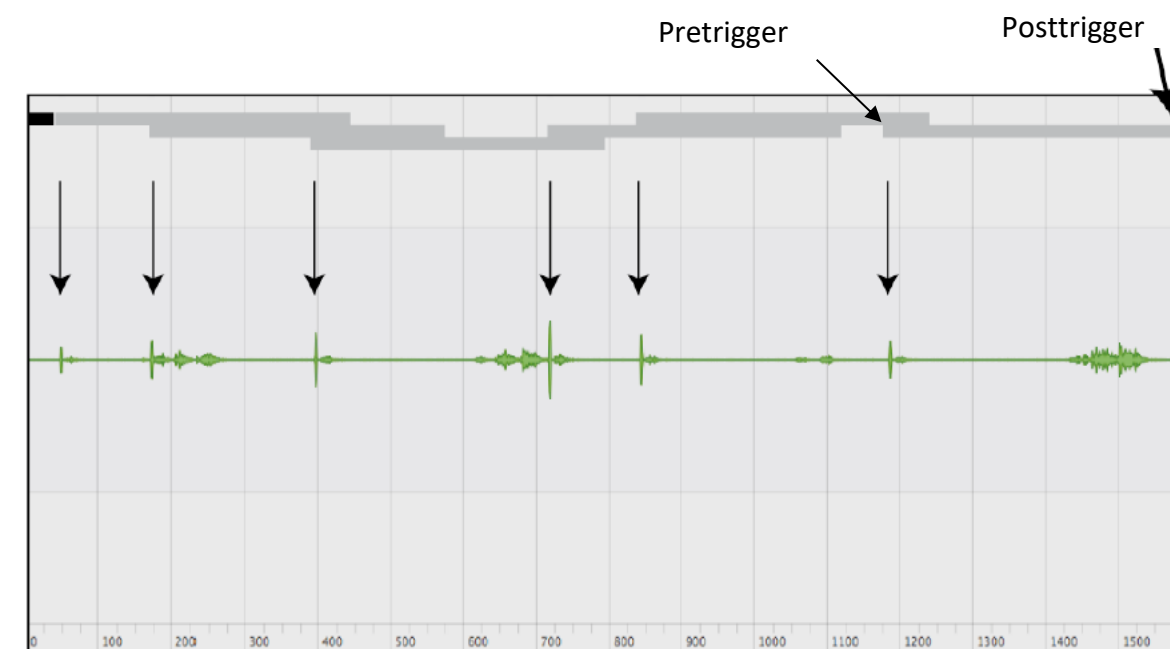


3.1.3 Traitement des données et évaluation de l'activité

Un autre intérêt du système Batcorder réside aussi dans la facilité d'analyse des données, ce qui est particulièrement appréciable pour des plages d'enregistrements de plusieurs dizaines de milliers de séquences lorsque c'est le cas. Les séquences sonores des chauves-souris ont été enregistrées et sauvegardées numériquement sur une carte SDHC. Ces enregistrements sont ensuite gérés et traités par les logiciels *bcAdmin* et *batIdent*. Les espèces sont déterminées par comparaison statistique des ultrasons enregistrés avec les références d'une large sonotèque d'espèces du Paléarctique occidental. Le logiciel libre « R » est l'outil d'interface statistique utilisé à cet égard. Dans un premier temps, si l'analyse automatique ne permet pas de déterminer l'espèce pour tous les contacts, un classement des enregistrements est proposé par groupes d'espèces en fonction de la typologie des signaux. L'analyse manuelle 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.

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

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



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

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

3.1.4 Référentiel de niveau d'activité

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

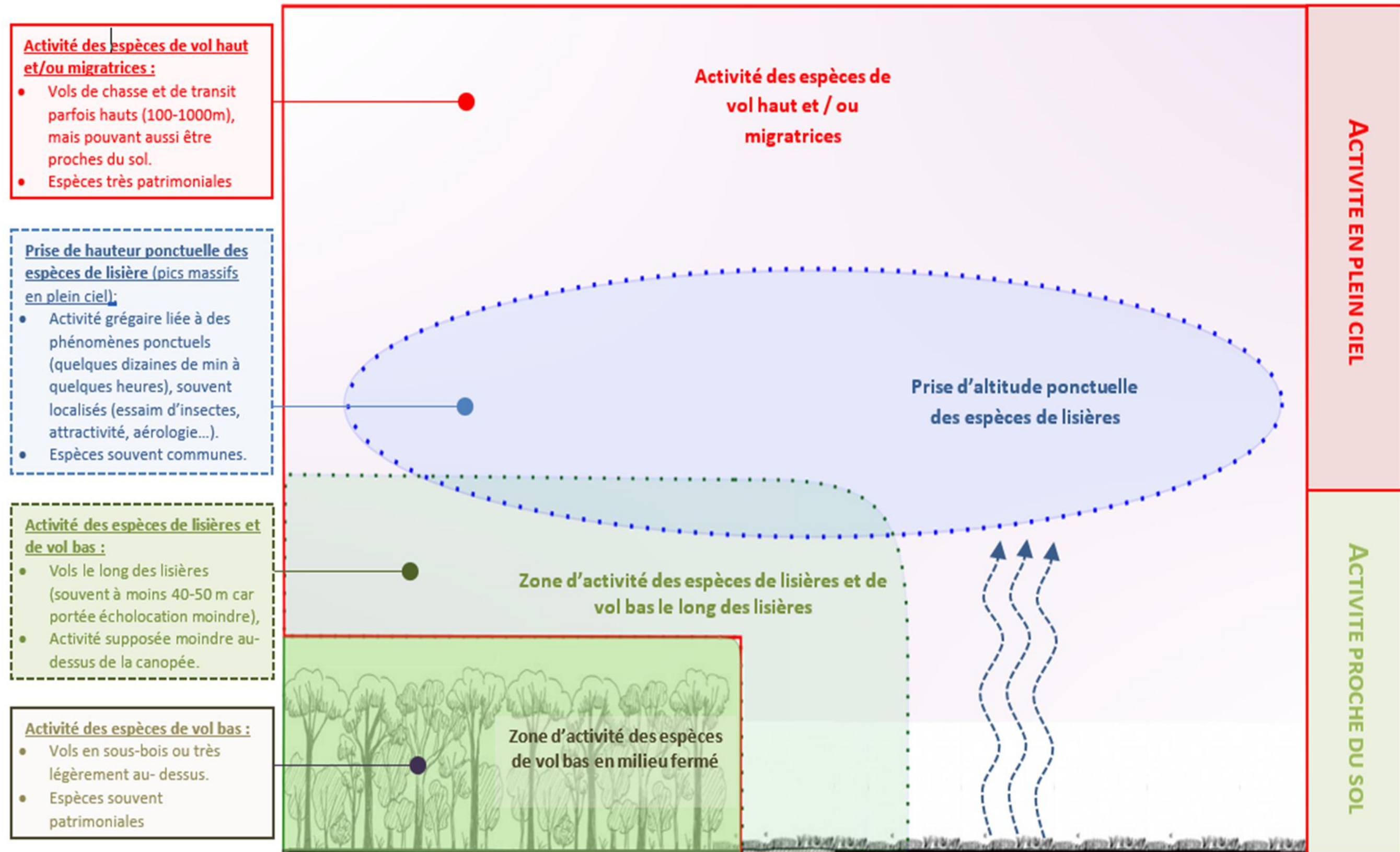
ouverts et évoluent régulièrement en plein ciel tout au long de leur phase d'activité (en chasse, lors de comportements sociaux ou en phases de transits migratoires).

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

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

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

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



3.2 Limites de la méthodologie

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

3.2.1 Suivi passif (Batcorder depuis la nacelle)

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

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

Avec une position à hauteur de moyeu, on peut penser que cette hauteur permet globalement de s'affranchir des risques de contacts de pipistrelles évoluant proches du sol ou le long des lisières (portée d'écholocation de l'ordre de 30 à 40 m). Cela permet théoriquement de distinguer une activité de lisières sous les éoliennes d'une activité de plein ciel. Autrement dit, pour les pipistrelles, les contacts enregistrés au niveau du Batcorder devraient plutôt témoigner d'une activité de prise d'altitude, comportement révélateur d'une situation particulière (conditions climatiques, phénomène d'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 Batcorders. Pour limiter ce biais, l'ensemble des micros du parc de Batcorder du bureau d'étude EXEN est renvoyé chaque hiver au constructeur EcoObs pour un test et un recalibrage.

3.2.2 Difficultés d'identification acoustique de certaines espèces

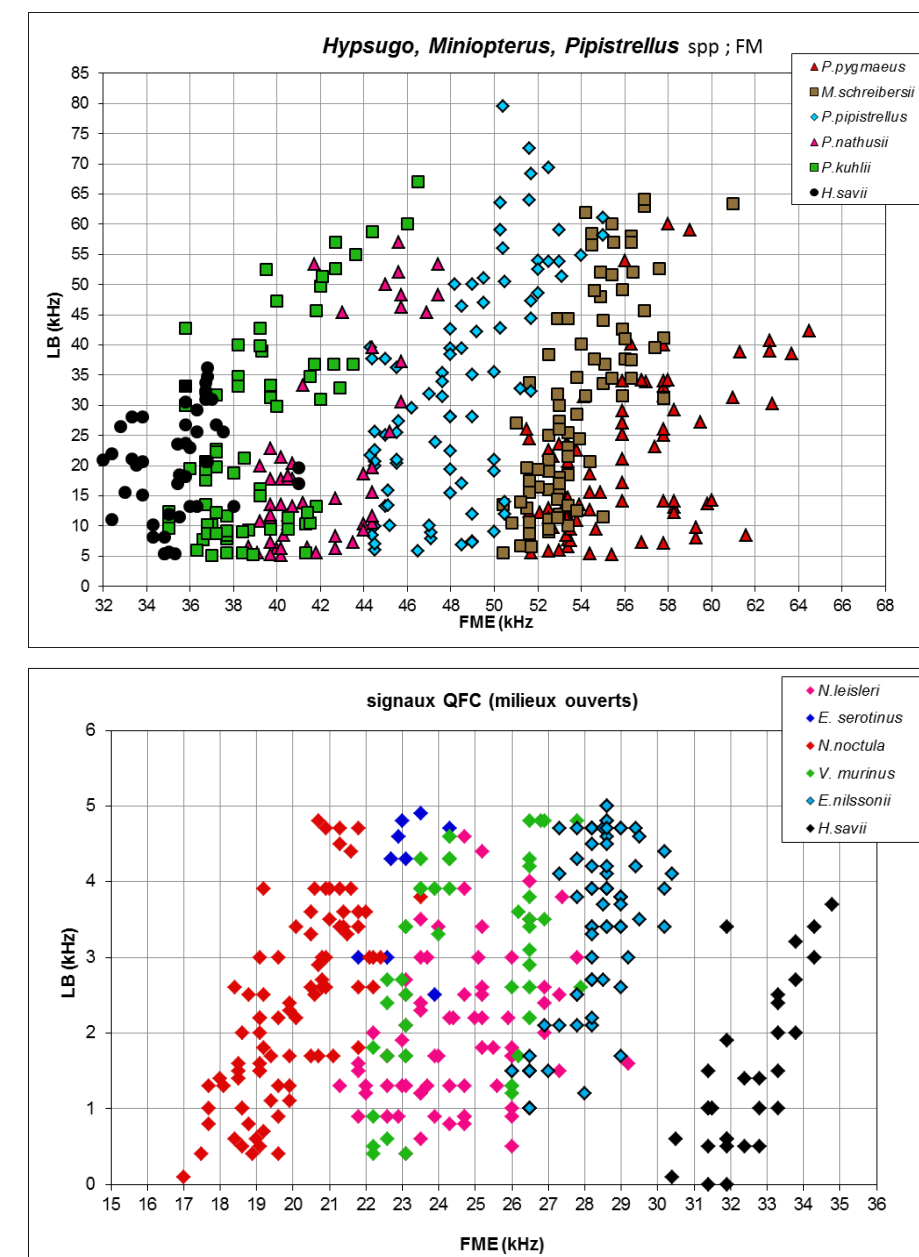
L'identification acoustique des chiroptères est une science encore en évolution et qui bénéficie d'avancées récurrentes ces dernières années. La plupart des espèces peuvent être déterminées précisément.

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

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

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

Figure 11 : Exemple de recouvrements dans les signaux de plusieurs espèces (En haut : le groupe des Fréquences Modulées Aplanie >30KHz, en bas : le groupe des « Sérotules »). Sur les axes, LB représente la largeur de bande en kHz et FME représente la Fréquence de maximum d'énergie en kHz.



3.2.3 Une détection divergente selon les espèces

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

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

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

3.2.4 Autres limites de détection acoustique

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

- La présence d'**obstacles acoustiques** entre la source ultrasonore et le micro. Pour des Batcorders placés au sol ou les points de suivi au D240X manuel, ces obstacles peuvent notamment correspondre à la végétation et en particulier aux lisières forestières environnantes. Pour l'enregistreur placé au niveau de l'éolienne, nous avons vu que la configuration de la nacelle et la position du micro permettent de percevoir un angle de détection plus ou moins variable.
- La présence possible de **parasites acoustiques** comme ceux liés à l'activité d'orthoptères (criquets, sauterelles) plus ou moins actifs selon les périodes de l'année et les sites et qui peuvent limiter la perception d'éventuels signaux de chiroptères émis aux mêmes bandes de fréquences. Ici, il s'agit surtout de parasites liés aux éoliennes elles-mêmes.
- Les **facteurs climatiques** qui jouent non seulement sur l'activité des chiroptères, mais aussi sur les capacités de détection (parasitages acoustiques par l'ambiance ultrasonore générée par un vent fort ou la présence de pluie...).

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

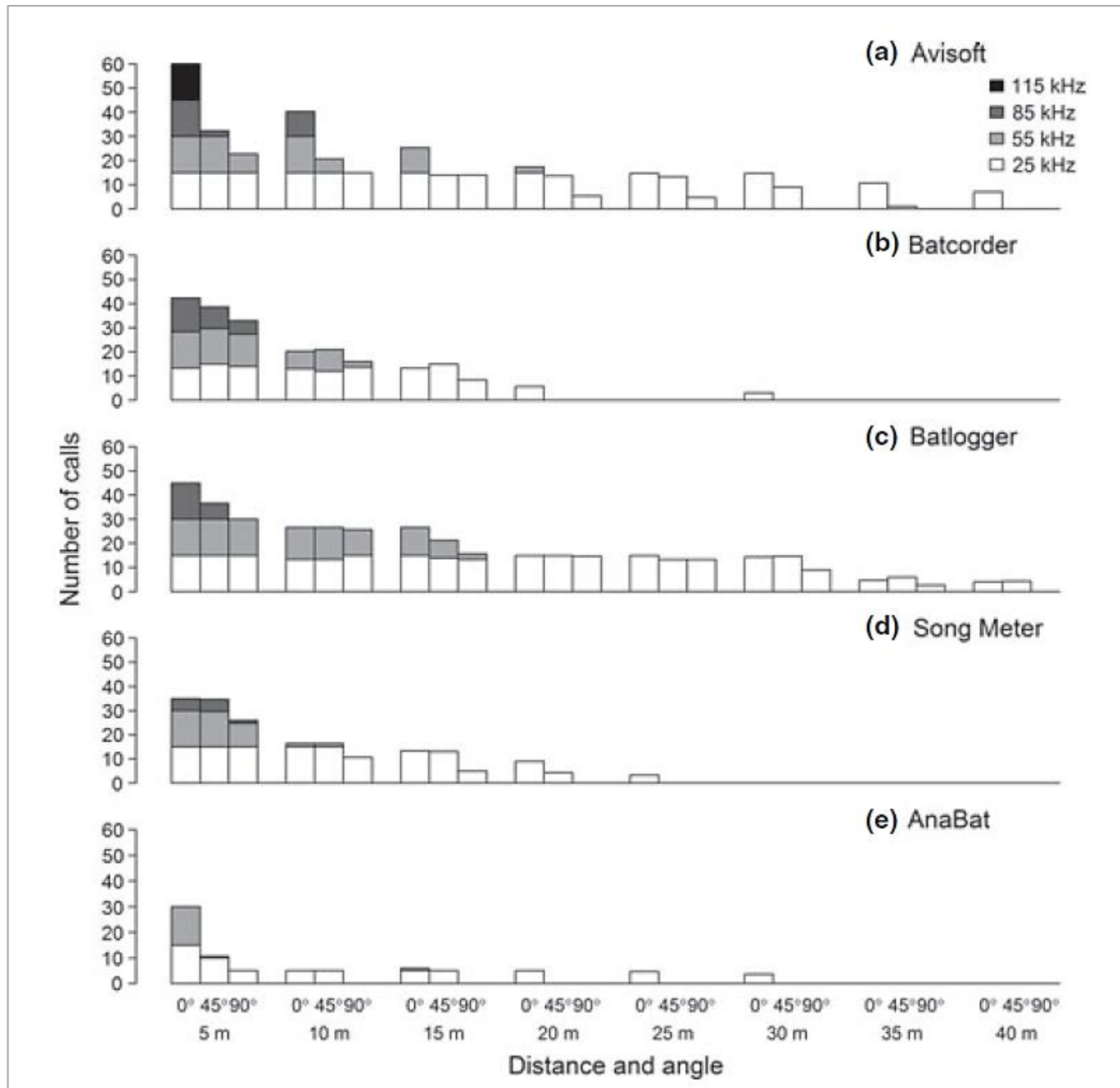
- Les limites liées à la qualité et à la fréquence de recalibrage des micros,
- Leur volume de détection (cône de détection) et à leur caractère directionnel ou multidirectionnel,
- Les paramétrages retenus (filtres des basses ou hautes fréquences, durée d'enregistrement depuis le déclenchement),
- Les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

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

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

théoriquement globalement moins bonne que celle du Batlogger ou des systèmes Avisoft. Mais ces deux produits présentent des contraintes techniques très importantes pour des suivis sur le long terme (ULDRY V., 2013), nécessitant des opérations de maintenance régulières et une difficulté majeure à la perception de problèmes à distance.

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



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

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

3.3 Résultats du suivi d'activité chiroptérologique en nacelle (E5)

3.3.1 Cortège d'espèces

Rappelons que le suivi passif de l'activité ultrasonore des chiroptères fut basé sur le fonctionnement d'un enregistreur automatique à ultrasons **en nacelle d'éolienne E5**. La position de l'enregistreur permet de mieux percevoir l'activité des chiroptères qui concerne directement le rotor de l'éoliennes équipée. **La plage de suivi s'est étendue sur presque 7 mois, entre le 13 avril et le 03 novembre 2023.**

Le tableau de la page suivante synthétise le cortège d'espèces détecté à partir de l'enregistreur automatique placé en nacelle de l'éolienne E5. **5 espèces de chauves-souris** ont été déterminées **avec certitude** et **2 autres font l'objet de détermination non discriminante. A cela s'ajoute le groupe d'espèces des oreillards**. Il peut s'agir soit de signaux d'Oreillard gris, soit de signaux d'Oreillard roux ; les deux espèces sont probables dans le secteur (contrairement à l'Oreillard montagnard). De plus, notons que la Sérotine de Nilsson a été retirée du Groupe des sérotules (Nycmi) car elle est absente dans cette région.

L'Annexe 1 page 68 rappelle les modalités de détermination des espèces ou groupes d'espèces relevés. L'Annexe 2 page 69 précise les abréviations employées pour désigner les espèces ou groupes d'espèces contactées au niveau des figures suivantes.

Le tableau de la page suivante précise aussi les statuts de protection et de conservation de ces différentes espèces et leurs statuts liés au PNA Chiroptères. **La Noctule commune** (espèce identifiée avec certitude) est celle qui présente le statut de conservation le plus défavorable (Vulnérable au niveau national). Les autres espèces contactées de façon certaine ou potentielle ne sont pas considérées comme menacées (classées en quasi-menacé ou en préoccupation mineure).

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

Espèce	Nom scientifique	Statut de protection			Statut de conservation				PNA			Valeur patrimoniale
		Protection en France	Protection Union Européenne	Convention de Berne	Liste rouge UICN mondiale (2022)	Liste rouge UICN Europe(2022)	Liste rouge nationale (Nov 2017)	Centre (2012)	Espèce prioritaire du Plan National d'Action chiroptères 2016-2025	Espèce PNA à forte pression liée à l'éolien (PNA 2016-2025)	Tendance évolutive (PNA 2016-2025)	
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	P	H4	2	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Vulnérable	Quasi menacé	oui	oui	?	Modéré à fort
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	P	H4	2	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Quasi menacé	oui	oui	-	Modéré
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	P	H4	2	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure			?	Faible
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>	P	H4	2	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Données insuffisantes			?	Faible
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	P	H4	2	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Préoc. Mineure	oui	oui	-	Faible à modéré
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	P	H4	2	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure			+	Faible
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	P	H4	2	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Quasi menacé	oui	oui	?	Modéré
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	P	H4	2	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Données insuffisantes	Non Applicable			?	Faible
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	P	H4	2	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Préoc. Mineure	oui	oui	-	Faible à modéré

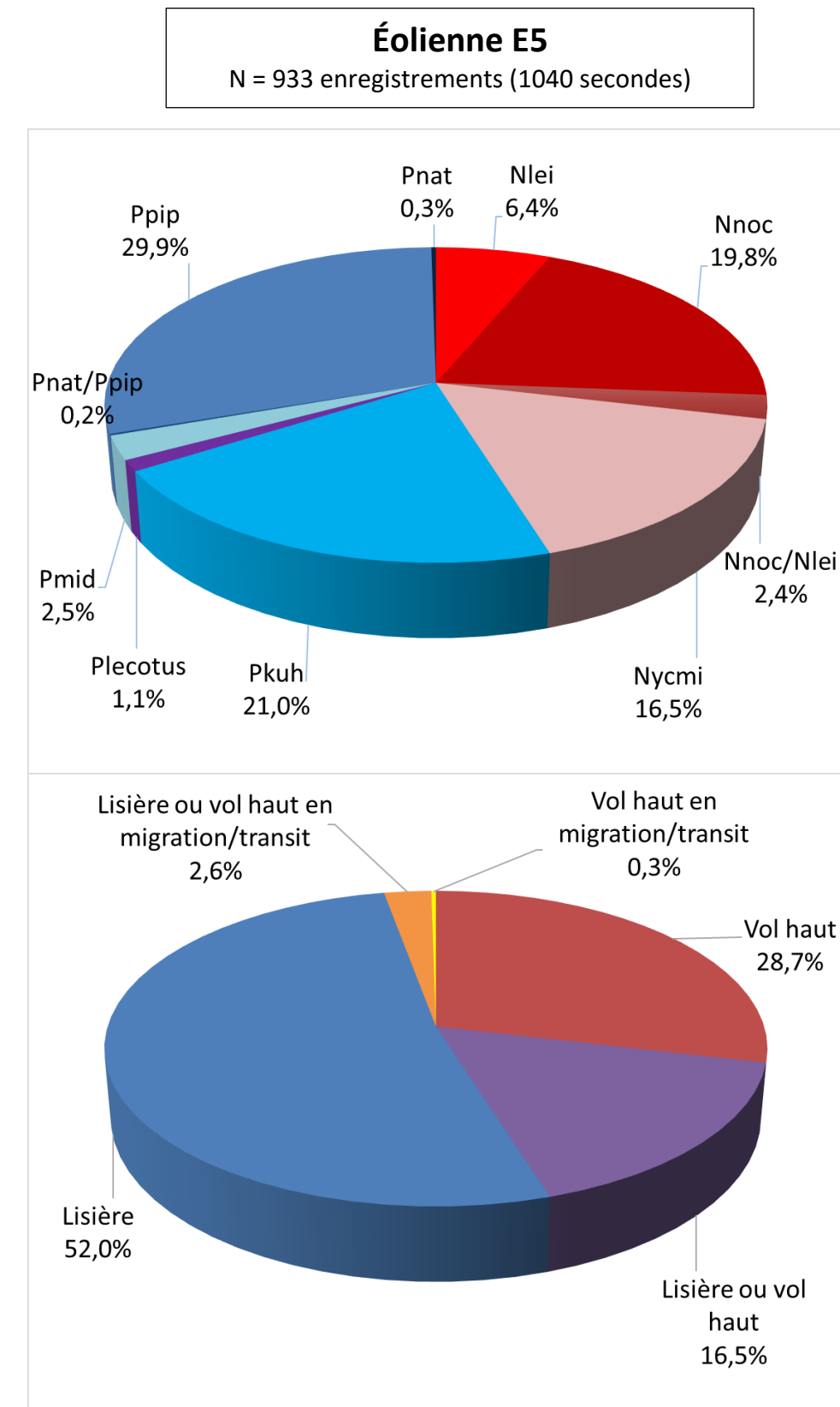
3.3.2 Proportion d'espèces ou de groupes d'espèces

Les graphiques ci-contre détaillent la proportion d'activité relevée en fonction des espèces et groupes d'espèces (graphique du haut) et des groupes de vol (graphique du bas), dans l'activité totale relevée en hauteur en nacelle de l'éolienne E5. **Rappelons toutefois qu'il s'agit ici d'une approche des proportions d'activité spécifique par rapport à l'activité totale.**

En nacelle d'éolienne E5, les espèces ou groupes d'espèces les plus contactés sont la **Pipistrelle commune**, la **Pipistrelle de Kuhl** et la **Noctule commune**, qui représentent respectivement 29,9%, 21% et 19,8% de l'activité totale. Le groupe des **sérotules** (Nycmi) et la **Noctule de Leisler** sont ensuite les espèces ou groupe d'espèces les plus contactées, avec respectivement 16,5% et 6,4%. Les contacts notés en Nycmi (sérotules) et en Nnoc/Nlei (Noctule commune/ Noctule de Leisler) sont aussi susceptibles de correspondre à l'activité de la **Noctule de Leisler** ou à de la **Noctule commune**.

En termes de comportement de vol, le groupe des espèces de lisières est le plus représenté en hauteur avec au moins 52% de l'activité totale, pouvant augmenter à 69%. Les espèces de haut vol sont moins représentées, avec 29%, mais pouvant augmenter à 45% (en tenant compte des contacts Lisière ou Vol haut qui correspondent très probablement à des contacts d'espèces de vol haut). Autrement dit, la moitié de l'activité totale relevée en nacelle correspond à une activité de pipistrelles et l'autre à une activité de noctules.

Figure 15 : Proportion d'activité par groupe d'espèces relevée au niveau du point d'enregistrement en continu sur l'éolienne E5 (En haut détail par espèces, en bas par groupes de vol)



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

La continuité représente la régularité de présence de l'espèce (ou du groupe d'espèces) sur le site tout au long de la période de suivi. Cette perception repose sur l'analyse de données recueillies sur l'enregistreur en continu. Le tableau de la page suivante synthétise cette notion sur l'ensemble du suivi en continu en hauteur (en nacelle d'éolienne E5). Les notions de niveaux d'activité sont aussi représentées au niveau des tableaux, mais elles ne sont pas l'objet principal de ce type d'analyse. Ainsi, une espèce pourra par exemple fréquenter le site d'étude très régulièrement (continuité importante), mais présenter une faible activité.

Ce tableau montre que plusieurs **espèces** sont contactées très régulièrement tout au long de la période d'activité en nacelles d'éolienne E5. Il s'agit de la **Noctule commune**, la **Noctule de Leisler** et de la **Pipistrelle commune**.

En ce qui concerne les espèces de lisière, et notamment la Pipistrelle commune, elles sont contactées régulièrement de mi-mai à mi-octobre. L'activité de la Pipistrelle de Kuhl est cantonnée à la mi-avril et entre mi-juillet et mi-octobre. Mais en tenant compte des contacts identifiés en Pmid (Pipistrelle de Kuhl ou Pipistrelle de Nathusius), correspondant probablement à cette espèce, la présence de la Pipistrelle de Kuhl en hauteur pourrait être plus régulière encore. Quant aux oreillards, ils sont relevés en hauteur uniquement fin septembre.

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

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

Enfin, pour les **espèces de vol haut en migration/transit**, la présence de la Pipistrelle de Nathusius en hauteur a été discriminée avec certitude uniquement en septembre. Les autres contacts sont en recouvrement avec d'autres espèces (Pipistrelle commune et Pipistrelle de Kuhl) et toujours en septembre et octobre. L'espèce pourrait alors fréquenter le site lors de ses déplacements migratoires.

Figure 16 : Tableau de continuité de présence de chaque espèce (ou groupe d'espèces) au cours du suivi en continu en 2023, basée sur les données enregistrées en nacelle d'éolienne E5 (en secondes d'activité moyenne sur 15 jours)
(Mai-2 : seconde quinzaine du mois de mai ; 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				
	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
<u>Lisière</u>		0,2		0,1		0,3		0,3	10,5	2,6	7,6	0,8	13,6		
Pkuh		0,2						0,3			0,6		13,5		
Plecotus												0,8			
Ppip				0,1		0,3			10,5	2,6	7,0		0,1		
<u>Lisière ou vol haut</u>			0,1				0,8	0,3	2,7	2,8	3,9	0,4	0,2	0,1	
Nycmi			0,1				0,8	0,3	2,7	2,8	3,9	0,4	0,2	0,1	
<u>Lisière ou vol haut en migration/transit</u>											0,3		1,5		
Pmid											0,3		1,4		
Pnat/Ppip													0,1		
<u>Vol haut</u>					0,2	0,1	1,6	0,3	6,0	6,3	3,8	1,0	0,1		
Nlei							0,9	0,3	0,8	0,2	1,6	0,5	0,1		
Nnoc					0,2	0,1	0,5	0,1	4,9	5,5	1,6	0,5			
Nnoc/Nlei							0,2		0,3	0,6	0,5	0,0	0,0		
<u>Vol haut en migration/transit</u>											0,2				
Pnat											0,2				
Total général		0,2	0,1	0,1	0,2	0,4	2,4	0,9	19,2	11,7	15,8	2,2	15,4	0,1	

Légende (en secondes d'activité totale sur 15 jours) :					
0 à 2,5	2,5 à 5	5 à 10	10 à 50	50 à 100	> 100

3.3.4 Chronologie de l'activité au niveau de la nacelle d'éolienne E5

Les graphiques des pages suivantes synthétisent la chronologie de l'activité relevée par le Batcorder à hauteur de nacelle (E5), au cours de la période de suivi allant du 13 avril au 03 novembre 2023. Les résultats sont décomposés par espèce ou groupe d'espèces. L'analyse synthétique de ce type d'histogramme est délicate dans la mesure où elle peut se faire selon diverses approches complémentaires :

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

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

Les niveaux d'activité présentés dans les graphiques suivant se basent sur la grille de hiérarchisation de l'activité chiroptérologique, basée sur l'expérience EXEN (cf. 3.1.4 Référentiel de niveau d'activité page 15).

L'activité mesurée en hauteur au niveau de l'éolienne E5 peut être qualifiée de **modérée** en moyenne sur la période suivie.

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

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

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

En nacelle d'éolienne E5, les premiers contacts sont relevés la nuit du 27 avril, puis celle du 05 mai. Ce sont les deux seules nuits d'activité pour cette période. Il s'agit de contacts de Pipistrelle de Kuhl et de sérotules (Nycmi). Aucune activité n'est relevée en nacelle entre le début du suivi (13 avril) et ces premiers contacts. Ce constat peut être mis en lien avec les conditions météorologiques rudes au niveau du parc, à cette période de l'année (vents moyens de 6 m/s la nuit, températures régulièrement froides, en moyenne 9,4 °C).

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

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

Dans le cas présent, l'activité chiroptérologique est effectivement plus récurrente, mais elle reste toujours très hétérogène, avec une nuit de pic (le 13 août) de niveau fort, et la nuit suivante, une activité de niveau modéré par exemple. L'activité est quasi-nulle de mi-mai à mi-juin. Ensuite, les conditions météorologiques relevées en hauteur sont favorables pour les chiroptères (vents moyens de 5,8 m/s, température moyenne par mois supérieure à 17°C), ce qui peut expliquer ce constat.

En termes de cortège d'espèces, les espèces de lisières sont contactées de façon ponctuelle, tandis que l'activité des espèces de vol haut sont contactées plus régulièrement sur toute la période.

- **Zoom sur la nuit de pic d'activité du 13 août 2023**

D'après le référentiel EXEN, le pic d'activité du 13 août est d'un **niveau fort** (143,4 secondes d'activité relevées, soit presque 14% de l'activité totale). Celui-ci se caractérise par une activité importante de Pipistrelle commune. Quelques contacts de sérotules (Nycmi) ont été relevés en moindre mesure, avec une activité faible. Durant ce pic, l'activité a été relevée par des vitesses de vent entre 1,7 et 3,9 m/s et par des températures moyennes de 21°C, soit des conditions météo favorables pour les chiroptères. Il s'est exprimé entre 22h et minuit.

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

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

A hauteur de nacelle d'E5, l'activité des chauves-souris est toujours hétérogène mais beaucoup plus récurrente qu'en été. L'activité des espèces de vol haut est très régulière sur toute la période alors qu'elle est plus ponctuelle (sous formes de pics) pour les espèces de lisière.

A partir de mi-octobre, l'activité s'amenuise, ce qui peut être mis en lien avec des conditions météorologiques moins favorables (vents plus importants et températures plus fraîches). Le dernier contact pour cette période (et plus généralement pour toute la période de suivi) est relevé le 22 octobre. Il s'agit de contacts de sérotules (Nycmi) avec une activité très faible.

- **Zoom sur la nuit de pic d'activité du 19 août 2023**

D'après le référentiel EXEN, le pic d'activité du 19 août est d'un **niveau fort** (107 secondes d'activité, soit environ 10% de l'activité totale). Celui-ci se caractérise par une activité importante de Noctule commune.

Des activités de Pipistrelle commune, de Noctule de Leisler, de Noctule commune/Noctule de Leisler et de sérotules (Nycmi) ont été relevés en moindre mesure. Durant ce pic, l'activité a été relevée par des vitesses de vent entre 0,7 et 2 m/s et par des températures situées entre 22°C et 24°C, soit des conditions météo favorables pour les chiroptères. Il s'est exprimé entre 22h et 4h, avec la majorité de l'activité relevé à 22h. Plusieurs séquences d'approche et de buzz ont été relevés, témoignant d'une activité de chasse de la Noctule commune.

- **Zoom sur la nuit de pic d'activité du 09 octobre 2023**

D'après le référentiel EXEN, le pic d'activité du 09 octobre est d'un **niveau très fort** (207 secondes d'activité, soit environ 20% de l'activité totale). Celui-ci se caractérise par une activité importante de Pipistrelle de Kuhl. Des activités de Noctule de Leisler, de Noctule commune/Noctule de Leisler, de sérotules (Nycmi) et de Pipistrelle de Nathusius/Pipistrelle commune ont été relevés en moindre mesure. Durant ce pic, l'activité a été relevée par absence de vent et par des températures situées entre 21°C et 24°C, soit des conditions météo très favorables pour les chiroptères. Il s'est exprimé entre 20h et 22h, avec la majorité de l'activité relevé à 20h.

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

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

Le suivi s'arrêtant le 03 novembre et ayant commencé le 13 avril, la période hivernale n'est pas vraiment bien représentée ici (seulement 3 jours) et aucun contact n'a été relevé pendant ces 3 jours. Mais il s'agit de toute façon d'une période d'activité très réduite pour les chiroptères, compte tenu de leur cycle biologique.

Figure 17 : Graphique de la chronologie de l'activité (en secondes d'activité cumulée par nuit) par espèce ou groupe d'espèces relevés en nacelle d'éolienne E5

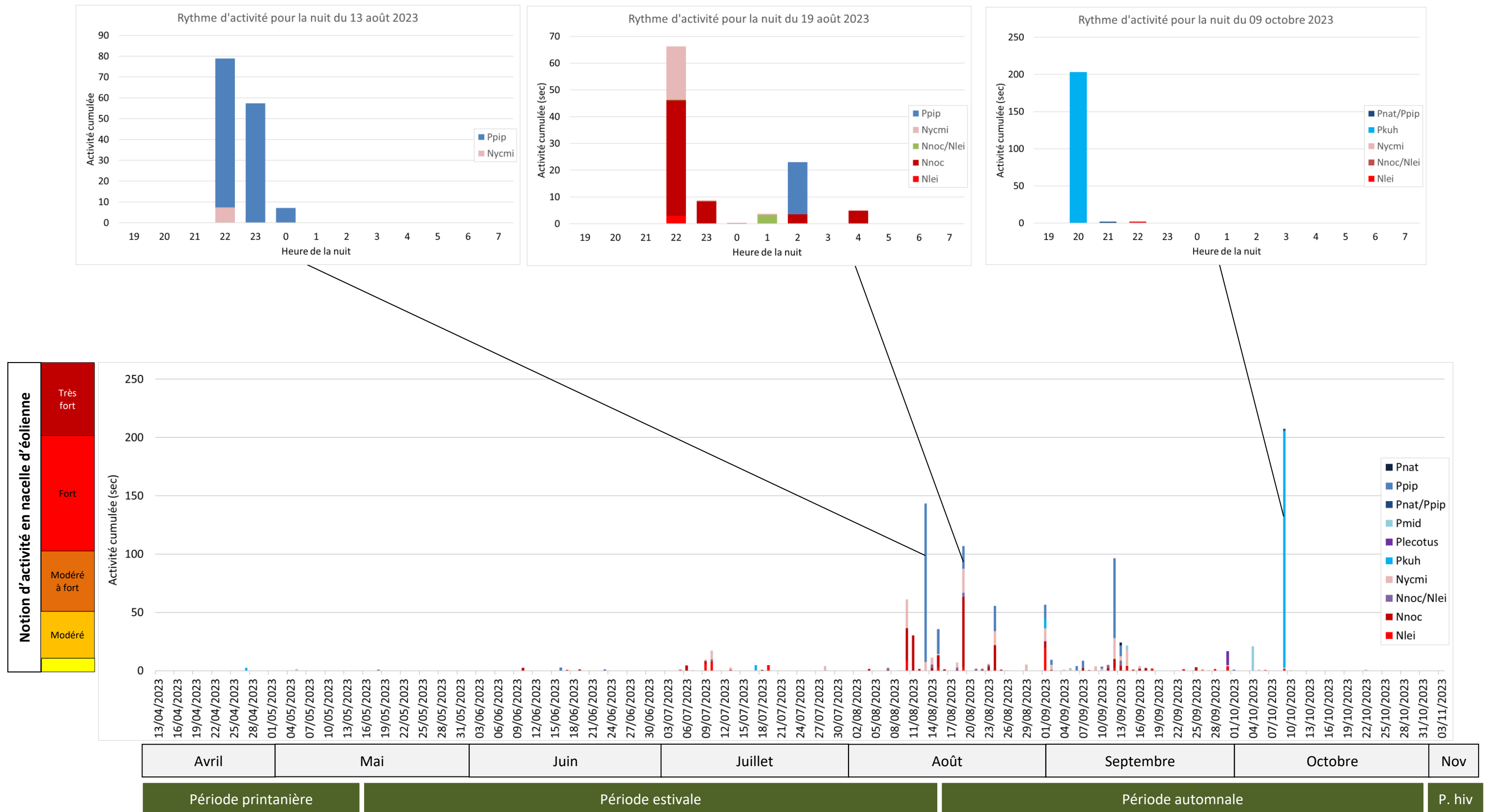
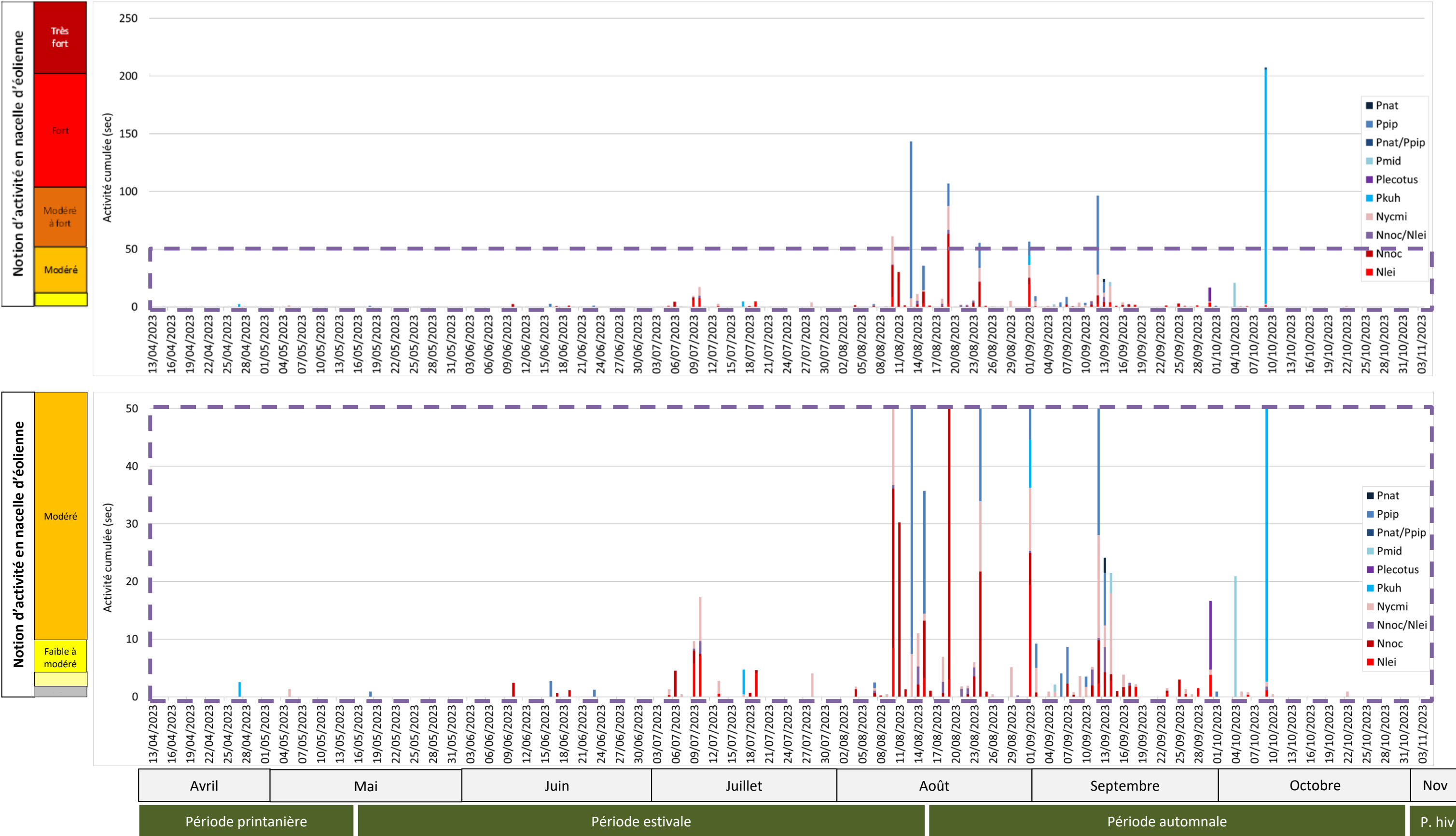


Figure 18 : Zoom sur la chronologie de l'activité par espèce ou groupe d'espèces relevés en nacelle d'éolienne E5, avec adaptation de l'axe des ordonnées



3.3.5 Influence des conditions météorologiques

3.3.5.1 Influence de la vitesse du vent

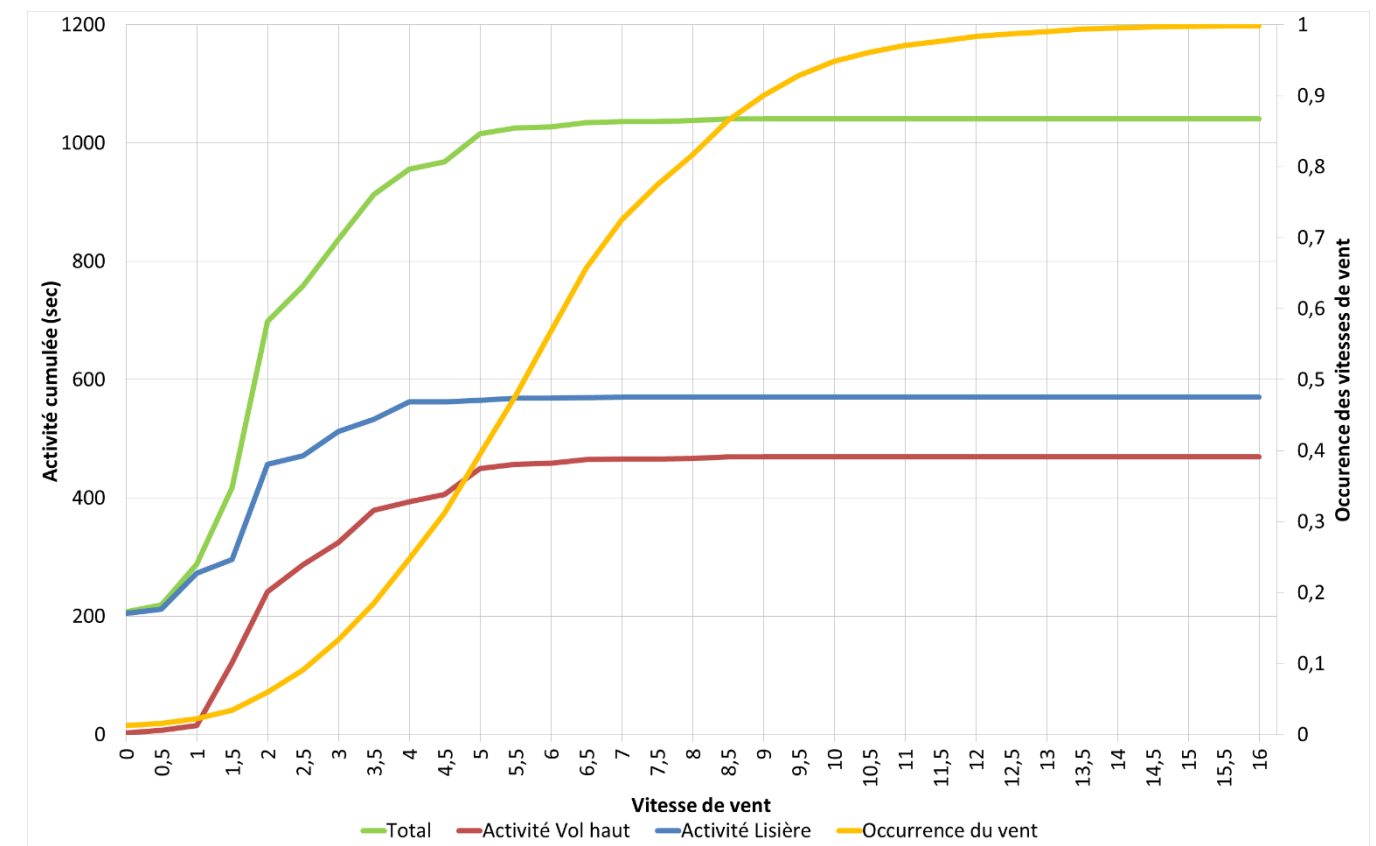
Le principal paramètre avancé à ce jour comme facteur d'influence de l'activité des chauves-souris est la vitesse du vent. L'expérience montre en effet que l'activité des chauves-souris chute de façon corrélée avec l'augmentation de la vitesse du vent. Cela s'explique surtout par le fait que les vents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

Dans notre cas précis, le graphique ci-contre montre que la totalité de l'activité des espèces de lisières a eu lieu pour des vitesses de vent inférieures à 7 m/s, mais la plupart de l'activité a été relevée par des vents bien plus faibles (environ 4 m/s). Pour les espèces de haut vol, la totalité de leur activité a eu lieu pour des vitesses de vent inférieures à 8,5 m/s. De même, la plupart de l'activité a été relevée par des vents plus faibles (inférieurs à 5 m/s).

En nacelle d'E5, 93 % de l'activité totale des espèces a été enregistrée pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 4,5 m/s.

Pour rappel, lors des nuits de pics, les chauves-souris ont volé par des vents variants entre 0 et 3,9 m/s.

Figure 19 : Corrélation inverse entre la vitesse du vent et l'activité cumulée des chauves-souris au niveau de l'éolienne E5 (sur la base des données relevées en 2023 par le Batcorder)



3.3.5.2 Influence de la direction du vent

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

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

D'après le graphique de la figure ci-contre, **l'activité totale** est généralement plus importante par vent de nord-est et d'est, et plus faiblement par vent d'ouest, de sud-ouest et de sud. **La distinction de l'activité de pics avec l'activité « régulière » (hors pics)** montre également que les chauves-souris ont été actives surtout par vent de nord-est et d'est, et beaucoup moins par vent de d'ouest, de sud-ouest ou de sud.

Les **vents dominants** sur le site proviennent majoritairement du sud-ouest puis du nord-est, de l'est et de l'ouest. Ils correspondent d'une manière générale avec les directions où l'activité est importante, sauf pour la direction Sud-Ouest. En effet, on notera une faible activité par vents de sud-ouest alors que l'occurrence de vents dans cette direction est la plus élevée. Cela pourrait indiquer **une influence négative de la direction sud-ouest sur l'activité des chauves-souris**. Dans ce cas précis, l'analyse de la vitesse moyenne de vent relevée pour cette direction démontre que les vents en provenance du sud-ouest présentent les **moyennes de vitesse de vent les plus fortes** (7,6 m/s), ce qui pourrait induire ces activités moins importantes dans cette direction (voir Figure 21).

Figure 20 : Graphique présentant l'occurrence de chaque direction du vent (en haut à gauche), l'activité chiroptérologique totale (en haut à droite), l'activité régulière (en bas à gauche) et l'activité de pics (en bas à droite) relevés en nacelle d'éolienne E5

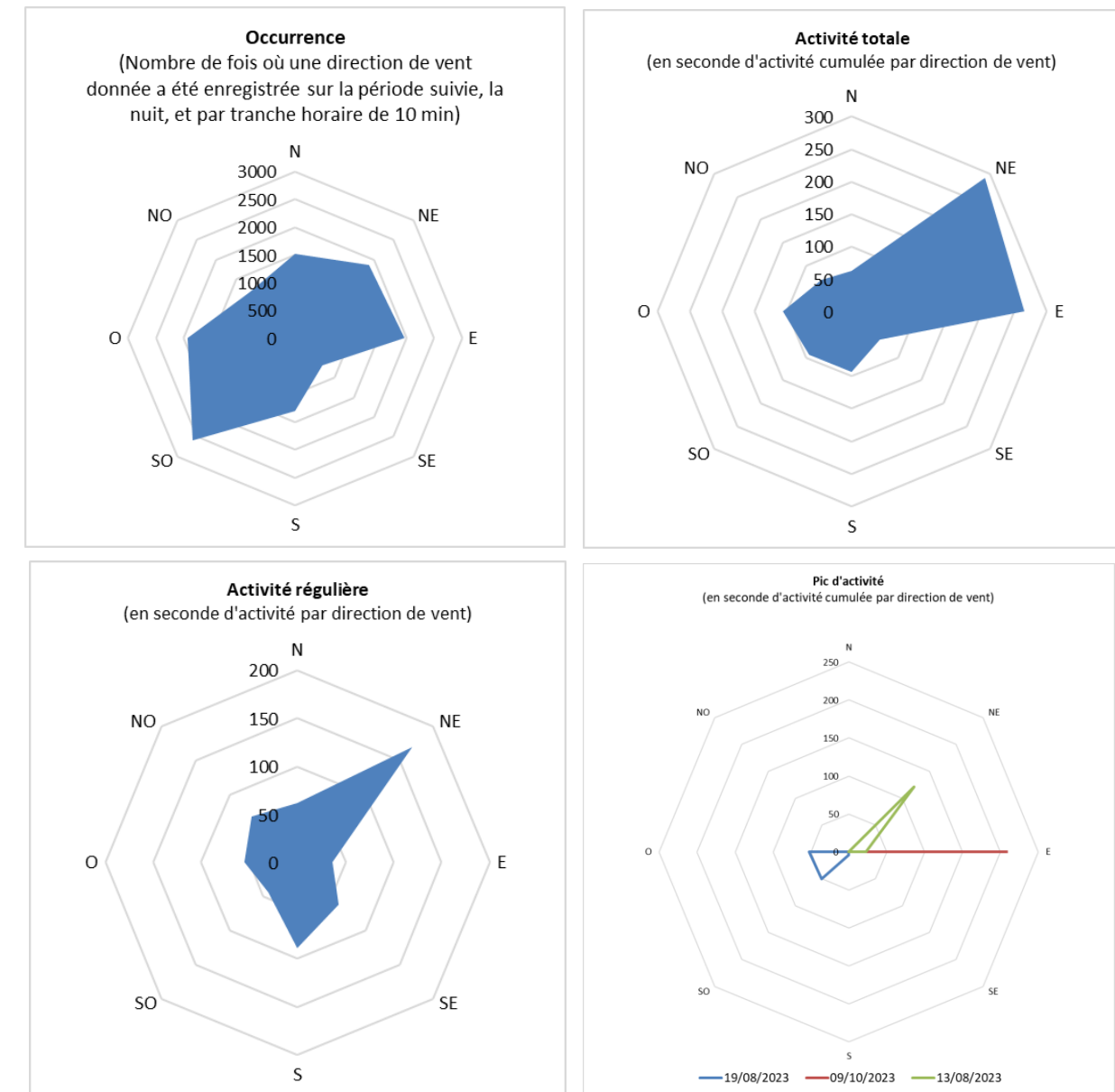


Figure 21 : Vitesse de vent moyenne relevée la nuit (en m/s) sur la période suivie en fonction des directions du vent et de leur occurrence au niveau de l'éolienne E5

Direction du vent	Vitesse de vent moyenne (en m/s)	Occurrence
E	5,4	1965
O	6,0	1925
NO	5,1	1171
N	5,4	1524
NE	5,9	1869
S	6,2	1311
SO	7,6	2601
SE	4,3	686
Total	6,0	13052

3.3.5.3 Influence de la température

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

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

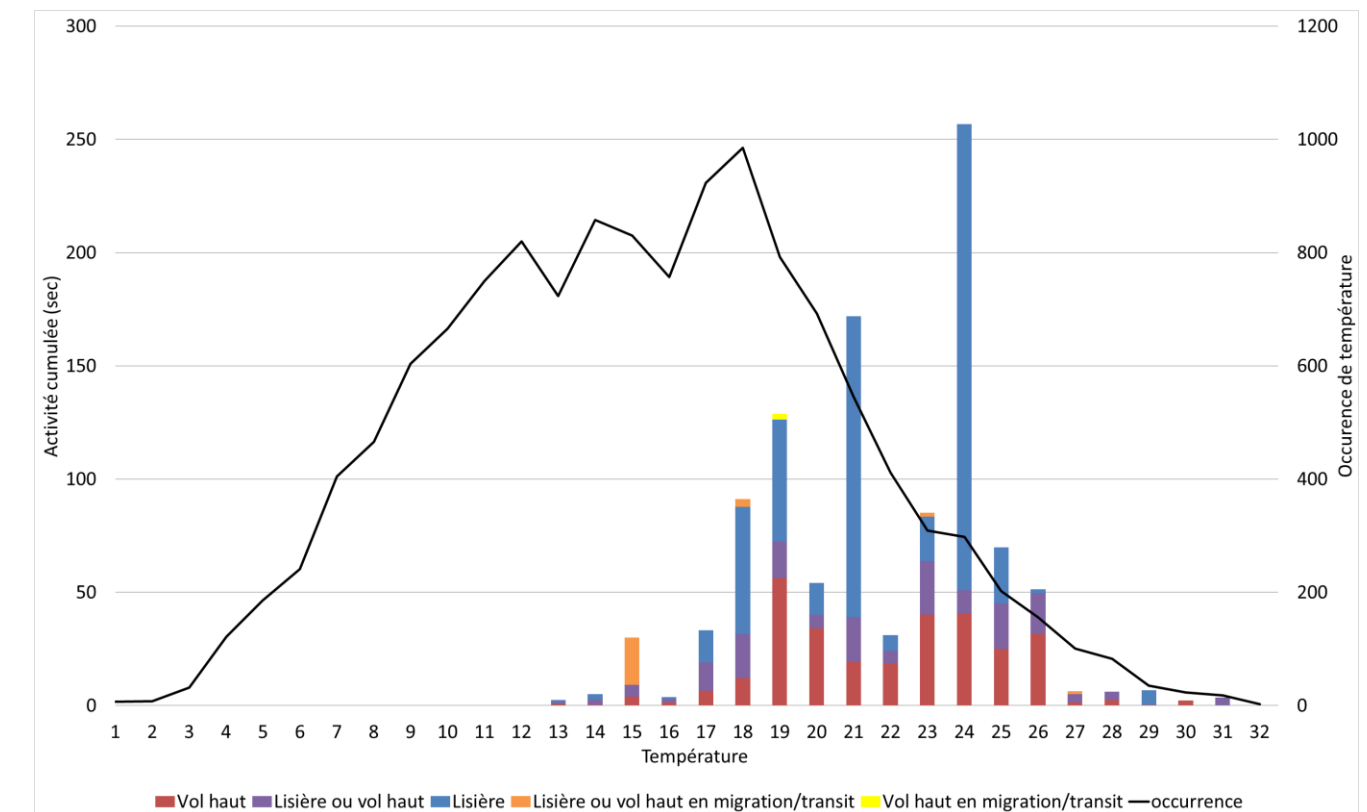
- Dans le cas d'une activité aucunement liée à la température, la forme des représentations sera similaire,
- Dans le cas d'une activité liée à certaines valeurs de température (les chiroptères sont connus pour avoir une activité plus faible par température basse), les deux représentations auraient alors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

Les niveaux d'activité relevés par température sont plutôt en dent de scie pour l'éolienne E5. Ce constat est à mettre en lien avec la très forte activité relevée les nuits de pics du 13 et 19 août ainsi que du 09 octobre, par des températures comprises entre 21 et 24°C.

L'activité chiroptérologique est relevée **entre 13°C et 31°C en nacelle d'éolienne E5**. Au niveau du site, les températures de 12 à 19°C sont celles qui sont le plus souvent relevées, mais ce ne sont pas les températures pour lesquelles l'activité est la plus importante. En effet, les chauves-souris ont été plus actives par des températures plus élevées mais moins fréquentes sur le site (entre 18 et 26°C).

En pourcentage d'activité, **96%** de l'activité des chauves-souris s'effectue pour des températures supérieures à **17°C**.

Figure 22 : Décomposition de l'activité cumulée des chauves-souris en hauteur au niveau de l'éolienne E5 en fonction de la température relevée sur cette même éolienne et en parallèle des enregistrements d'activité



3.3.6 Rythme d'activité nocturne

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

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

On note cependant pendant le mois de septembre, sur 4 nuits différentes, une faible activité de *Noctule commune* (1% de l'activité totale) relevée avant le coucher du soleil et jusqu'à 15 min après le coucher. Cette activité pourrait peut-être correspondre à une sortie de gîtes proche, la période correspondant à la phase de migration pour cette espèce (elle est donc active dès le début de la nuit, parfois même en journée, pour migrer). Aucun gîte de noctules communes n'est actuellement connu à proximité du site.

La totalité de l'activité est relevée entre avant le coucher du soleil et 45 minutes avant le lever du soleil en nacelle E5, sachant que **97% de l'activité est relevée entre 1h après le coucher du soleil et 1h avant le lever du soleil.**

Figure 23 : Décomposition de l'activité totale enregistrée (en seconde d'activité cumulée) en fonction de l'écart avec le lever ou le coucher du soleil et par groupe de vol (sur la base des données relevées en nacelle d'éolienne E5 en 2023)

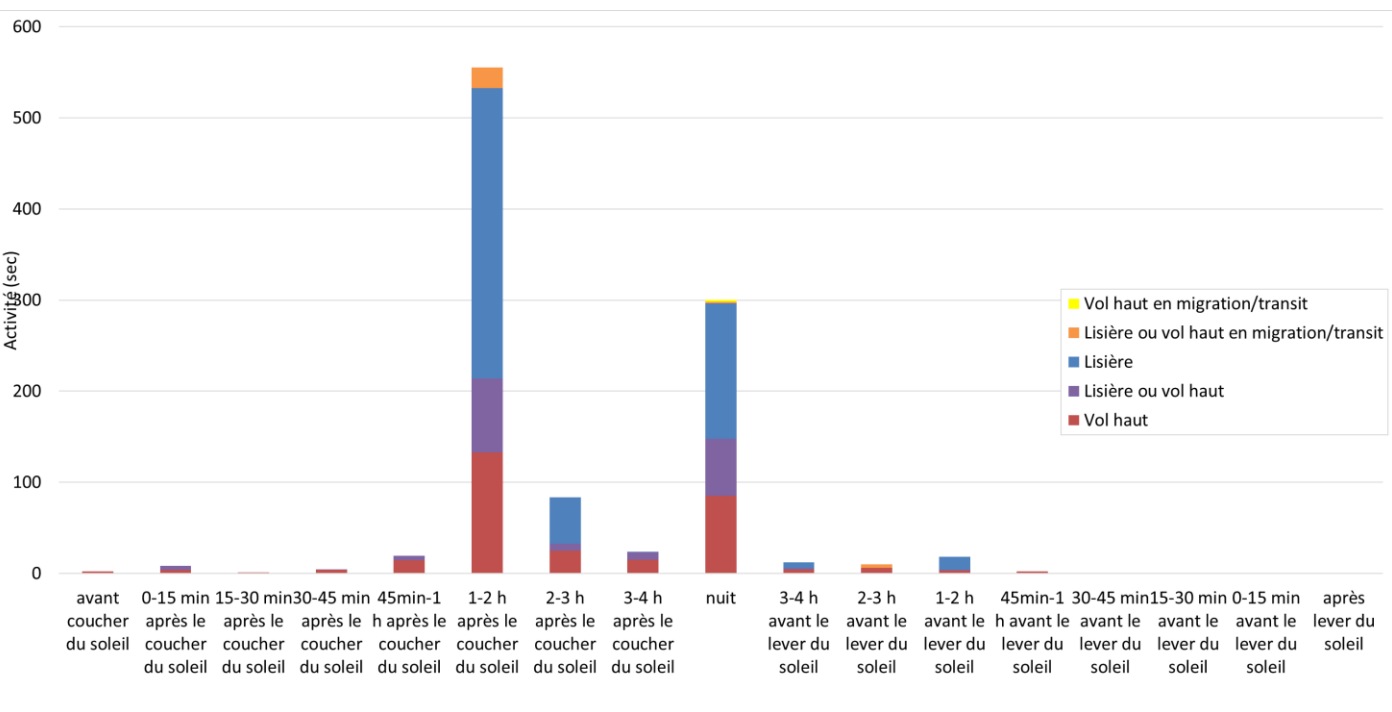
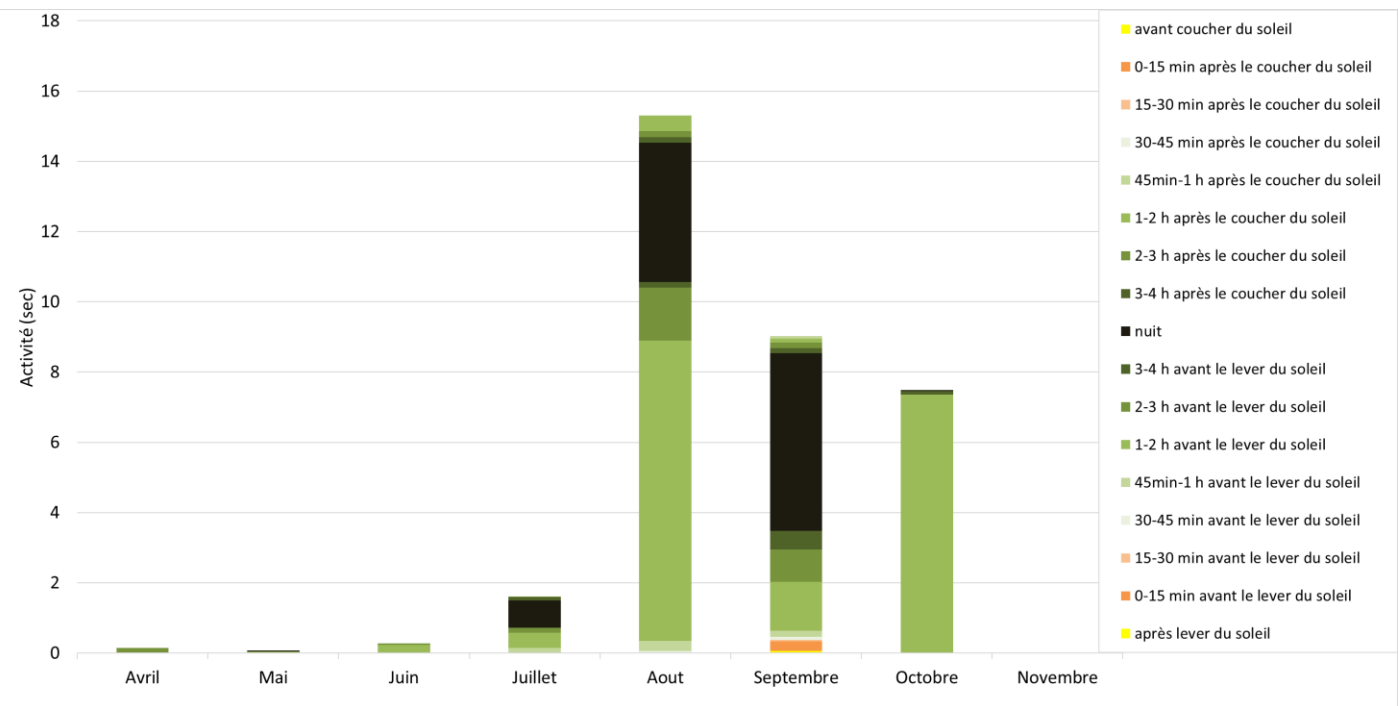


Figure 24 : Décomposition de l'activité moyenne enregistrée (en seconde d'activité cumulée moyenne par nuit) en fonction de l'écart avec le lever ou le coucher du soleil, du mois suivi et par groupe de vol (sur la base des données relevées en nacelle d'éolienne E5 en 2023)



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

4.1 Objectifs du suivi de la mortalité

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

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

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

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

De façon plus générale, idéalement, les résultats du suivi de la mortalité doivent être analysés en parallèle des résultats d'activité des chauves-souris. Le tableau de synthèse général des données brutes de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux retrouvés lors du suivi 2023 est présenté en Annexe 4.

4.2 Méthodologie

4.2.1 Choix d'une méthode standardisée

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

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

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

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

4.2.2 Choix des périodes de suivis et fréquence des visites

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

Dans le cas présent, le parc de Binas est en service depuis 2014. Le suivi post-implantation obligatoire lors de la 10^{ème} année d'exploitation a été réalisé en 2023. C'est dans ce cadre que le bureau d'études EXEN a été mandaté pour mettre en œuvre un suivi classique, conforme au protocole 2018, entre la semaine 20 et la semaine 43.

Finalement, le suivi aura été mené sur la base de **24 visites entre mi-mai et fin octobre 2023** avec la fréquence d'une visite par semaine. Sur la période, 2 tests de détection et de prédation ont été réalisés pour pouvoir calculer les taux de mortalité.

Figure 25 : Calendrier prévisionnel du suivi de la mortalité en 2023

					Février 2023				Mars 2023				Avril 2023				Mai 2023				Juin 2023				Juil. 2023				Août 2023				Sept. 2023				Oct. 2023				Nov. 2023				Dec. 2023																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Mortalité	Nombre de visites ciblées sur le suivi de la mortalité oiseaux et chauves souris																1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														

4.2.3 Choix des éoliennes suivies

Conformément au protocole de suivi environnemental des parcs éoliens (révision de 2018), toutes les éoliennes doivent être prospectées pour un parc de 8 éoliennes et moins. Le parc de Binas étant composé de 5 éoliennes, elles ont donc toutes été prospectées.

Par expérience, la mortalité pouvant être hétérogène d'une éolienne à une autre au sein d'un même parc, il est d'autant plus judicieux de suivre les 5 éoliennes. Ces dernières sont nommées BIN01, BIN02, BIN03, BIN05 et BIN06 dans cette partie.

4.2.4 Organisation des parcours de prospection

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

Les carrés de prospection sont définis pour faire en sorte qu'une surface d'un rayon d'au moins 50 m autour des mâts des éoliennes soit couverte, correspondant à la majorité de la zone de survol des pales (rotor de 82m de diamètre ici). Cette surface est aussi conforme avec les prescriptions nationales du protocole de suivi environnemental publié en avril 2018.

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

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

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

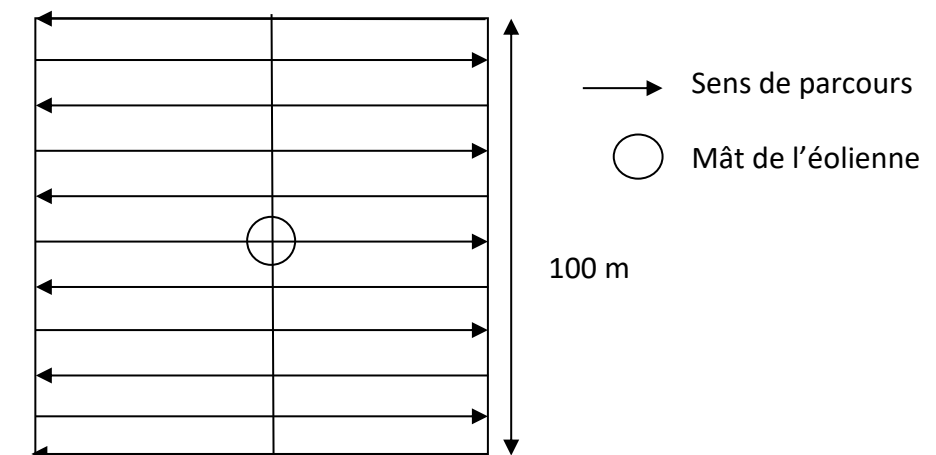
La durée de prospection sous une éolienne pour 100 % de prospection du carré (1 hectare) est d'environ 30 min. Pour une zone de prospection correspondant à 50 % du carré, la durée de prospection sera

proportionnelle, soit d'environ 15 min. Il convient donc d'adapter son allure à cette durée de prospection faisant référence pour l'ensemble des observateurs afin de limiter le biais « observateur » au maximum.

Les prospections se font 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).

Figure 26 : Schéma représentatif du transect de prospection théorique



Les périmètres de prospection de 1 ha sont découpés en plusieurs polygones selon les éléments visibles sur orthophoto (accès, prairie, boisement, etc). Tout au long de la période de suivi, il est noté pour chacun de ces secteurs le niveau de prospection, afin de prendre en compte la difficulté de prospection sous chaque éolienne suivie. Ainsi, l'évolution de la hauteur de végétation est prise en compte dans l'estimation des mortalités réelles.

Certaines zones ne sont pas prospectées (zones non prospectables). Ces surfaces non prospectées sont alors évaluées pour prendre en compte ce biais au niveau des calculs du taux de mortalité via le coefficient surfacique.

Les surfaces prospectées au cours des suivis par rapport aux surfaces totales à prospecter (1 ha par éolienne) sont aussi prises en compte dans le calcul du coefficient surfacique. La figure page suivante propose de visualiser les surfaces prospectées et celles non prospectées en tenant compte du nombre de fois où chaque secteur a été suivi sur toute la campagne (pourcentage de prospection).

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



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

4.2.5 Recueil des données et destination des cadavres

Pour chaque visite effectuée, plusieurs éléments sont renseignés : la date de la visite, les initiales du prospecteur, les heures de début et de fin de recherche, les conditions météorologiques et de visibilité, le type d'assolement et l'état de la végétation pour chaque éolienne, la présence ou non de facteurs d'attractivité (tas de fumier/de graine, eau stagnante, lumière allumée) ... La fiche type de saisie de données de terrain est présentée en Annexe 3. 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 la carte de terrain et les coordonnées Lambert 93 sont relevées. Le cadavre est photographié in situ, avant récolte. Pour éviter les risques de confusion, chaque cadavre est répertorié avec un code d'identification unique et est placé dans un sac de congélation individuel.

Le bureau d'études EXEN bénéficiant d'une autorisation pour le prélèvement et le transport d'espèces protégées, tous les cadavres sont prélevés et conservés dans un congélateur. Les cas de mortalité retrouvés (cadavres ou plumées) sont identifiés dans la foulée par les chiroptérologues et ornithologues d'EXEN. Cette organisation permet d'ailleurs d'être réactif et rédiger un rapport d'incident, si nécessaire.

Concernant les chiroptères, la phase de détermination se fait 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. 2018...)). Bien sûr, l'identification se fait 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...) comme en témoigne la figure ci-contre.

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), Featherbase (<https://www.featherbase.info/fr/home>)).

Dans la mesure du possible, au-delà de l'espèce, d'autres données sont relevées concernant l'âge/le stade, les indices de reproduction, le sexe, l'état de décomposition et les traces de blessure ou de barotraumatisme de l'individu découvert.

Le tableau de synthèse général des données brutes de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux retrouvés lors du suivi de la mortalité en 2023 est présenté en Annexe 4.



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.

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

- entre 0 (cas d'un animal tombé la nuit précédant la visite) et 7 jours (1 visite par semaine),
- parfois plus pour les cadavres qui n'auraient été trouvés qu'après plusieurs passages des 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 :
 - o 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.
 - o 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.
 - o 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 fousisseurs tels que le Bouclier sinué (*Thanatophilus sinuatus*) intervenant au stade de putréfaction (digestion extra orale des cadavres) ou du Nécrophore chasseur (*Nicrophorus investigator*) qui creuse des galeries sous les cadavres et les enterre progressivement. L'état d'avancement de l'enfouissement précise aussi un délai de plusieurs heures (ou jours).
- et l'analyse comparative que nous pouvons faire du processus de décomposition des cadavres tests dispersés sur le site et suivis au cours des sessions de test de la campagne de suivi.

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

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



4.2.6 Détermination des coefficients correcteurs

4.2.6.1 Organisation générale

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

- L'efficacité de recherche du chercheur d'une part (« **taux de détection** »),
- Et au temps que la faune nécrophage met à faire disparaître le cadavre d'autre part (« **taux de persistance** »).

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

Deux sessions de détermination de ces coefficients correcteurs ont été réalisées au cours de la campagne de suivi : le 16 mai et le 8 août 2023.

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

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

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

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

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

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

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



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



Il faut être 2 personnes pour réaliser les tests, c'est-à-dire une personne qui disperse les peluches (« disperseur ») et une autre qui les recherche par la suite (« chercheur »). Le disperseur va les positionner sur la zone test. Evidemment, le chercheur n'est pas présent sur la zone au moment de la

dispersion. Les limites de la zone test correspondent aux carrés de prospection. Les peluches sont dispersées sur l'ensemble du carré et dans les différents types de végétation. Le disperseur note alors sur carte de terrain la position de chaque peluche en précisant le code affecté à celle-ci (« G1 » pour première peluche de grande taille, « P2 » pour seconde peluche de petite taille ...).

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

4.2.6.3 Test de prédation (ou « test de persistance »)

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

Deux tests de persistance sont effectués au cours du suivi de la mortalité, répartis sur des saisons différentes (16 mai et 8 août).

20 leurres (15 poussins + 5 cailles/pigeons) 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 et des cailles ou pigeons 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. Entre 3 et 5 leurres par éolienne sont déposés sous les éoliennes du parc.

Une fois les leurres déposés, leur persistance est suivie par des passages répétés sur site.

Les visites retour-tests sont réalisées de la façon suivante : une visite le lendemain de la dispersion des cadavres, puis 2 fois par semaine, jusqu'à disparition des leurres.

4.2.7 Calculs

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

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

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

4.2.7.1 Les formules utilisées

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

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

▪ Erickson (2000)

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

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

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

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

C : Le nombre de cadavres comptés,

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

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

a : Coefficient de correction surfacique.

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

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

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

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

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

C : Le nombre de cadavres comptés,

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

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

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

a : Coefficient de correction surfacique.

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

▪ Jones (2009)

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

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

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

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

D'où :

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

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

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

C : Le nombre de cadavres comptés,

a : Coefficient de correction surfacique,

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

$\hat{I}$: Intervalle effectif,

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

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

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

▪ Huso (2010)

Comme Jones, Huso considère une mortalité constante sur l'intervalle et que la probabilité de disparition au point moyen de l'intervalle, n'est pas égale à la probabilité moyenne de persistance d'un cadavre. Le coefficient proposé est plus élevé : $p = \frac{tm \times (1 - e^{-I/tm})}{I}$

D'où :

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

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

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

C : Le nombre de cadavres effectivement découverts,

a : Coefficient de correction surfacique,

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

$\hat{I}$: Intervalle effectif,

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

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

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

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

4.2.7.2 EolApp (Besnard et Bernard, 2018)

L'application web Shiny « EolApp » proposé par le CEFCE-CNRS (A. Besnard & C. Bernard) pour estimer la mortalité réelle sur site est aussi utilisé. 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.

4.2.7.3 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 des intervalles de confiance à 80 % ou 95 % pour les estimations de mortalité ainsi obtenues.

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

4.2.8 Evaluation des impacts du parc éolien de Binas

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

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

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

Figure 32 : Grille de calcul pour la définition du risque d'occurrence de la mortalité (Sensibilité*Nombre de 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
	2	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré à fort
	3	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort
	4	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Fort
	5	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort
	6	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Très fort
	7	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort
	8	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort	Très fort +
	9	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort	Très fort	Très fort +
	10	Fort	Fort	Très fort	Très fort	Très fort +	Très fort ++
	11	Fort	Très fort	Très fort	Très fort +	Très fort +	Très fort ++

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

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

4.3 Bilan de la mortalité des chauves-souris

4.3.1 Bilan des mortalités par éolienne

Au cours de la campagne de suivi menée entre le 16 mai et le 24 octobre 2023, **1 cadavre de chauve-souris** fut retrouvé sous l'éolienne BIN06 du parc de Binas. Cela représente une moyenne de 0,2 chauve-souris découverte par mois pour l'ensemble du parc éolien (5 éoliennes).

Il s'agit d'une **Noctule commune (*Nyctalus noctula*)** retrouvée le 22 août sous l'éolienne BIN06. Le cadavre a été retrouvé sec, avec uniquement la peau, les os et la chair sèche. Les organes ont été dégradés. Il est possible que la mortalité ait eu lieu la nuit suivante de la précédente visite de mortalité : le 15 août 2023. Ce cas de mortalité a fait l'objet d'un rapport d'incident rédigé le 09/11/2023 et transmis à la DREAL. L'espèce n'avait pas été retrouvée sous les éoliennes en 2018 par Ecosphère, mais elle avait été contactée au sol (lors des points d'écoute et transects routiers).

La Noctule commune est protégée au niveau national. Classée en Préoccupation mineure à l'échelle mondiale et européenne, elle est considérée comme Vulnérable en France et Quasi menacée en région Centre-Val de Loire. Elle est aussi une espèce prioritaire du Plan National d'Actions (PNA) chiroptères (2016-2025) et une espèce PNA à forte pression liée à l'éolien. De part tous ces éléments, **la valeur patrimoniale de l'espèce est jugée Modérée à forte.**

Les données de suivi d'activité en nacelle d'éolienne en 2023 ont pu montrer que la présence de l'espèce en altitude a été plus régulière et plus importante sur cette période de l'année (activité concentrée en août et potentiellement en septembre). Pour rappel, le pic d'activité du 19 août (d'un niveau fort - 107 secondes d'activité cumulée) s'est caractérisé par une activité importante de noctules communes, actives par des vitesses de vent entre 0,7 et 2 m/s et par des températures situées entre 22°C et 24°C. Plusieurs séquences d'approche et de buzz ont été relevés au cours de ce pic, témoignant d'une activité de chasse de l'espèce. Sur les 10 nuits précédant la découverte du cadavre, les noctules communes ont été actives par vents situés entre 0,5 et 6,5 m/s avec une majorité de l'activité relevée entre 0,5 et 2 m/s et par des températures situées entre 18 et 28°C, soit des conditions optimales pour l'activité de chasse d'insectes.

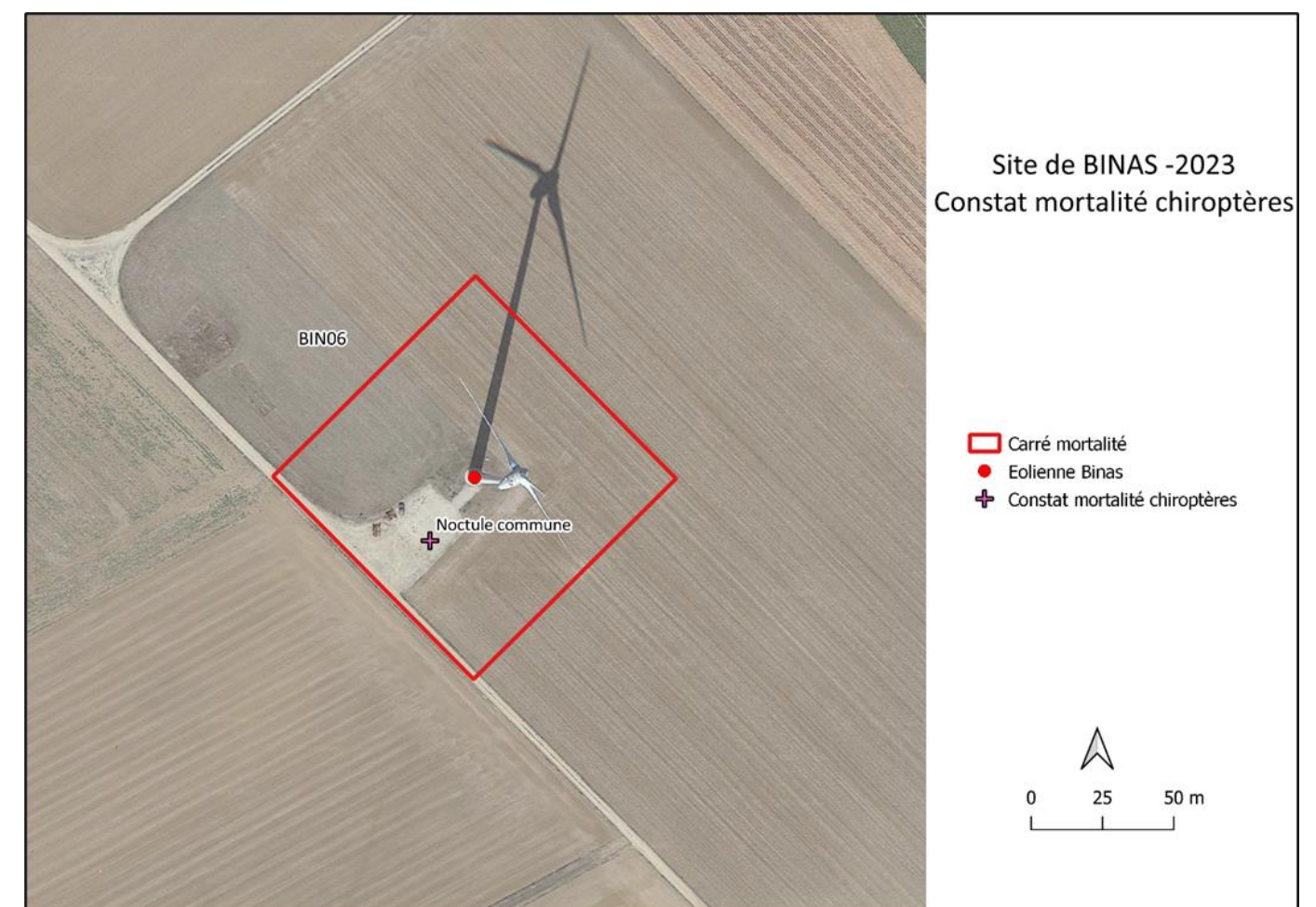
Ainsi, il est possible que l'impact ait eu lieu lors de comportements de chasse/transit en hauteur, l'espèce volant préférentiellement en plein ciel. Aucun cri social n'a été relevé, mais l'hypothèse d'un impact lors de comportements sociaux (pariade à cette période de l'année) n'est pas écartée. Enfin, la Noctule commune est une espèce migratrice qui, à cette époque de l'année, a pu aussi être impactée lors de sa migration automnale.

La carte suivante permet de localiser le constat de mortalité effectué lors de la campagne de terrain 2023. Ce constat a eu lieu à environ 24 mètres au sud du pied de l'éolienne BIN06, sur la plateforme en graviers.

Figure 34 : Cliché du cadavre de Noctule commune retrouvé le 22 août sous BIN06



Figure 35 : Localisation du cas de mortalité de Noctule commune sous l'éolienne BIN06 en 2023



4.3.2 Taux de mortalité des chauves-souris

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

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

4 niveaux de difficulté de prospection ont donc été créés :

- Niveau 1 : très facilement prospectable (gravier, chemin d'accès, ...),
- Niveau 2 : facilement prospectable (végétation éparse 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 0,4 hectare (0,6 hectare correspond à du boisement et n'est donc pas prospecté) et que sur ces 0,4 hectares, 0,2 hectares correspond à du type 1 et 0,2 hectares correspond à du type 2, nous aurons alors prospecté 50% en type 1, 50% en type 2 et 0% en type 3 (soit un total de 100% de 0,4 hectare prospectable).

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

Figure 36 : Tableau récapitulatif des proportions (%) de chaque niveau de difficulté de prospection parmi les secteurs prospectables et de la mortalité constatée pour chaque visite (en fin de tableau : moyenne des proportions de chaque niveau de difficulté de prospection sur la période de suivi et nombre total de chauves-souris retrouvées)

Date des visites	Végétation			Mortalité chauves-souris
	Type 1	Type 2	Type 3	
16-mai	5,96	86,75	7,28	
23-mai	5,96	84,11	9,93	
30-mai	0,00	97,04	2,96	
6-juin	0,00	67,44	32,56	
13-juin	0,00	47,57	52,43	
20-juin	0,00	31,40	68,60	
27-juin	0,00	56,98	43,02	
4-juil.	0,00	30,37	69,63	
11-juil.	1,61	23,29	75,10	
18-juil.	0,00	11,21	88,79	
25-juil.	0,00	11,21	88,79	
1-août	0,00	32,13	67,87	
8-août	0,00	31,38	68,62	
14-août	0,00	49,18	50,82	
22-août	3,04	47,07	49,88	1
29-août	0,00	50,12	49,88	
5-sept.	30,34	11,15	58,51	
14-sept.	4,02	11,15	84,83	
19-sept.	5,78	16,00	78,22	
26-sept.	0,00	30,25	69,75	
3-oct.	10,38	8,49	81,13	
10-oct.	6,29	67,14	26,57	
17-oct.	10,10	50,49	39,41	
24-oct.	39,24	17,72	43,04	
Moyenne	5,11	40,40	54,49	1,00

4.3.2.2 Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules)

En 2023, deux tests ont été menés le 16 mai et le 8 août pour apprécier les coefficients correcteurs nécessaires au calcul du taux de mortalité.

■ Taux de détection

Figure 37 : 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	19	12	0,63
Type 1	Moyenne	Moyenne	9	8	0,89
Type 2	Moyenne	Moyenne	10	4	0,40
Type 3	Moyenne	Moyenne			
Moyen	E5	16/05/2023	9	6	
Type 1	E5	16/05/2023	4	4	
Type 2	E5	16/05/2023	5	2	
Type 3	E5	16/05/2023			
Moyen	E2	08/08/2023	10	6	
Type 1	E2	08/08/2023	5	4	
Type 2	E2	08/08/2023	5	2	
Type 3	E2	08/08/2023			

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

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

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). Les zones de type 3 étant très faiblement représentées au moment des tests, aucun leurre n'a été posé dans ce type de végétation.

Ici, le taux de détection est de 0,63. **Autrement dit, 63% des peluches dispersées ont été retrouvées**, ce qui correspondant à une détection très correcte compte tenu de la faible taille des leurres utilisés. Rappelons qu'au niveau de ces calculs relatifs aux chauves-souris, ne sont utilisés que les résultats obtenus à partir des peluches-test de petite taille (souris). Ceux obtenus à partir des cadavres de plus grande taille seront utilisés pour les calculs relatifs à la mortalité des oiseaux.

■ Taux de persistance

Figure 38 : Tableau des résultats des tests de persistance ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance

Type végétation	Eolienne	Date test	Dépôt	Nombre de jours après dépôt				Tm	p_moyen
				1	4	6	8		
Moyen		Moyenne	30	27	11	2	0	2,13	0,03
Type 1		Moyenne	8	6	1	0	0	1,13	0,00
Type 2		Moyenne	17	16	6	0	0	2,00	0,00
Type 3		Moyenne	5	5	4	2	0	4,20	0,40
Moyen	Toutes	16/05/2023	15	12	4	2	0		
Type 1	Toutes	16/05/2023	5	3	0	0	0		
Type 2	Toutes	16/05/2023	5	4	0	0	0		
Type 3	Toutes	16/05/2023	5	5	4	2	0		
Moyen	Toutes	08/08/2023	15	15	7	0	0		
Type 1	Toutes	08/08/2023	3	3	1	0	0		
Type 2	Toutes	08/08/2023	12	12	6	0	0		
Type 3	Toutes	08/08/2023	0	0	0	0	0		

■ 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).

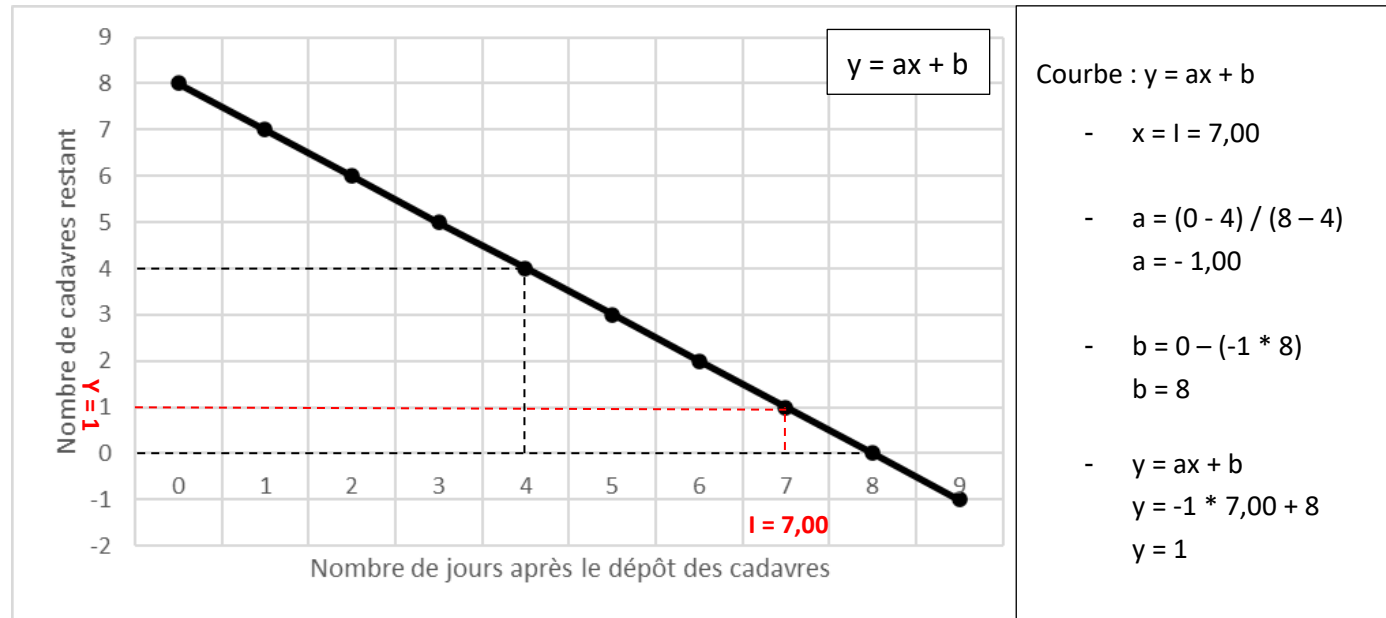
Dans ce cas précis, cet intervalle I moyen entre deux visites est calculé précisément en fonction du planning de suivi de la campagne 2023. L'intervalle moyen est **I = 7,00**.

Figure 39 : Proportion de chaque intervalle de visites et définition de l'intervalle pondéré (en jours)

Durée intervalle (en jours)	Nombre d'intervalles	Total
5	1	5
6	1	6
7	18	126
8	1	8
9	1	9
Total	22	154
Intervalle pondéré (tot)		7,00

En considérant que la diminution du nombre de cadavres est linéaire entre les retours tests de 1 à 8 jours, le nombre de cadavres restant à 1 jours est estimé. Le schéma suivant montre les étapes de calcul du « nombre de cadavres encore présents après 1 jours ».

Figure 40 : Schéma de calcul du « nombre de cadavres encore présents après 1 jours »



De ce fait,

$$p = \frac{\text{Nombre de cadavres encore présents après 1 jours}}{\text{Nombre de cadavres déposés au départ}} = \frac{1}{30} = 0,03$$

Ainsi, on obtient une valeur de **p = 0,03**.

■ 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 :

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

Dans notre cas précis, Tm = 2,13. Autrement dit, **la vitesse de disparition des cadavres est d'un peu plus de 2 jours, ce qui correspond à une forte prédation sur site.**

■ Coefficient de correction surfacique

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

Arnett (2005) propose un mode de calcul du coefficient surfacique qui prend en compte à la fois la dispersion des cadavres découverts sous les éoliennes et la proportion de surfaces prospectées par classes de distances vis-à-vis du mât de l'éolienne. Cette estimation est basée sur la formule suivante, revue par CORNU & VINCENT 2010. Il s'agit de subdiviser la surface prospectable en cercles centrés sur l'éolienne et dont les rayons respectifs sont de 14, 28, 42, 56 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.

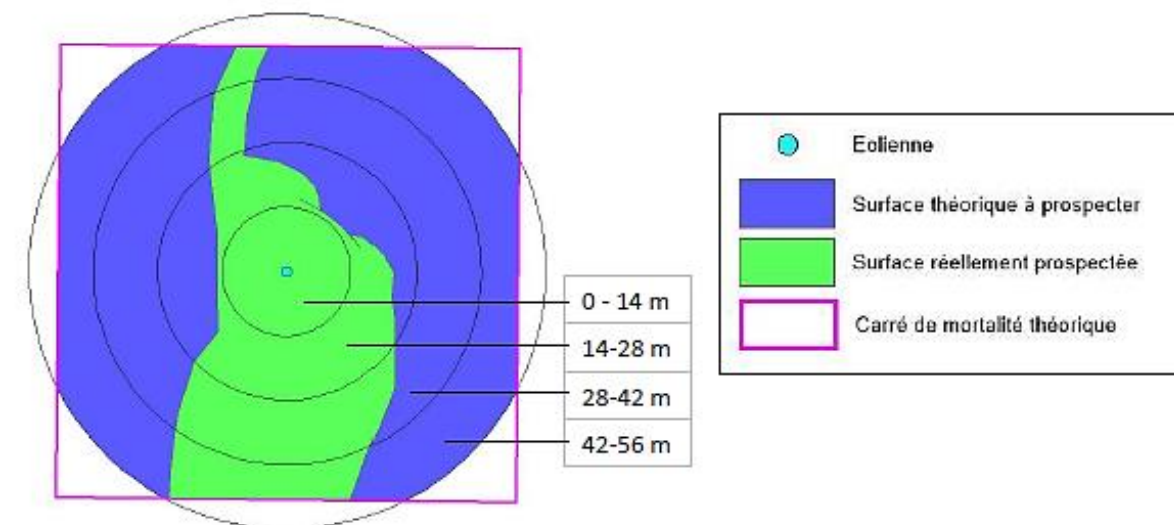
$$A = \frac{\sum_k C_k / S_k}{\sum_k C_k}$$

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



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

Figure 42 : 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	5	2,154	0,90	41,62	0
28m - 42m	0,3077	5	1,5385	0,83	53,77	0
14m - 28m	0,1846	5	0,923	0,54	58,84	1
0m - 14m	0,0615	5	0,3075	0,27	88,68	0

$$a = 1,70$$

4.3.2.3 Estimation de la mortalité avec les tableurs EXCEL

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

Figure 43 : Paramètres de calcul utilisés dans les équations

Paramètres	Valeurs	Explications
C	1,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
d	0,63	Valeur du taux de détection globale tout type de recouvrement confondu
p	0,03	Valeur du taux de persistance globale tout type de recouvrement confondu
tm	2,13	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain globale tout type de recouvrement confondu
I	7,00	Pas de temps du suivi
$\hat{I}$	4,27	$\hat{I} = -\log(0.01) * tm$
$\hat{e}$	0,61	$\hat{e} = \text{Min}(I/\hat{I}) / I$
a	1,70	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 (sachant que les valeurs de chaque paramètre est arrondi au centième).

Erickson adaptée :

$$N = \frac{I \times (C - C \times p)}{tm \times d} \times a = \frac{7 \times (1 - 1 \times 0,03)}{2,13 \times 0,63} \times 1,7 = \mathbf{8,85}$$

Erickson réelle :

$$N = \frac{I \times C}{tm \times d} \times a = \frac{7 \times 1}{2,13 \times 0,63} \times 1,7 = \mathbf{8,85}$$

Jones :

$$N = \frac{C}{d \times \hat{e} \times e^{(-0.5 \times I/tm)}} \times a = \frac{1}{0,63 \times 0,61 \times e^{(-0.5 \times 7/2,13)}} \times 1,7 = \mathbf{12,03}$$

Huso :

$$N = \frac{C}{d \times \frac{tm \times (1 - e^{-I/tm})}{I} \times \hat{e}} \times a = \frac{1}{0,63 \times \frac{2,13 \times (1 - e^{-7/2,13})}{7} \times 0,61} \times 1,7 = \mathbf{10,24}$$

Tous ces résultats correspondent aux différentes estimations du nombre de chauves-souris mortes sur la période allant du 16 mai 2022 au 24 octobre 2023, et pour les 5 éoliennes du parc suivi. Ces résultats sont basés sur l'intégralité du parc éolien et sur 5 mois.

Pour ramener ces résultats par an et par éolienne,

- On divise ces résultats par 5 → on aura une estimation de la **mortalité par éolienne pour la période de suivi**
- On divise par 5,5 (5 mois et demi) → 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** (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 Binas situé en plaine).
- On multiplie par 5 → 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 2,91 mortalités par éolienne et par an**, avec une fourchette oscillant entre 2,57 et 3,50 mortalités par éolienne et par an selon les formules utilisées.

Figure 44 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2023

	Erickson		Jones	Huso	Moyenne
	adaptée	réelle			
Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi	8,85	8,85	12,03	10,24	9,99
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	1,77	1,77	2,41	2,05	2,00
Mortalité par éolienne et par mois	0,32	0,32	0,44	0,37	0,36
Mortalité par éolienne et pour une année	2,57	2,58	3,50	2,98	2,91
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	12,87	12,88	17,50	14,89	14,53

4.3.2.4 Estimation de la mortalité avec l'application EolApp

Le tableau suivant détaille l'ensemble de ces paramètres.

Figure 45 : Paramètres à renseigner dans l'application Shiny « EolApp »

Paramètres	Valeur
Intervalle de temps entre les passages	7,00
Nombre de peluches déposées pour l'étude de détection	19
Nombre de peluches découvertes pour l'étude de détection	12
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 46 : Sortie de l'application Shiny 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	9,37	0,00	37,80	0,00	24,94
Huso	9,77	0,00	38,92	0,00	25,95
Jones	14,59	0,00	68,11	0,00	41,46
Moyenne par éolienne	2,25	0,00	9,66	0,00	6,16

En considérant les 3 modèles, il y a 80% de chance que le nombre réel de chauves-souris impactées se situe entre 0 et 6,16 cas de mortalité. De même, il y a 95% de chance que le nombre réel de chauves-souris impactées se situe entre 0 et 9,66 cas de mortalité. La médiane est de 2,25 mortalités par éolienne sur la période suivie.

Pour ramener ces résultats par an et par éolienne :

- On divise par 5,5 -> 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 des chauves-souris).

En considérant les 3 modèles, on aboutit à un résultat à un intervalle de confiance **de 95%** de l'ordre de **0,00 à 14,04 mortalités par éolienne et par an**. A un intervalle de confiance de **80%**, le résultat est de l'ordre de **0,00 à 8,96 mortalités par éolienne et par an**. La médiane quant à elle est de **3,27 mortalités par éolienne et par an**.

4.3.2.5 Estimation de la mortalité avec l'application GenEst

L'application GenEst aboutit sur un résultat médian de **2,26 cas par éolienne et par an**, soit 11,30 cas pour le parc entier par an. A un intervalle à 95%, la mortalité est estimée à **entre 0,32 et 8,01 cas par éolienne et par an**, soit entre 1,6 et 40,05 cas pour le parc entier et par an.

4.3.2.6 Comparaison entre les différents calculs du taux de mortalité des chauves-souris en 2023

Avec les tableurs EXCEL, la mortalité estimée des chauves-souris est de **2,91 cas par éolienne et par an** en 2023, sur le parc de Binas. Avec l'application EolApp, le taux de mortalité est estimé à **3,27 cas par éolienne et par an**. Enfin, avec GenEst, il est estimé à **2,26 cas par éolienne et par an**.

Ces résultats sont finalement du même ordre et appartiennent aux intervalles de confiance des autres méthodes prenant en compte plus ou moins de paramètres et d'hypothèses statistiques.

Figure 28 : Comparatif du taux de mortalité calculé pour les chauves-souris (2023) et intervalles de confiance à 80% et à 95%

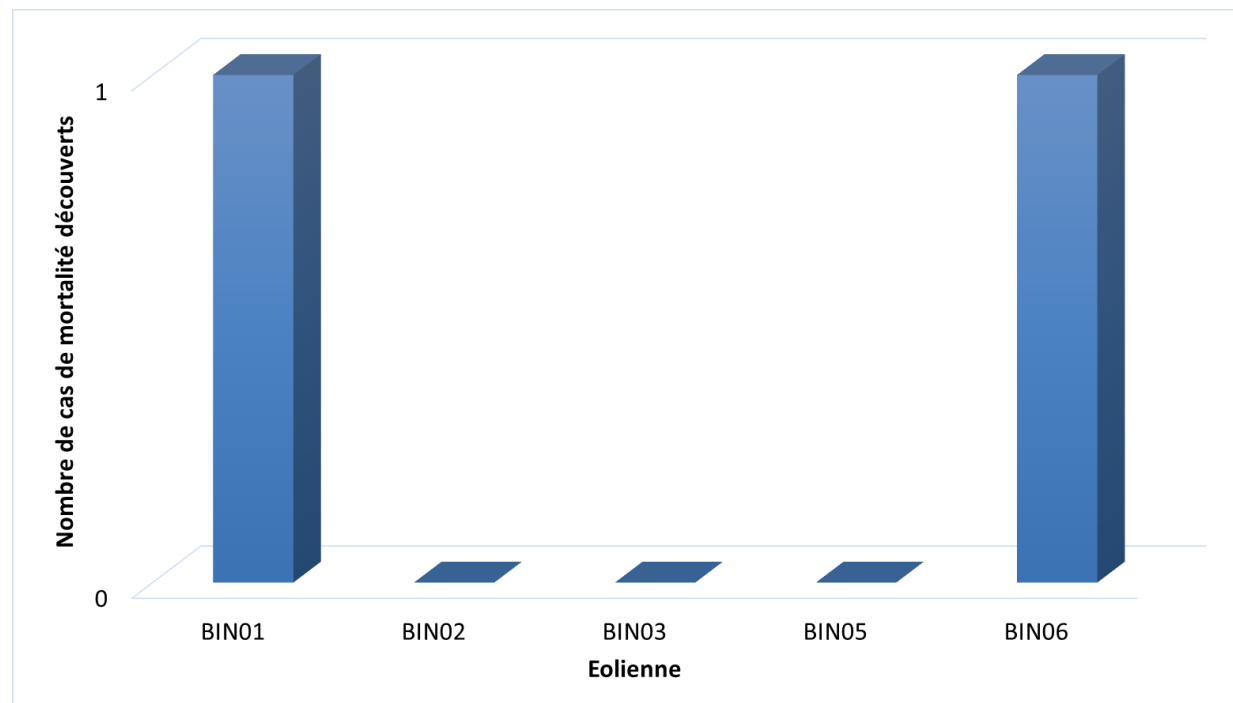
Méthode des moyennes		Taux de mortalité par éolienne et par an										
EolApp	Médiane	3,27										
	IC à 80 %											
	IC à 95 %											
GenEst	Médiane	2,26										
	IC à 95 %											
Taux de mortalité par éolienne et par an		0,00	1,40	2,81	4,21	5,62	7,02	8,43	9,83	11,24	12,64	14,04

4.4 Bilan de la mortalité des oiseaux

4.4.1 Bilan des mortalités par éolienne en 2023

Au cours de la campagne de suivi menée entre le 16 mai et le 24 octobre 2023, **2 cadavres d'oiseaux** furent retrouvés sous les éoliennes. Cela représente une moyenne de 0,4 oiseau découvert par mois pour l'ensemble du parc éolien (5 éoliennes).

Figure 47 : Bilan des mortalités d'oiseaux constatées en 2023 et répartition par éolienne



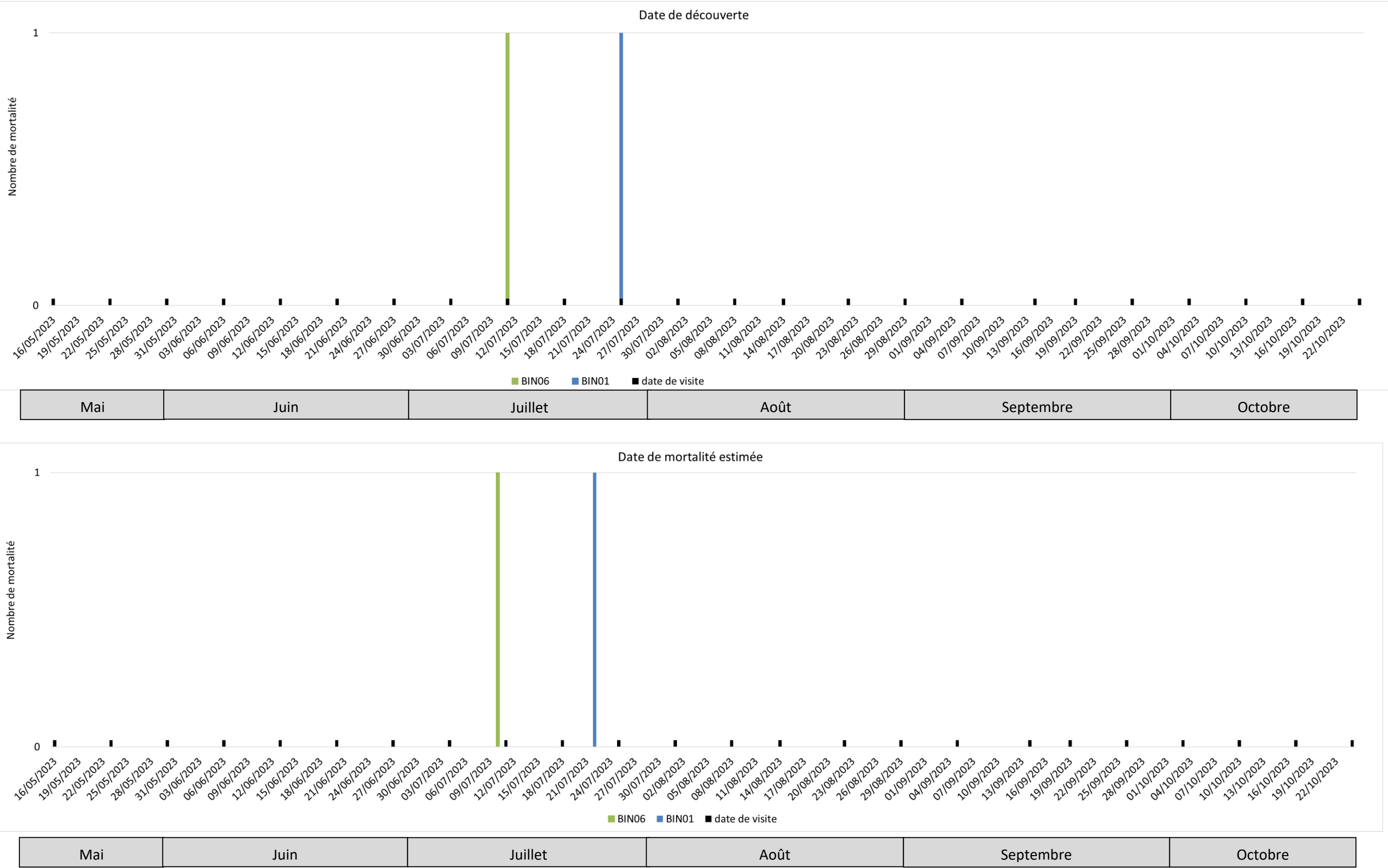
On note que 2 des 5 éoliennes du parc de Binas ont été à l'origine de mortalités en 2023. Il s'agit des éoliennes BIN01 et BIN06 situées respectivement au nord et au sud du parc.

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

Le premier graphique de la Figure 48 représente la chronologie des découvertes d'oiseaux sur l'ensemble du parc éolien en 2023. Le deuxième graphique de la page suivante synthétise cette estimation corrigée de la date des mortalités.

Dans le cas présent, les mortalités sont relevées au mois de juillet, c'est-à-dire en période nuptiale. Ces dernières sont espacées entre elles de 15 jours.

Figure 48 : Chronologie des découvertes d'oiseaux (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne, issues des relevés au sol du suivi mortalité d'EXEN en 2023



4.4.3 Typologie des découvertes

La détermination des espèces n’est pas toujours aisée selon l’état des cadavres ou plumées au moment de leur découverte. Ce ne fut le cas lors de cette campagne puisque les cadavres ont été déterminés au niveau spécifique.

Le **cortège d’espèces potentiellement impactées en 2023 est assez diversifié**. Deux espèces différentes sont représentées parmi les 2 découvertes.

Ces découvertes correspondent à différents groupes d’oiseaux : les petits rapaces (Epervier d’Europe) et les passereaux (Alouette des champs). Ces espèces peuvent être présentes localement tout au long de l’année ou lors de leurs migrations.

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

Figure 49 : 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

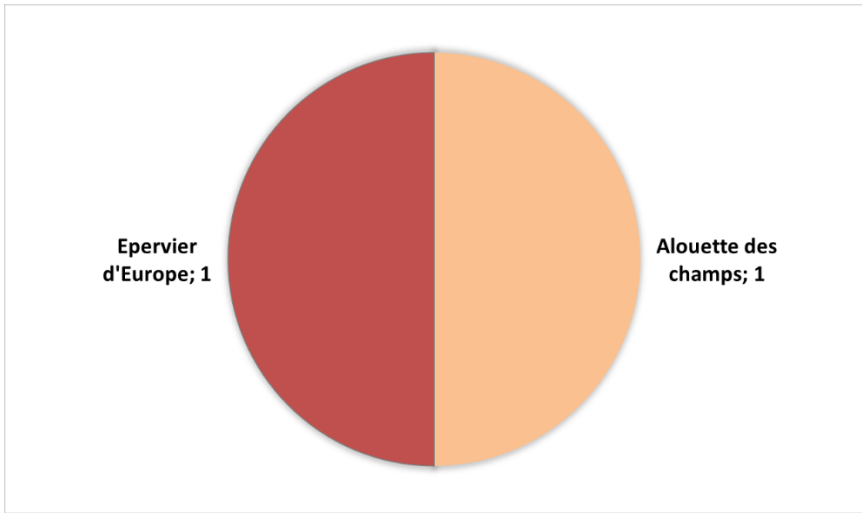
Espèce	Nom scientifique	Type	Statuts de protection			Statuts de conservation						Valeur patrimoniale
			Protection en France	Protection Union Européenne	Convention de Berne	Liste rouge Mondiale	Liste rouge Européenne	Listes rouges nationales (oiseaux nicheurs 2016)	Listes rouges nationales (oiseaux hivernants 2011)	Listes rouges nationales (oiseaux de passage 2011)	Liste Rouge Centre	
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préc. Mineure	Préc. Mineure	Quasi menacée	Préc. Mineure	NA	Quasi menacée	Faible à modéré
Epervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>	Petit rapace	P-SP	–	2	Préc. Mineure	Préc. Mineure	Préc. Mineure	NA	NA	Préc. Mineure	Faible

L’Alouette des champs est classée comme Gibier chassable en France. Néanmoins, ses statuts de conservation nationaux et régionaux ne sont pas favorables. L’espèce est considérée comme Quasi menacée à ces échelles. L’Alouette des champs présente donc un enjeu patrimonial Faible à modéré.

L’Epervier d’Europe est quant à lui protégé. En revanche, il est considéré comme Préoccupation mineure au niveau de sa conservation. L’enjeu patrimonial de cette espèce est considéré comme Faible.

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

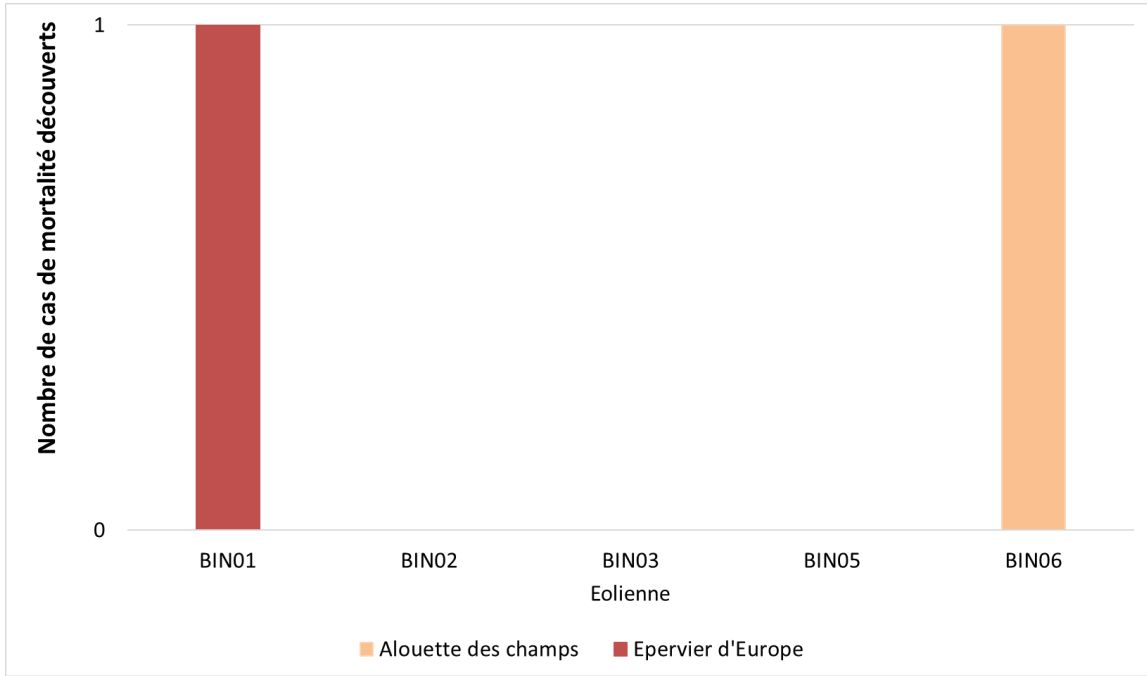
Figure 50 : Répartition des découvertes par espèce d’oiseaux (effectifs constatés dans le cadre du suivi au sol) à l’occasion du suivi de 2023



4.4.4 Relation espèce / éolienne

Le graphique suivant précise la répartition des découvertes. Petit rapace, l’Epervier d’Europe a été impacté par l’éolienne BIN01 situé au nord du parc de Binas. A l’inverse, l’Alouette des champs qui est un passereau, a été impacté par l’éolienne BIN06 au sud du site.

Figure 51 : Histogramme de la répartition des espèces découvertes dans le cadre du suivi de la mortalité par éolienne en 2023

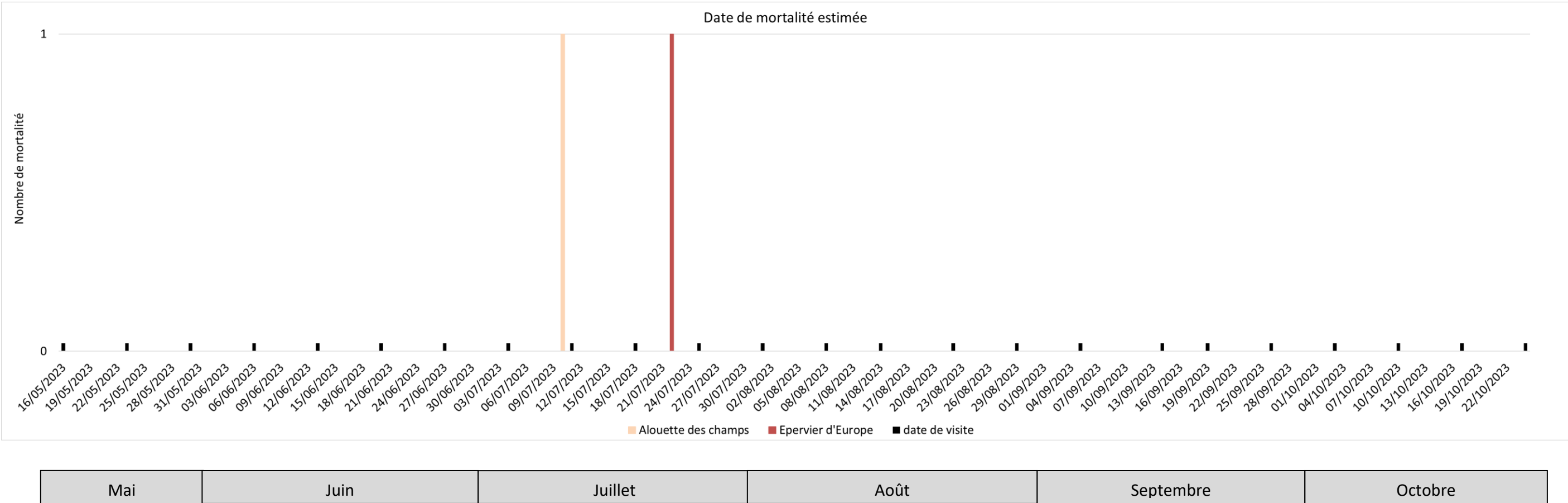


4.4.5 Chronologie des mortalités, phénologies des espèces et tentatives d’interprétations

4.4.5.1 Chronologie des mortalités par espèce

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

Figure 52 : Répartition des découvertes d’oiseaux par espèce (effectifs constatés) à l’occasion du suivi mortalité au sol de 2023



4.4.5.2 Interprétation par espèce

➤ Alouette des champs

Un cadavre d'Alouette des champs (*Alauda arvensis*) a été découvert le 11 juillet 2023 au niveau de l'éolienne BIN06.

L'Alouette des champs est un oiseau des milieux herbacés très ouverts qui possède un régime alimentaire principalement granivore. En Europe, l'Alouette des champs est un oiseau migrateur partout à l'exception de la Grande-Bretagne et peut-être du sud de la France (SPAEPEN, 1995). Le vol du mâle en période de reproduction est constitué de lentes montées en altitude suivies de chutes libres.

Le cas de mortalité constaté en juillet concerne donc un individu nicheur en période nuptiale dont le comportement de vol territorial a pu engendrer la collision.

➤ Epervier d'Europe

Un cadavre d'Epervier d'Europe (*Accipiter nisus*) a été découvert le 25 juillet 2023 au niveau de l'éolienne BIN01.

L'Epervier d'Europe a besoin d'un territoire constitué d'espaces ouverts pour la chasse et de boisements pour nicher. En période de nidification, il consomme quasi exclusivement des passereaux. L'espèce est migratrice partielle, c'est-à-dire que certaines populations (notamment du nord de l'Europe) sont migratrices et d'autres sédentaires. En France, l'Epervier d'Europe est majoritairement sédentaire. La migration postnuptiale débute dès le mois d'août et se prolonge jusqu'à la mi-novembre.

De ce fait, le cas de mortalité relevé le 25 juillet correspond très probablement à un individu sédentaire en fin de période nuptiale.

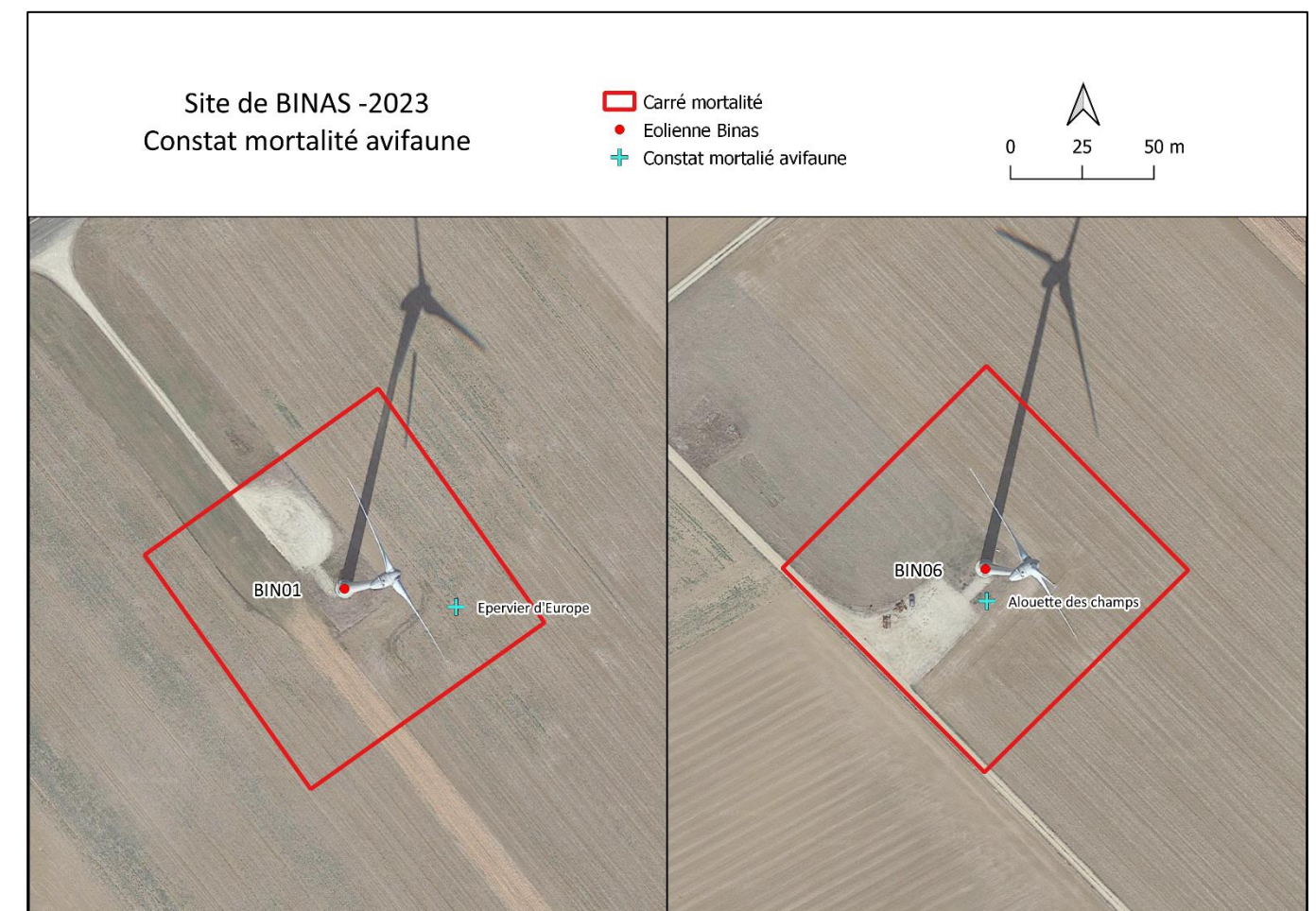
Figure 36 : Clichés des cadavres d'Epervier d'Europe (gauche) et d'Alouette des champs (droite) retrouvés sous le parc de Binas en 2023



4.4.6 Dispersion des cas de mortalité sous les éoliennes

La carte ci-dessous permet de localiser les 2 constats de mortalités effectués lors de la campagne de terrain 2023. Les cas de mortalité sont dispersés dans plusieurs directions au mât d'éolienne.

Figure 53 : Localisation des cas de mortalité d'oiseaux retrouvés sous les éoliennes de Binas en 2023



4.4.7 Taux de mortalité des oiseaux

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

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

4 niveaux de difficulté de prospection ont donc été créés :

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

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

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

Figure 54 : 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 cas de mortalité retrouvés sous les éoliennes)

Date des visites	Végétation			Mortalité cadavre oiseaux
	Type 1	Type 2	Type 3	
16-mai	5,96	86,75	7,28	
23-mai	5,96	84,11	9,93	
30-mai	0,00	97,04	2,96	
6-juin	0,00	67,44	32,56	
13-juin	0,00	47,57	52,43	
20-juin	0,00	31,40	68,60	
27-juin	0,00	56,98	43,02	
4-juil.	0,00	30,37	69,63	
11-juil.	1,61	23,29	75,10	1
18-juil.	0,00	11,21	88,79	
25-juil.	0,00	11,21	88,79	1
1-août	0,00	32,13	67,87	
8-août	0,00	31,38	68,62	
14-août	0,00	49,18	50,82	
22-août	3,04	47,07	49,88	
29-août	0,00	50,12	49,88	
5-sept.	30,34	11,15	58,51	
14-sept.	4,02	11,15	84,83	
19-sept.	5,78	16,00	78,22	
26-sept.	0,00	30,25	69,75	
3-oct.	10,38	8,49	81,13	
10-oct.	6,29	67,14	26,57	
17-oct.	10,10	50,49	39,41	
24-oct.	39,24	17,72	43,04	
Moyenne	5,11	40,40	54,49	2,00

4.4.7.2 Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules)

En 2023, deux tests ont été menés le 16 mai et le 8 août pour apprécier les coefficients correcteurs nécessaires au calcul du taux de mortalité. L'ensemble des calculs suivant suit les formules de calculs que celles des chiroptères.

■ Taux de détection

Figure 55 : Tableau des résultats des tests de découverte et calcul du coefficient de détection d

Type végétation	Eolienne	Date test	Nb de peluches déposées	Nb de peluches découvertes	Taux de détection (d)
Moyen	Moyenne	Moyenne	20	20	1,00
Type 1	Moyenne	Moyenne	8	8	1,00
Type 2	Moyenne	Moyenne	11	11	1,00
Type 3	Moyenne	Moyenne	1	1	1,00
Total	E5	16/05/2023	10	10	
Type 1	E5	16/05/2023	4	4	
Type 2	E5	16/05/2023	5	5	
Type 3	E5	16/05/2023	1	1	
Total	E2	08/08/2023	10	10	
Type 1	E2	08/08/2023	4	4	
Type 2	E2	08/08/2023	6	6	
Type 3	E2	08/08/2023			

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

Le taux de détection est de 1. **Autrement dit, 100% des peluches dispersées ont été retrouvées, ce qui correspond à une excellente détection avifaunistique.** Ce constat peut s'expliquer par la taille plus importante des peluches (que celle des peluches-souris) facilitant leur détection.

■ Taux de persistance

Figure 56 : Tableau des résultats des tests de persistance ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance

Type végétation	Eolienne	Date test	Dépôt	Jour de dépôt				Tm	p_moyen
				1	4	6	8		
Moyen		Moyenne	40	37	17	4	0	2,40	0,05
Type 1		Moyenne	8	6	1	0	0	1,13	0,00
Type 2		Moyenne	26	25	12	2	0	2,50	0,04
Type 3		Moyenne	6	6	4	2	0	3,67	0,17
Moyen	Toutes	16/05/2023	20	17	7	4	0		
Type 1	Toutes	16/05/2023	5	3	0	0	0		
Type 2	Toutes	16/05/2023	9	8	3	2	0		
Type 3	Toutes	16/05/2023	6	6	4	2	0		
Moyen	Toutes	08/08/2023	20	20	10	0	0		
Type 1	Toutes	08/08/2023	3	3	1	0	0		
Type 2	Toutes	08/08/2023	17	17	9	0	0		
Type 3	Toutes	08/08/2023	0	0	0	0	0		

■ Paramètre p (formule d'Erickson adaptée)

Pour rappel, l'intervalle I moyen entre deux visites est de **I = 7,00**.

En considérant que la diminution du nombre de cadavres est linéaire entre les retours tests de 1 et 8 jours, le nombre de cadavres restant à I jours est estimé. Ainsi, on obtient une valeur de **p = 0,05**.

■ 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.

Ici, le paramètre Tm est égal à 2,40. Autrement dit, **il faut presque 2 jours et demi pour que les cadavres disparaissent, correspondant à une forte prédation locale.**

▪ Coefficient de correction surfacique

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

Figure 57 : Tableau détaillant les valeurs utilisées pour le calcul du coefficient surfacique a

	Surface à prospecter par éolienne	Nombre d'éolienne suivie	Surface à prospecter totale	Surface réellement prospectée (toute éolienne confondues, en ha)	Pourcentage prospecté	Nombre de cadavre d'oiseaux
42m - 56m	0,4308	5	2,15	0,90	41,62	0
28m - 42m	0,3077	5	1,54	0,83	53,77	1
14m - 28m	0,1846	5	0,92	0,54	58,84	0
0m - 14m	0,0615	5	0,31	0,27	88,68	1

$$a_{\text{cadavre}} = 1,49$$

4.4.7.3 Estimation de la mortalité avec les tableurs EXCEL

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

Figure 58 : Paramètres de calcul utilisés dans les équations

Paramètres	Valeurs	Explications
C	2,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
d	1,00	Valeur du taux de détection globale tout type de recouvrement confondu
p	0,05	Valeur du taux de persistance globale tout type de recouvrement confondu
tm	2,40	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain globale tout type de recouvrement confondu
l	7,00	Pas de temps du suivi
$\hat{l}$	4,80	$\hat{l} = -\log(0.01) * tm$
$\hat{e}$	0,69	$\hat{e} = \text{Min}(l/\hat{l}) / l$
a	1,49	Coefficient de correction surfacique

Tous ces résultats correspondent aux différentes estimations du nombre d'oiseaux morts sur la période allant du 16 mai au 24 octobre 2023 et pour les 5 éoliennes du parc suivi. Ces résultats sont basés sur l'intégralité du parc éolien et sur 5 mois.

Pour ramener ces résultats par an et par éolienne,

- On divise ces résultats par 5 → on aura une estimation de la **mortalité par éolienne pour la période de suivi**
- On divise par 5,5 (5 mois et demi) → 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 5 → on aura une estimation de la **mortalité pour le parc entier et par an**.

Finalement, le tableau suivant synthétise les résultats pour chacune des formules utilisées. On aboutit à un **résultat moyen de l'ordre de 4,29 mortalités par éolienne et par an**, avec une fourchette oscillant entre 3,80 et 5,17 par éolienne et par an selon les formules utilisées.

Figure 59 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2023

	Erickson		Jones	Huso	Moyenne
	adaptée	réelle			
Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi	8,71	8,71	11,84	10,08	9,84
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	1,74	1,74	2,37	2,02	1,97
Mortalité par éolienne et par mois	0,32	0,32	0,43	0,37	0,36
Mortalité par éolienne et pour une année	3,80	3,80	5,17	4,40	4,29
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	19,00	19,01	25,84	21,99	21,46

4.4.7.4 Estimation de la mortalité avec l'application EolApp

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

Figure 60 : Paramètres à renseigner dans l'application Shiny « EolApp »

Paramètres	Valeur
Intervalle de temps entre les passages	7,00
Nombre de peluches déposées pour l'étude de détection	20
Nombre de peluches découvertes pour l'étude de détection	20
Pourcentage de la surface prospectée	0,52

Figure 61 : Sortie de l'application Shiny 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	10,77	0,00	29,59	0,00	21,98
Huso	11,47	0,00	31,02	0,00	23,20
Jones	15,60	0,00	46,36	0,00	33,58
Moyenne par éolienne	2,52	0,00	7,13	0,00	5,25

En se basant sur les cadavres découverts, et en considérant les 3 modèles, il y a **80%** de chance que le nombre réel d'oiseaux impactés se situe entre **0 et 5,25 cas de mortalité**. De même, il y a **95%** de chance que le nombre réel d'oiseaux impactés se situe entre **0 et 7,13 cas de mortalité**. La médiane est **2,52 mortalités par éolienne sur la période suivie**.

Pour ramener ces résultats par an et par éolienne :

- On divise par 5,5 -> 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 **0 à 15,56 mortalités par éolienne et par an**. A un intervalle de confiance de **80%**, le résultat est de l'ordre de **0 à 11,46 mortalités par éolienne et par an**. La médiane est de **5,50 mortalités par éolienne et par an**.

4.4.7.5 Estimation de la mortalité avec l'application GenEst

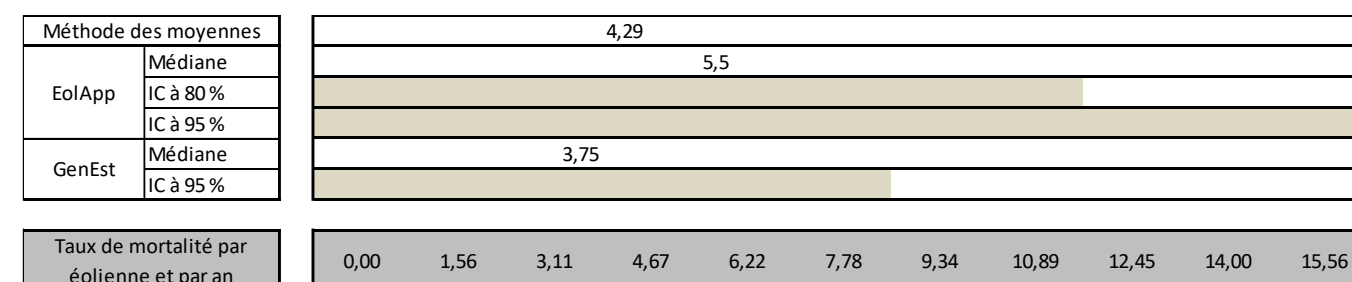
L'application GenEst aboutit sur un résultat médian de **3,75 cas par éolienne et par an**, soit 18,75 cas pour le parc entier par an. A un intervalle à 95%, la mortalité est estimée à **entre 0,96 et 8,66 cas par éolienne et par an**, soit entre 4,80 et 43,30 cas pour le parc entier et par an.

4.4.7.6 Comparaison entre les différents calculs du taux de mortalité des oiseaux en 2023

Avec les tableurs EXCEL, la mortalité estimée des oiseaux est de **4,29 cas par éolienne et par an** en 2023, sur le parc de Binas. Avec l'application EolApp, le taux de mortalité est estimé à **5,50 cas par éolienne et par an**. Enfin, avec GenEst, il est estimé à **3,75 cas par éolienne et par an**.

Ces résultats sont finalement du même ordre et appartiennent aux intervalles de confiance des autres méthodes prenant en compte plus ou moins de paramètres et d'hypothèses statistiques.

Figure 60 : Comparatif des taux de mortalité calculés en 2023 et intervalles de confiance à 80% et à 95%



5 EVALUATION DES IMPACTS DU PARC EOLIEN DE BINAS

5.1 Impact sur les chiroptères

5.1.1 Analyses quantitatives et comparaisons avec d'autres parcs éoliens

Durant la campagne de suivi 2023, **1 mortalité brute de chauves-souris** a été retrouvée au cours du suivi. Le taux de mortalité est estimé entre **2 et 3 cas de mortalité par éolienne et par an** (selon les méthodes employées), soit entre 10 et 15 cas de mortalité pour le parc entier et par an.

D'après les données disponibles actuellement en France mais aussi et surtout à l'étranger (Europe, voir tableaux suivants), cette estimation de la mortalité témoignerait **d'une valeur de mortalité par éolienne et par an faible vis-à-vis des chauves-souris en 2023**. Pour cette année de suivi, le taux de mortalité tend vers l'absence d'un niveau de mortalité jugé hors norme, comparé à d'autres parcs éoliens français dont le niveau de mortalité est exceptionnellement haut. Ces derniers sont situés dans des contextes biogéographiques particuliers (Bouin en littoral atlantique (Dulac, 2006), Castelnau Pégayrols en contexte forestier et ligne de crête (Beucher & Kelm, 2009-2010), en plaine camarguaise de la Crau (GCP, 2010), ou en forêt ou bordure de canal (Cornut 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 20 chauves-souris/éolienne/an, correspondant à plusieurs centaines de cadavres sur chaque parc selon leur taille.

Finalement, d'un point de vue quantitatif, l'impact du parc éolien de Binas en 2023 peut être qualifié de Faible par rapport à d'autres parcs suivis en France ou en Europe.

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

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

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

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

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

5.1.2 Analyses qualitatives des impacts sur les chiroptères

Une seule espèce de chauve-souris a fait l'objet d'une découverte à l'occasion du suivi de 2023, il s'agit de la Noctule commune.

Une évaluation de l'impact théorique du parc éolien est proposée pour cette espèce au regard de la mortalité constatée, mais aussi en prenant en compte sa valeur patrimoniale et sa sensibilité à l'éolien.

La Noctule commune fait partie des espèces sensibles à l'éolien. Elle correspond à la 3^{ème} espèce la plus impactée en France et en Europe (T. DÜRR 2023, 1765 cas de mortalité en Europe, 269 cas de mortalité en France). **Sa sensibilité est forte à l'éolien. Un cas de mortalité a été découvert** en août 2023 sous l'éolienne BIN06. L'espèce étant migratrice, elle a pu être impacté lors de comportements de chasse/transit ou sociaux, mais aussi lors de déplacements saisonniers. Les résultats du suivi d'activité en hauteur ont montré que la présence de l'espèce en altitude est plus régulière et plus importante à cette période de l'année. **Le risque d'occurrence de la mortalité est jugé modéré pour cette espèce.**

La Noctule commune est protégée au niveau national. Classée en Préoccupation mineure à l'échelle mondiale et européenne, elle est considérée comme Vulnérable en France et Quasi menacée en région Centre-Val de Loire. Elle est aussi une espèce prioritaire du Plan National d'Actions (PNA) chiroptères (2016-2025) et une espèce PNA à forte pression liée à l'éolien. De part tous ces éléments, **la valeur patrimoniale de l'espèce est jugée Modérée à forte.**

Par croisement entre sa patrimonialité et son risque d'occurrence de la mortalité, le **niveau d'impact théorique du parc éolien sur cette espèce est jugé Modéré à fort. Ce niveau est en grande partie lié à la forte patrimonialité de l'espèce et à sa forte sensibilité à l'éolien. Avec un cas de mortalité retrouvé, et un taux de mortalité estimée faible, le niveau d'impact théorique de l'espèce est certainement plus faible en réalité.**

5.2 Impact sur l'avifaune

5.2.1 Analyses quantitatives et comparaisons avec d'autres parcs éoliens

2 oiseaux morts furent retrouvés sous les éoliennes au cours de la campagne de suivi menée entre le 16 mai et le 24 octobre 2023.

Le taux de mortalité est estimé entre **4 et 6 cas de mortalité par éolienne et par an** (selon les méthodes employées), soit entre 20 et 30 cas de mortalité pour le parc entier et par an.

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

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

Finalement, du point de vue quantitatif, l'impact du parc éolien de Binas peut être qualifié de Faible par rapport à d'autres parcs suivis en France.

5.2.2 Analyses qualitatives des impacts sur l'avifaune

2 espèces d'oiseaux ont fait l'objet de découvertes à l'occasion du suivi 2023, il s'agit : de l'Alouette des champs et de l'Epervier d'Europe.

Une évaluation de l'impact théorique du parc éolien sur ces espèces est proposée ici 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 8^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2023, 517 cas de mortalité recensés). Sa sensibilité est jugée Faible à modérée. Un cadavre a été découvert le 11 juillet 2023 au niveau de l'éolienne BIN06. Cette espèce est considérée comme chassable à l'échelle nationale. Préoccupation mineure au niveau mondial et européen, l'espèce est classée comme quasi-menacée à l'échelle nationale et régionale. Compte tenu du risque d'occurrence et du niveau de patrimonialité Faible, **l'impact théorique du parc éolien sur cette espèce est estimé à Faible.**

L'Epervier d'Europe fait partie des espèces sensibles à l'éolien. Elle correspond à la 35^{ème} espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2023, 115 cas de mortalité recensés). Un cadavre a été découvert le 25 juillet 2023 au niveau de l'éolienne BIN01. Sa sensibilité est jugée Faible à modérée. Espèce protégée, les statuts de conservation de l'Epervier d'Europe sont favorables (Préoccupation mineure). De fait, son niveau de patrimonialité est Faible. **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 62 : Evaluation des niveaux d'impacts théoriques sur l'avifaune en 2023

Nom de l'espèce	Sensibilité	Nombre de mortalités	Risque d'occurrence (sensibilité * nb de mortalités)	Patrimonialité	Niveau d'impact théorique (risque d'occurrence * patrimonialité)
Alouette des champs	Faible à modéré	1	Faible	Faible à modéré	Faible
Epervier d'Europe	Faible à modéré	1	Faible	Faible	Faible

6 PROPOSITION DE MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS

Au vu des mortalités brutes retrouvées et des mortalités estimées, aucune mesure correctrice n'est préconisée. En effet, même si le niveau d'impact du parc éolien pour la Noctule commune est jugé modéré à fort, il n'y a eu qu'un seul cas de mortalité de cette espèce pendant la période de suivi, et le taux de mortalité des chiroptères sur le site est faible. De ce fait, il ne paraît justifié de proposer des mesures correctives ciblées sur cette espèce.

6.1 Mesures concernant les chiroptères et les oiseaux

6.1.1 Veiller à limiter l'éclairage du parc

Il s'agira de veiller à limiter l'éclairage sur le parc éolien de Binas, notamment en pied de machine. Pour des raisons sécuritaires notamment, des éclairages sont installés en pied de mât, mais la société d'exploitation du parc a veillé à les adapter à la présence de chauves-souris et des oiseaux nocturnes, notamment via les mesures suivantes :

- Les éclairages sont automatiquement éteints par horloge programmable entre 21h et 6h. La durée d'éclairage en dehors de ces périodes est limitée à 2 minutes et les détecteurs de mouvement sont réglés 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 ...).

6.1.2 Limiter la fréquentation de la faune volante autour des éoliennes

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

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 environnemental (activité et mortalité) a été réalisé en 2023 sur le parc éolien de Binas par le bureau d'étude EXEN. Le suivi d'activité des chauves-souris s'est déroulé du 13 avril au 03 novembre 2023 au niveau de la nacelle d'éolienne E5 (BIN05). En parallèle, un suivi de la mortalité a été effectué au sol entre le 16 mai et le 24 octobre 2023.

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

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

- Une proportion d'activité marquée par les espèces de lisières (Pipistrelle commune et Pipistrelle de Kuhl), mais aussi par les espèces de vol haut (Noctule commune et Noctule de Leisler).
- Une activité très hétérogène, concentrée entre août et octobre, régulière pour les espèces de vol haut et plus ponctuelle (sous forme de pics) pour les espèces de lisière,
- Des pics d'activité se démarquant de l'activité générale : deux pics de pipistrelles le 13 août (Pipistrelle commune) et le 09 octobre (Pipistrelle de Kuhl), et un pic de noctules communes le 19 août,
- Une activité plus marquée pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 4,5 m/s, par des températures supérieures à 17°C et au rythme nocturne principalement condensé en première partie de nuit et en milieu de nuit.

7.2 Suivi de la mortalité des chiroptères et des oiseaux

7.2.1 Concernant les chiroptères

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

- **1 cas de mortalité** découvert le 22 août 2023,
- L'espèce impactée est une **Noctule commune**,
- Le taux de mortalité est estimé entre 2 et 3 cas par éolienne et par an.

Le niveau d'impact quantitatif est qualifié de Faible ; Le niveau d'impact qualitatif du parc est qualifié de Modéré à fort pour la Noctule commune, mais est certainement plus faible en réalité.

7.2.2 Concernant les oiseaux

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

- **2 cadavres** d'oiseaux furent retrouvés sous les éoliennes,
- 2 espèces différentes impactées : **l'Alouette des champs et l'Epervier d'Europe**,
- Des mortalités concentrées sur le mois de juillet 2023,
- Le taux de mortalité est estimé entre 4 et 6 cas par éolienne et par an.

Le niveau d'impact quantitatif est qualifié de Faible ; Le niveau d'impact qualitatif du parc est aussi qualifié de Faible, que ce soit pour l'Alouette des champs ou l'Epervier d'Europe.

7.3 Mesures de réduction des impacts et perspectives

Au vu des mortalités brutes retrouvées et des mortalités estimées, aucune mesure correctrice n'est préconisée.

Il conviendra de veiller à limiter l'éclairage du parc (en dehors des éclairages obligatoires) et de limiter la fréquentation de la faune volante autour des éoliennes (ne pas entreposer de tas de fumier, de graines, entretenir les abords immédiats, etc).

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 Parthénopé) ; 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 Castelnau-Pégayrols (12) ; suivi évaluation post-implantation de l'impact sur les chauves-souris. Bilan de campagne de la première et de la deuxième année d'exploitation (2009 2010).
- **BEUCHER Y., ALBESPY F., MOUGNOT J.** (2012) - Projet éolien de Gelles et Heume l'Eglise (63) Focus sur la Grande Noctule *Nyctalus lasiopterus* (Schreber, 1780). Prospections complémentaires visant la localisation de gîtes et la précision des enjeux. 62 p.
- **BOUZIN M., WALEAU A.** (2017) Parcs éoliens de Murat, de la Salesse et du Haut Languedoc – Bilan du suivi de la mortalité – Années 2015 & 2016. 80 p.
- **BOUZIN M.** (2015) Parc éolien de Fraïsse-sur-Agout (34) – SAS Parc éolien de Fontfroide et SAS Parc éolien de Roc de l'Ayre. Bilan du suivi de la mortalité. Année 2015. 40 p.
- **BUREAU DE COORDINATION ENERGIE EOLIENNE** (2009) – Méthodes pour l'analyse et la réduction du risque de collision de chiroptères avec des installations éoliennes terrestres. Synthèse de congrès chauves-souris. Hanovre, 9 juin 2009. 5 p.
- **CORNUT J. VINCENT S.** (2010) – Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du Sud de la région Rhône-Alpes. LPO Drôme. 39 p.
- **COSSON, M., DULAC, P.** (2004) : Suivi Évaluation de l'impact du parc Éolien de Bouin, 2003 : Comparaison État initial et fonctionnement des Éoliennes. A.D.E.M.E. Pays de la Loire, Région Pays de la Loire, L.P.O., Rochefort, 91 p.
- **DACHVERBAND DER DEUTSCHEN NATUR- UND UMWELTSCHUTZVERBÄNDE (DNR)** (2005). Pour une exploitation de l'énergie éolienne respectueuse de la nature et de l'environnement en Allemagne (onshore). Traduction du Bureau de coordination énergie éolienne/Koordinierungsstelle Windenergie e.V. 166 p.
- **DE LUCAS M., JANSS G.F.E., FERRER M.** (2007) – Birds and wind farms, Risk assessment and mitigation. Quercus publishing compagny. 275p.
- **DEJEAN S.** (2007) – Clé de détermination des chauves-souris de Midi-Pyrénées – En main-Cren/Gcmp DS. 16 p.
- **DIETZ C., Von HELVERSEN O.** (2004) – Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe. Version 1. Tuebingen & Erlangen (Allemagne). Traduction JC Louis. 56 p.
- **DUBOURG-SAVAGE M-J.,** (2005) : Impact des éoliennes sur les Chiroptères, de l'hypothèse à la réalité, Arvicola XVI n°2, SFEPM.
- **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.
- **GENSOL 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 SFEPM,** 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 Paoou 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.

9 ANNEXES

9.1 Annexe 1 : Modalité de détermination des espèces

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

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

9.2 Annexe 2 : Abréviations et espèces

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

9.3 Annexe 3 : Fiche de relevé de terrain 2023



FICHE DE TERRAIN MORTALITE Suivi mortalité du parc éolien de Binas (2023)

Chargé d'affaire EXEN : Aurélie
Client :

Consignes

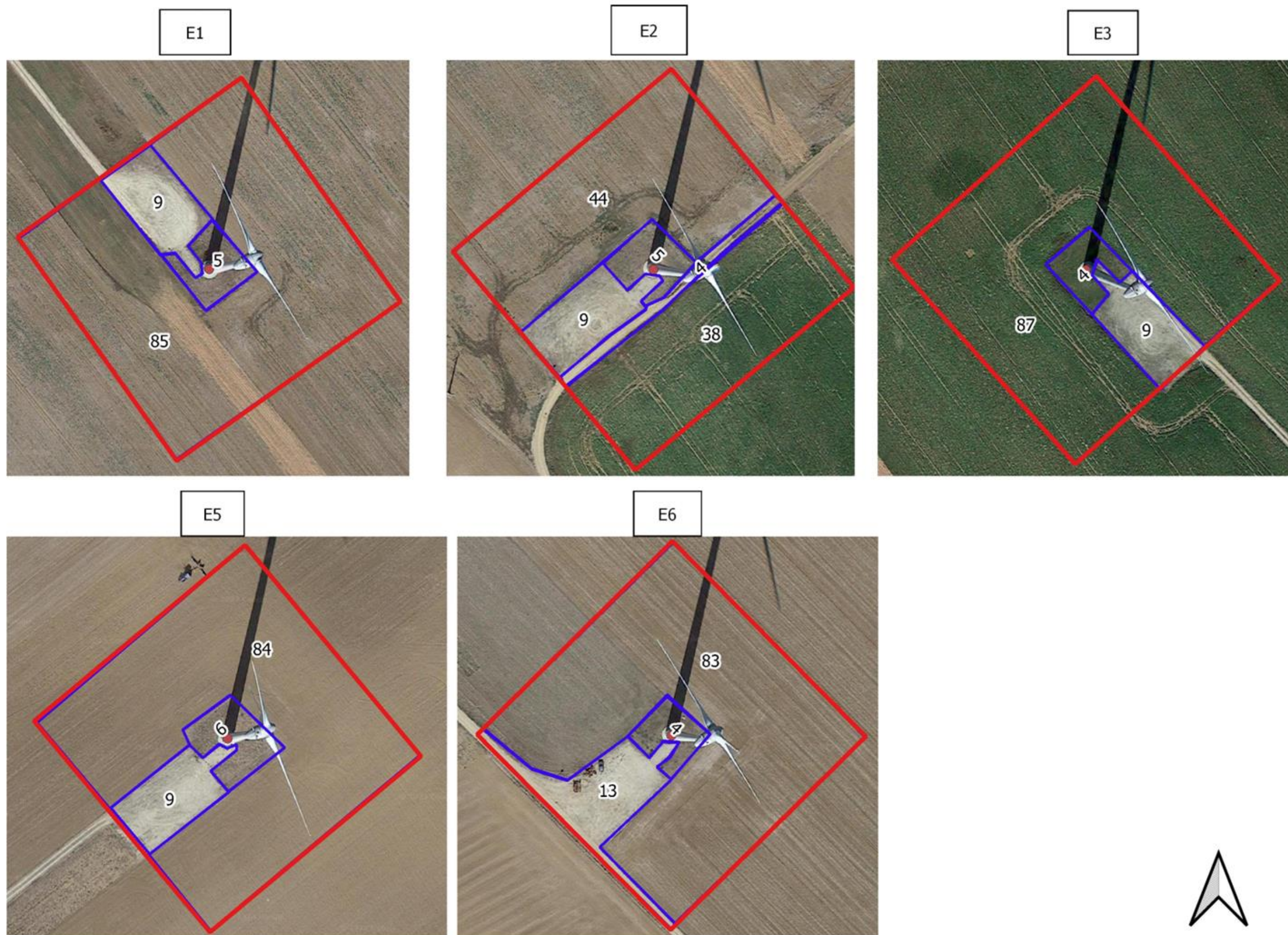
Chercheur :	Heure d'embauche :	Heure début suivi :	Temps de pause :
Date :	Heure de débauche :	Heure fin suivi :	Orages ?

CONTEXTE

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

DECOUVERTES IN PROTOCOLE

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



9.4 Annexe 4 : Données brutes des relevés de mortalité EXEN

▪ Chauves-souris

Date	Découvreur	Mortalité (Oui ou non)	Plumée ou cadavre	Eolienne	Distance au mat (m)	Direction par rapport au mat	Date de mortalité estimée	Espèce	Nom latin	Type de vol	Sexe	Age	Mesure de l'avant-bras (mm)
22/08/2023	AC	Oui	cadavre	BIN06	24	SO	15/08/2023	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Vol haut	Indéterminé	Indéterminé	52

▪ Oiseaux

Date	Découvreur	Mortalité (Oui ou non)	Plumée ou cadavre	Eolienne	Distance au mat (m)	Direction par rapport au mat	Date de mortalité estimée	Espèce	Nom latin	Type de vol	Sexe	Age
11/07/2023	AC	Oui	cadavre	BIN06	11	S	10/07/2023	Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau		
25/07/2023	AC	Oui	cadavre	BIN01	35	E	22/07/2023	Epervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>	Petit rapace	Femelle	