



Parc éolien de Champagne Berrichonne (36)

Suivi environnemental post-implantation 2022 ciblé sur les chauves-souris et les oiseaux

Suivi de l'activité des chauves-souris en nacelle

Suivi de l'activité des oiseaux nicheurs

Suivi de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux



SARL EXEN
RD64, route de Buzains, 12310 VIMENET
Tél : 05 81 63 05 99
ybeucher@exen.pro

Juin 2023

Parc éolien de Champagne Berrichonne (36)

Suivi environnemental post-implantation 2022 ciblé sur les chauves-souris et les oiseaux

Suivi de l'activité des chauves-souris en nacelle

Suivi de l'activité des oiseaux nicheurs

Suivi de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux

- **Rédaction, relecture, corrections** : E. André, A. Comby, S. Dervaux, M. Florentin ; A. Langlois, T. Mouysset
- **Analyse des données, interprétations** : E. André, A. Comby, S. Dervaux
- **Organisation, méthodes** : F. Albespy, Y. Beucher, A. Langlois
- **Recherches de mortalité sur site** : H. Bonnet, C. Bouldoyre, L. Bruneau, J. Caylet, D. Cornet, S. Dervaux, C. Metge, C. Respaud, K. Sotier, E. Lasserre, T. Ledoux, A. Auguy
- **Visites de terrain avifaune 2022** : J. Caylet, A. Comby, E. Dupuis, L. Nazon

Juin 2023

SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	3	3.3.7 Rythme d'activité nocturne.....	31
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	7	3.3.8 Synthèse interannuelle (2018-2022).....	32
1 OBJET.....	11	4 SUIVI DE L'ACTIVITE DES OISEAUX.....	33
2 CONTEXTE.....	11	4.1 METHODOLOGIE.....	33
3 SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHAUVES-SOURIS EN HAUTEUR.....	14	4.1.1 Rappel méthodologique utilisé lors de l'état initial (EXEN 2009).....	33
3.1 METHODOLOGIE.....	14	4.1.1.1 Passereaux et assimilés.....	33
3.1.1 Suivi automatisé en continu (passif) : généralités et organisation.....	14	4.1.1.2 Suivi des rapaces nicheurs diurnes et autres grandes espèces.....	33
3.1.2 Suivi passif depuis la nacelle des éoliennes.....	14	4.1.2 Recueil de données de terrain des suivis post-implantation.....	34
3.1.3 Plage/pression de suivi en hauteur.....	16	4.1.3 Méthode générale de suivi de l'avifaune nicheuse des suivis post-implantation.....	34
3.1.4 Évaluation de l'activité.....	16	4.1.3.1 Passereaux et assimilés.....	34
3.1.5 Référentiel de niveau d'activité.....	16	4.1.3.2 Suivi des rapaces nicheurs diurnes et autres grandes espèces.....	35
3.1.6 Utilisation de l'espace par les chauves-souris et typologie des modes de vol.....	17	4.1.4 Présentation des données des suivis post-implantation.....	35
3.2 LIMITES DE LA METHODOLOGIE.....	19	4.1.5 Points d'observation et d'écoute des suivis post-implantation.....	36
3.2.1 Suivi passif (Batcorder depuis la nacelle).....	19	4.1.6 Dates et conditions de suivi des suivis post-implantation.....	38
3.2.2 Difficultés d'identification acoustique de certaines espèces.....	19	4.2 DIVERSITE SPECIFIQUE, CORTEGE D'ESPECES, PATRIMONIALITE.....	39
3.2.3 Une détection divergente selon les espèces.....	20	4.2.1 Espèces protégées au titre de la loi du 10 juillet 1976.....	44
3.2.4 Autres limites de détection acoustique.....	20	4.2.2 Espèces inscrites à l'annexe 1 de la Directive « Oiseaux ».....	44
3.3 RESULTATS DU SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES.....	22	4.2.3 Espèces menacées inscrites sur la liste des espèces menacées en France (UICN 2016).....	44
3.3.1 Cortège d'espèces.....	22	4.2.5 Espèces menacées inscrites sur la liste des espèces menacées en ex-région Centre (2013).....	47
3.3.2 Proportion d'espèces.....	23	4.3 RESULTATS DU SUIVI DES OISEAUX NICHEURS.....	48
3.3.3 Évolution saisonnière.....	24	4.3.1 Biodiversité.....	48
3.3.4 Chronologie de l'activité.....	26	4.3.1.1 Rappel des résultats du suivi de l'avifaune nicheuse à l'état initial en 2006 (EXEN, 2009).....	48
3.3.5 Influence de la vitesse du vent.....	29	4.3.1.2 Rappel des résultats du suivi de l'avifaune nicheuse pendant la phase chantier en 2016 (EXEN, 2016).....	49
3.3.6 Influence de la température.....	30	4.3.1.3 Résultats du suivi de l'avifaune nicheuse en 2018.....	49
		4.3.1.4 Résultats du suivi de l'avifaune nicheuse en 2019.....	50

4.3.1.5	Résultats du suivi de l'avifaune nicheuse en 2020.....	51	5.2.4	Organisation des parcours de prospection.....	87
4.3.1.6	Résultats des suivis des nicheurs 2021	52	5.2.5	Recueil des données et destination des cadavres.....	89
4.3.1.7	Résultats des suivis des nicheurs 2022	53	5.2.6	Détermination des coefficients correcteurs	90
4.3.2	Résultats comportementaux et fonctionnalité du parc éolien	54	5.2.6.1	Organisation générale	90
4.3.2.1	Les passereaux et assimilés.....	54	5.2.6.2	Test de l'efficacité du chercheur (ou « test de détection »).....	90
4.3.2.2	Les rapaces	62	5.2.6.3	Tests de disparition (ou « test de persistance »).....	92
4.3.3	Densités et fréquences relatives.....	69	5.2.7	Estimation du taux de mortalité.....	92
4.3.3.1	Rappel des résultats du suivi de l'avifaune nicheuse à l'état initial en 2006 (EXEN, 2009).....	69	5.2.7.1	Les formules utilisées	92
	Les tableaux suivants rappellent les résultats des IPA réalisés en 2006 lors de l'état initial.	69	5.2.7.2	EolApp (Besnard et Bernard, 2018).....	95
4.3.3.2	Résultats des suivis post-implantation entre 2018 et 2022.....	71	5.2.8	Evaluation des impacts du parc éolien de Champagne berrichonne.....	95
4.3.4	Comparaison des cortèges d'espèces nicheuses entre l'état initial et les suivis post-implantation de 2018 , 2019, 2020, 2021 et 2022	77	5.3	BILAN DE LA MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS	96
4.3.4.1	Espèces nicheuses contactées avant et après implantation des éoliennes.....	77	5.3.1	Bilan des mortalités par éolienne.....	96
	Passereaux et assimilés.....	77	5.3.2	Chronologies constatées et corrigées des mortalités de chauves-souris.....	97
	Rapaces	78	5.3.3	Typologie des cadavres découverts	98
4.3.4.2	Espèces nicheuses recensées uniquement avant implantation des éoliennes	79	5.3.4	Relation espèce / éolienne et type de vol / éolienne.....	99
4.3.4.3	Espèces nicheuses recensées uniquement après implantation des éoliennes.....	79	5.3.5	Chronologie des mortalités, phénologies des espèces et tentatives d'interprétations	100
4.3.5	Hauteur de vol de l'avifaune nicheuse entre 2018 et 2022.....	80	5.3.6	Interprétation par espèce	101
4.4	CONCLUSIONS SUR LE SUIVI DE L'ACTIVITE DE L'AVIFAUNE	84	5.3.7	Dispersion des cadavres sous les éoliennes	102
5	SUIVI DE LA MORTALITE DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX.....	85	5.3.8	Taux de mortalité des chauves-souris	103
5.1	OBJECTIFS DU SUIVI DE LA MORTALITE	85	5.3.8.1	Planning du suivi de la mortalité et évolution du type de végétation en 2022	103
5.2	METHODOLOGIE.....	85	5.3.8.2	Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules)	104
5.2.1	Choix d'une méthode standardisée.....	85		Paramètre p (formules de Winckelmann + Erickson adaptée).....	105
5.2.2	Choix des périodes de suivis et fréquence des visites	85		Paramètre Tm (formules de Erickson + Jones + Huso)	105
5.2.3	Choix des éoliennes suivies	86	5.3.8.3	Estimation de la mortalité avec la première méthode de calcul (méthode des « moyennes »).....	107
			5.3.8.4	Estimation de la mortalité avec la seconde méthode (méthode « pondérée »).....	108

5.3.8.5	Estimation de la mortalité avec l'application EolApp.....	108	6.2.1	Analyse quantitative et comparaisons avec d'autres parcs éoliens.....	126
5.3.8.6	Comparaison entre les différents calculs du taux de mortalité des chauves-souris en 2022	109	6.2.2	Analyse qualitative des impacts sur l'avifaune	126
5.4	BILAN DE LA MORTALITE DES OISEAUX	110	7	ÉVALUATION DE L'EFFICACITE DES MESURES DE REGULATION	127
5.4.1	Bilan des mortalités par éolienne	110	7.1	CONCERNANT LES CHIROPTERES	127
5.4.2	Chronologies constatées et corrigées des mortalités d'oiseaux	111	7.1.1	Confrontation entre les données de mortalité et les données d'activité	127
5.4.3	Typologie des cadavres découverts	112	7.1.2	Vérification du dimensionnement de la régulation.....	129
5.4.4	Relation espèce / éolienne	113	7.1.3	Vérification de l'implantation du pattern de régulation en machine	130
5.4.5	Chronologie des mortalités, phénologies des espèces et tentatives d'interprétations	114	7.1.4	Comparaison interannuelle des données brutes de mortalité et des taux de mortalité estimés.....	132
5.4.6	Interprétation par espèce.....	115	- Toute l'année	133	
5.4.7	Dispersion des cadavres sous les éoliennes	116	- Vent < 4 m/s,.....	133	
5.4.8	Taux de mortalité des oiseaux	117	- Toute la nuit (du coucher du soleil au lever du soleil),.....	133	
5.4.8.1	Planning du suivi de la mortalité et évolution du type de végétation en 2022	117	- Toutes les éoliennes	133	
5.4.8.2	Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules).....	118	- Toute l'année	133	
	Paramètre p (formules de Winkelmann + Erickson adaptée).....	119	- Vent < 4 m/s,.....	133	
	Paramètre Tm (formules de Erickson + Jones + Huso)	119	- Toute la nuit (du coucher du soleil au lever du soleil),.....	133	
5.4.8.3	Estimation de la mortalité avec la première méthode de calcul (méthode des « moyennes »).....	119	Du 01/05 au 25/06 :	133	
5.4.8.4	Estimation de la mortalité avec la seconde méthode (méthode « pondérée »).....	120	Du 01/05 au 25/06 :	133	
5.4.8.5	Calcul de la mortalité avec l'application EolApp	121	7.2	CONCERNANT LES OISEAUX.....	134
5.4.8.6	Comparaison entre les différents calculs du taux de mortalité des oiseaux en 2022	121	8	PROPOSITION DE MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS	135
5.4.9	Synthèse interannuelle (2018-2022).....	122	8.1	MODIFICATION DE LA MESURE DE REGULATION NOCTURNE DES MACHINES	135
6	EVALUATION DES IMPACTS DU PARC EOLIEN DE CHAMPAGNE BERRICHONNE.....	123	8.2	VEILLER A LA BONNE IMPLANTATION DU PATTERN DE REGULATION	135
6.1	IMPACT SUR LES CHIROPTERES	123	8.3	LIMITER LA FREQUENTATION DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX AUTOUR DES EOLIENNES	136
6.1.1	Analyse quantitative et comparaisons avec d'autres parcs éoliens	123	8.4	RECONDUITE DES MESURES DE REGULATION DES MACHINES CIBLEES SUR LA FAUNE VOLANTE.....	136
6.1.2	Analyse qualitative des impacts sur les chiroptères	124	9	SUIVIS POUR VERIFIER L'EFFICACITE DES MESURES DE REDUCTION.....	137
6.2	IMPACT SUR L'AVIFAUNE.....	126	9.1	SUIVI DE LA MORTALITE.....	137

9.2 SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES EN NACELLE	137
BIBLIOGRAPHIE.....	138
ANNEXES	139
ANNEXE 1 : DONNEES BRUTES DES OISEAUX NICHEURS	140
ANNEXE 2 : FICHE DE RELEVÉ DE TERRAIN	155
ANNEXE 3 : DONNEES BRUTES DE MORTALITES DECOUVERTES EN 2022.....	157
ANNEXE 4 : CHRONOLOGIE NOCTURNE DU FONCTIONNEMENT DE LA REGULATION, SUR L'EOLIENNE E1 (EXTRAIT DU RAPPORT ISSU DE PROBAT INSPECTOR (© OEKOFOR GbR ; HTTPS://OEKOFOR.SHINYAPPS.IO/PROBAT-INSPECTOR/).....	158
ANNEXE 5 : CHRONOLOGIE NOCTURNE DU FONCTIONNEMENT DE LA REGULATION, SUR L'EOLIENNE E2 (EXTRAIT DU RAPPORT ISSU DE PROBAT INSPECTOR (© OEKOFOR GbR ; HTTPS://OEKOFOR.SHINYAPPS.IO/PROBAT-INSPECTOR/).....	159
ANNEXE 6 : CHRONOLOGIE NOCTURNE DU FONCTIONNEMENT DE LA REGULATION, SUR L'EOLIENNE E3 (EXTRAIT DU RAPPORT ISSU DE PROBAT INSPECTOR (© OEKOFOR GbR ; HTTPS://OEKOFOR.SHINYAPPS.IO/PROBAT-INSPECTOR/).....	160
ANNEXE 7 : CHRONOLOGIE NOCTURNE DU FONCTIONNEMENT DE LA REGULATION, SUR L'EOLIENNE E5 (EXTRAIT DU RAPPORT ISSU DE PROBAT INSPECTOR (© OEKOFOR GbR ; HTTPS://OEKOFOR.SHINYAPPS.IO/PROBAT-INSPECTOR/).....	161

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Carte de localisation du parc éolien sur une large échelle.....	12	Figure 17 : Détails d'activité nocturne des pics d'activité par espèce relevés en nacelle d'éolienne E4.....	28
Figure 2 : Carte de localisation du parc éolien sur fond de carte IGN.....	13	Figure 18 : Corrélation inverse entre la vitesse du vent et l'activité cumulée des chauves-souris au niveau de l'éolienne E4 (sur la base des données relevées en 2022 en nacelle d'éolienne).....	29
Figure 3 : Cliché de l'installation du Batcorder en nacelle avec micro à travers la paroi de la nacelle.....	14	Figure 19 : Décomposition de l'activité cumulée des chauves-souris en hauteur en fonction de la température relevée au niveau de l'éolienne E4.....	30
Figure 4 : Zone de couverture acoustique des Batcorders sous les nacelles d'éoliennes (modèle Enercon E72 en haut, modèle Vestas en bas).....	15	Figure 20 : Rythme d'activité nocturne (en seconde d'activité cumulée) par groupe d'espèces mesuré au niveau de l'éolienne E4 (en 2022).....	31
Figure 5 : Distances de détection (minimum et maximum) pour des signaux de pipistrelles et noctules (20 et 40 kHz de fréquences).....	15	Figure 21 : Décomposition de l'activité moyenne (en seconde d'activité par nuit) des chauves-souris au niveau de la nacelle de l'éolienne E4 en fonction de l'écart avec le lever ou le coucher du soleil.....	31
Figure 6 : Synthèse des plages de fonctionnement du module Batcorder autonome en continu, et nombre d'enregistrements relevés.....	16	Figure 22 : Bilan des résultats des suivis d'activité en continu entre 2018 et 2022.....	32
Figure 7 : Schéma caractérisant le paramètre « posttrigger » (ici configuré sur 400 ms).....	16	Figure 23 : Localisation des points d'écoute utilisés en 2006.....	33
Figure 8 : Référentiel EXEN de niveau d'activité pour une nuit mesurée par un Batcorder en éolienne (en secondes d'activité cumulée/nuit).....	16	Figure 24 : Carte de localisation des points d'observations utilisés pour le suivi de l'activité de l'avifaune entre 2018 et 2022.....	37
Figure 9 : Schéma des différents types de vols des chauves-souris.....	18	Figure 25 : Tableau de synthèse des conditions de visites de terrain 2018.....	38
Figure 10 : Exemple de recouvrements dans les signaux de plusieurs espèces (En haut : le groupe des Fréquences Modulées Aplanies >30kHz, en bas, le groupe des « Sérotules »).....	19	Figure 26 : Tableau de synthèse des conditions de visites de terrain 2019.....	38
Figure 11 : 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).....	20	Figure 27 : Tableau de synthèse des conditions de visites de terrain 2020.....	38
Figure 12 : 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).....	21	Figure 28 : Tableau de synthèse des conditions de visites de terrain 2021.....	39
Figure 13 : Tableau recensant l'ensemble des espèces contactées au cours du suivi en continu (X : présence certaine, (X) : présence supposée, espèce non discriminée avec certitude).....	22	Figure 29 : Tableau de synthèse des conditions de visites de terrain 2022.....	39
Figure 14 : Proportion d'activité par groupe d'espèces relevée au niveau du point d'enregistrement en continu sur l'éolienne E4 (en haut détail par espèce, en bas par groupe de vol).....	23	Figure 30 : Liste et statuts de protection et de conservation de l'ensemble des espèces d'oiseaux contactées au cours du suivi post-implantation de 2018.....	41
Figure 15 : Tableau de continuité de présence de chaque espèce (ou groupe d'espèces) au cours du suivi en continu en 2022, basée sur les données enregistrées en nacelle d'éolienne E4 (en seconde d'activité par quinzaine).....	25	Figure 31 : Liste et statuts de protection et de conservation de l'ensemble des espèces d'oiseaux contactées au cours du suivi post-implantation de 2019.....	41
Figure 16 : 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 E4.....	27	Figure 32 : Liste et statuts de protection et de conservation de l'ensemble des espèces d'oiseaux contactées au cours du suivi post-implantation de 2020.....	42
		Figure 33 : Liste et statuts de protection et de conservation de l'ensemble des espèces d'oiseaux contactées au cours du suivi post-implantation de 2021.....	42
		Figure 34 : Liste et statuts de protection et de conservation de l'ensemble des espèces d'oiseaux contactées au cours du suivi post-implantation de 2022.....	43
		Figure 35 : Tableau de la liste d'espèces nicheuses contactées lors du suivi de l'état initial en 2006.....	48

Figure 36 : Tableau de la liste d'espèces nicheuses contactées lors du suivi post-implantation en 2018 .49	Figure 55 : Cliché d'un bruant proyer observée sur le site le 15 mai 2020..... 71
Figure 37 : Tableau de la liste d'espèces nicheuses contactées lors du suivi post-implantation en 2019 .50	Figure 56 : Tableau des IPA par points d'écoute et par espèce lors du suivi de 2018.....72
Figure 38 : Tableau de la liste d'espèces nicheuses contactées lors du suivi post-implantation en 2020 .51	Figure 57 : Graphique des IPA moyens et fréquence relative par espèce en 2018 72
Figure 39 : Tableau de la liste d'espèces nicheuses contactées lors du suivi post-implantation en 2021 .52	Figure 58 : Tableau des IPA par points d'écoute et par espèce lors du suivi de 2019..... 73
Figure 40 : Tableau de la liste d'espèces nicheuses contactées lors du suivi post-implantation en 2022 .53	Figure 59 : Graphique des IPA moyens et fréquence relative par espèce en 2019 73
Figure 41 : Cliché d'une bergeronnette printanière observée sur le site le 15 mai 2020..... 56	Figure 60 : Tableau des IPA par points d'écoute et par espèce lors du suivi de 2020..... 74
Figure 42 : Carte des données brutes des passereaux patrimoniaux et assimilés en période de reproduction sur le parc éolien de Champagne Berrichonne en 2018..... 57	Figure 61 : Graphique des IPA moyens et fréquence relative par espèce en 2020 74
Figure 43 : Carte des données brutes des passereaux patrimoniaux en période de reproduction sur le parc éolien de Champagne Berrichonne en 2019 58	Figure 62 : Tableau des IPA par points d'écoute et par espèce lors du suivi de 2021 75
Figure 44 : Carte des données brutes des passereaux patrimoniaux en période de reproduction sur le parc éolien de Champagne Berrichonne en 2020 59	Figure 63 : Graphique des IPA moyens et fréquence relative par espèce en 2021 75
Figure 45 : Carte des données brutes des passereaux et des intermédiaires patrimoniaux en période de reproduction sur le parc éolien de Champagne Berrichonne en 2021 60	Figure 64 : Tableau des IPA par points d'écoute et par espèce lors du suivi de 2022..... 76
Figure 46 : Carte des données brutes des passereaux et des intermédiaires patrimoniaux en période de reproduction sur le parc éolien de Champagne Berrichonne en 2022 61	Figure 65 : Graphique des IPA moyens et fréquence relative par espèce en 2022 76
Figure 47 : Cliché d'un busard Saint-Martin observée sur le site le 18 avril 2018 63	Figure 66 : Liste des espèces contactées avant et / ou après implantation des éoliennes suite au suivi de 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022..... 77
Figure 48 : Carte des données brutes des rapaces en période de nidification sur le parc éolien de Champagne Berrichonne en 2018..... 64	Figure 67 : Graphique du nombre d'individus en fonction de la hauteur de vol en période nuptiale de 2018 80
Figure 49 : Carte des données brutes des rapaces en période de nidification sur le parc éolien de Champagne Berrichonne en 2019..... 65	Figure 68 : Graphique du nombre d'individus en fonction de la hauteur de vol en période nuptiale de 2019 80
Figure 50 : Carte des données brutes des rapaces en période de nidification sur le parc éolien de Champagne Berrichonne en 2020..... 66	Figure 69 : Graphique du nombre d'individus en fonction de la hauteur de vol en période nuptiale de 2020 81
Figure 51 : Carte des données brutes des rapaces en période de nidification de 2021 sur le parc éolien de Champagne Berrichonne..... 67	Figure 70 : Répartition du nombre d'individus par hauteur de vol en période nuptiale de 2021 81
Figure 52 : Carte des données brutes des rapaces en période de nidification de 2022 sur le parc éolien de Champagne Berrichonne..... 68	Figure 71 : Tableau de la répartition du nombre d'individus en fonction de la hauteur de vol en période nuptiale sur 4 années de suivi entre 2018 et 2021..... 81
Figure 53 : Tableau des IPA par points d'écoute et par espèce lors de l'état initial de 2006 69	Figure 72 : Carte des hauteurs de vol des rapaces en période nuptiale de 2020..... 82
Figure 54 : Graphique des indices IPA moyens par espèce et par point d'observation lors de l'état initial de 2006..... 70	Figure 73 : Carte des hauteurs de vol des rapaces en période nuptiale de 2021 82
	Figure 74 : Graphique du nombre d'individus en fonction de la hauteur de vol en période nuptiale de 2022 83
	Figure 75 : Carte des hauteurs de vol d'oiseaux en période nuptiale de 2022..... 83

Figure 76 Tableau de la répartition du nombre d'individus en fonction de la hauteur de vol en période nuptiale sur 4 années de suivi entre 2018 et 2022.....	83	Figure 96 : Graphique de répartition des cadavres de Noctule commune en 2022 par classe de distances vis-à-vis du mât de l'éolienne	102
Figure 77 : Calendrier des dates de visites effectuées lors du suivi de 2022.....	86	Figure 97 : 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).....	103
Figure 78 : Schéma représentatif du transect de prospection théorique.....	87	Figure 98 : Tableau des résultats des tests de découverte et calcul du coefficient de détection d.....	104
Figure 79 : Cartes de l'orientation des carrés et de la surface prospectée lors du suivi mortalité sous les éoliennes de Champagne berrichonne en 2022	88	Figure 99 : Tableau des résultats des tests de persistance ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance	104
Figure 80 : Clichés des principaux critères utilisés pour la détermination des chauves-souris.....	89	Figure 100 : Schéma de calcul du « nombre de cadavre encore présent après 1 jours ».....	105
Figure 81 : Cliché d'exemple d'enfouissement d'une Pipistrelle de Kuhl (Pipistrellus kuhlii) par un couple de Nécrophore chasseur (Nicrophorus investigator), sous un autre parc.....	90	Figure 101 : Paramètres de calcul des équations selon la première méthode de calcul.....	107
Figure 82 : Clichés des peluches utilisées pour la réalisation des tests de détection (sur un autre site) ...	91	Figure 102 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2022 (première méthode de calculs)	107
Figure 83 : Clichés témoignant de la difficulté de perception des peluches dispersées (sur un autre site).....	91	Figure 103 : Paramètres pour le calcul des équations selon la deuxième méthode de calcul	108
Figure 84 : Grille de calcul pour la définition du risque d'occurrence de la mortalité (Sensibilité*Nombre de mortalité brutes).....	95	Figure 104 : Résultats des calculs du taux de mortalité 2022 des chauves-souris par la seconde méthode de calcul.....	108
Figure 85 : Grille de calcul pour la définition du niveau d'impact théorique (Patrimonialité*Risque d'occurrence).....	95	Figure 105 : Paramètres à renseigner dans l'application EolApp.....	108
Figure 86 : Bilan des mortalités de chauves-souris constatées en 2022 et répartition par éolienne	96	Figure 106 : Sortie de l'application EolApp (IC : Intervalle de confiance).....	108
Figure 87 : Chronologie des mortalités de chauves-souris (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne en 2022.....	97	Figure 107 : Comparatif des taux de mortalité calculés en 2022 et intervalles de confiance à 80% et à 95%	109
Figure 88 : Chronologie des mortalités de chauves-souris estimées (corrigées) par mois en 2022.....	98	Figure 108 : Bilan des mortalités des oiseaux constatées en 2022 et répartition par éolienne.....	110
Figure 89 : Tableau représentant les statuts de protection et de conservation des espèces de chauves-souris retrouvées sous les éoliennes.....	98	Figure 109 : Chronologie des mortalités des oiseaux (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne en 2022.....	111
Figure 90 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèce (effectifs constatés) en 2022	98	Figure 110 : Chronologie des mortalités d'oiseaux estimées (corrigées) par mois en 2022	112
Figure 91 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2022	99	Figure 111 : Tableau représentant les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux retrouvées sous les éoliennes	112
Figure 92 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2022 en fonction du type de vol	99	Figure 112 : Répartition des mortalités d'oiseaux par espèce (effectifs constatés) en 2022.....	112
Figure 93 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèce (effectifs constatés) en 2022	100	Figure 113 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2022.....	113
Figure 94 : Clichés des noctules communes découvertes le 18 août sous l'éolienne E4 et le 1 ^{er} septembre 2022 sous l'éolienne E1	101	Figure 114 : Répartition des mortalités d'oiseaux par espèce (effectifs constatés) en 2022.....	114
Figure 95 : Cliché de la Pipistrelle commune découverte le 21 octobre sous l'éolienne E2	101		

Figure 115 : Cliché du cadavre du Roitelet à triple bandeau retrouvé sous l'éolienne E2 le 31 octobre 2022	115	Figure 132 : Évaluation des impacts du parc éolien de Champagne berrichonne sur les chauves-souris (en vert les espèces identifiées avec certitude via le suivi d'activité en hauteur et/ou le suivi de la mortalité au sol)	125
Figure 116 : Cliché du cadavre de la Mouette rieuse retrouvé sous l'éolienne E5 le 7 novembre 2022 ..	115	Figure 133 : Tableau des niveaux d'impact théoriques par espèce définis pour le parc éolien de Champagne berrichonne	126
Figure 117 : Graphique de répartition des cadavres de 2022 par classe de distances vis-à-vis du mât de l'éolienne	116	Figure 134 : Chronologies comparées de l'activité chiroptérologique relevée lorsque les pales tournent (sur la base des données recueillies en nacelle d'éolienne E4) et des mortalités constatées au sol en 2022 ..	128
Figure 118 : 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).....	117	Figure 135 : Simulation de l'activité totale qui devait être à risque en nacelle de l'éolienne E4, compte tenu des paramètres de régulation, en fonction des groupes de vol	129
Figure 119 : Tableau des résultats des tests de découverte et calcul du coefficient de détection d	118	Figure 136 : Fonctionnement de la régulation sur le parc de Champagne Berrichonne, entre le 1 ^{er} août et le 31 octobre 2022	130
Figure 120 : Tableau des résultats des tests de persistance ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance.....	118	Figure 137 : Chronologie nocturne du fonctionnement de la régulation, sur l'éolienne E4 (extrait du rapport issu de Probat inspector (© OekoFor GbR ; https://oekofor.shinyapps.io/probat-inspector/) ..	131
Figure 121 : Paramètres de calcul des équations selon la première méthode de calcul	120	Figure 138 : Bilan des résultats de suivi de la mortalité et des moyens mis en œuvre pour réduire la mortalité de la faune volante	133
Figure 122 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2022 (première méthode de calculs)	120	Figure 139 : Tableau résumant l'activité protégée par le pattern préconisé	135
Figure 123 : Paramètres pour le calcul des équations selon la deuxième méthode de calcul	120	Figure 140 : Calendrier des visites préconisées pour le suivi de la mortalité et du suivi d'activité en nacelle en 2023	137
Figure 124 : Résultats des calculs du taux de mortalité 2022 des oiseaux par la seconde méthode de calcul	121		
Figure 125 : Paramètres à renseigner dans l'application EolApp	121		
Figure 126 : Sortie de l'application EolApp (IC : Intervalle de confiance)	121		
Figure 127 : Comparatif des taux de mortalité calculés en 2020 et intervalles de confiance à 80% et à 95%	121		
Figure 128 : Bilan des résultats des suivis de mortalité entre 2018 et 2022.....	122		
Figure 129 : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour différents suivis des parcs éoliens référencés en France (mise à jour du tableau de l'ALEPE).....	123		
Figure 130 : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour des parcs éoliens en Europe (Source ALEPE)	124		
Figure 131 : Niveau d'intensité des risques de mortalité (en vert, les espèces identifiées certitude via le suivi d'activité en hauteur et/ou le suivi de la mortalité au sol)	125		

1 OBJET

Le développeur éolien EDP Renewables a mandaté le bureau d'étude EXEN pour effectuer un suivi post-implantation du parc éolien de Champagne Berrichonne, situé sur les communes de Vouillon et d'Ambraut, dans l'Indre (36).

Le parc éolien de Champagne Berrichonne a été mis en service en avril 2017. La réglementation ICPE mise en place depuis 2011 impose un suivi de la mortalité, à raison d'une année obligatoire durant les 3 premières suivant l'implantation des éoliennes, ainsi que tous les 10 ans suivants. L'arrêté d'autorisation d'exploiter du 05/01/2015 prévoit la réalisation d'un suivi axé sur la mortalité de l'avifaune nicheuse et migratrice et des populations de chiroptères sur une période minimale de 5 ans après l'installation des éoliennes. Ces suivis d'impacts in situ ciblent tout particulièrement les chauves-souris et les oiseaux, les principaux groupes d'espèces animales les plus sensibles aux effets des parcs éoliens.

Pour ce type de suivi, la société EDPR, avait alors missionné en 2017, 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 l'activité des chauves-souris en nacelle d'éolienne, le suivi d'activité des oiseaux et le suivi de la mortalité au pied des éoliennes en 2018.

Au vu des impacts aussi bien qualitatifs que quantitatifs sur la faune volante, des mesures de réduction ont été préconisées dont la mise en place de pattern de régulation des machines. Afin de vérifier l'efficacité de la régulation, un suivi de la mortalité et un suivi d'activité chiroptérologique en nacelle ont été reconduits en 2019. Un suivi de l'activité des oiseaux a également été mené. En 2019, les impacts qualitatifs et quantitatifs étaient encore importants, du fait d'une régulation partiellement mise en place.

Un suivi de la mortalité couplé à un suivi d'activité des chauves-souris, ainsi qu'un suivi de l'activité des oiseaux ont donc été reconduits en 2020. Le rapport concluait que « *les trois années de suivis de la mortalité effectuées sur le parc de Champagne Berrichonne mènent à un niveau d'impact sur la faune volante qui semble diminuer au fil des suivis.*

Le pattern de régulation mis en place en 2020 est jugé correctement proportionné et assez efficace au vu de la diminution de la mortalité relevée sur le parc éolien entre 2018 et 2019. La reconduite des patterns de régulation est donc préconisée. » En revanche, les analyses ont pu montrer une légère différence de niveau d'activité entre l'activité réellement à risque et l'activité théoriquement à risque pour les chauves-souris et la régulation ciblée sur la migration des passereaux nocturnes a été partiellement mise en place.

Les préconisations pour le suivi de l'année 2021 étaient basées sur la vérification de la bonne mise en place des paramétrages de régulation pour la faune volante. Cependant, du fait de problèmes techniques, la régulation ciblée sur les chiroptères en nacelle d'éolienne E5 n'a pas été mise en place et la régulation ciblée sur les oiseaux migrateurs n'a pas pu être mise en place également.

Ainsi, un nouveau suivi a été préconisé afin de contrôler l'efficacité de la régulation chiroptère entre début août et début octobre et approfondir l'analyse comparative de l'activité réellement à risque des

chiroptères et théoriquement à risque en plus de contrôler la bonne mise en place de la régulation ciblée sur l'avifaune migratrice.

Ces contrôles sont réalisés à l'aide d'un suivi d'activité en nacelle et d'un suivi de mortalité au sol.

Le bureau d'étude EXEN a donc pris en charge le suivi de l'activité des chauves-souris en nacelle d'éolienne, le suivi des oiseaux nicheurs et le suivi de la mortalité de la faune volante au pied des éoliennes en 2022.

La synthèse des résultats des suivis doit permettre d'aboutir à une évaluation de l'efficacité du pattern de régulation et une évaluation objective des impacts du parc éolien sur cette faune volante.

2 CONTEXTE

Le parc éolien de Champagne Berrichonne, suivi en 2022, est situé sur les communes de Vouillon et d'Ambraut, dans l'Indre (36).

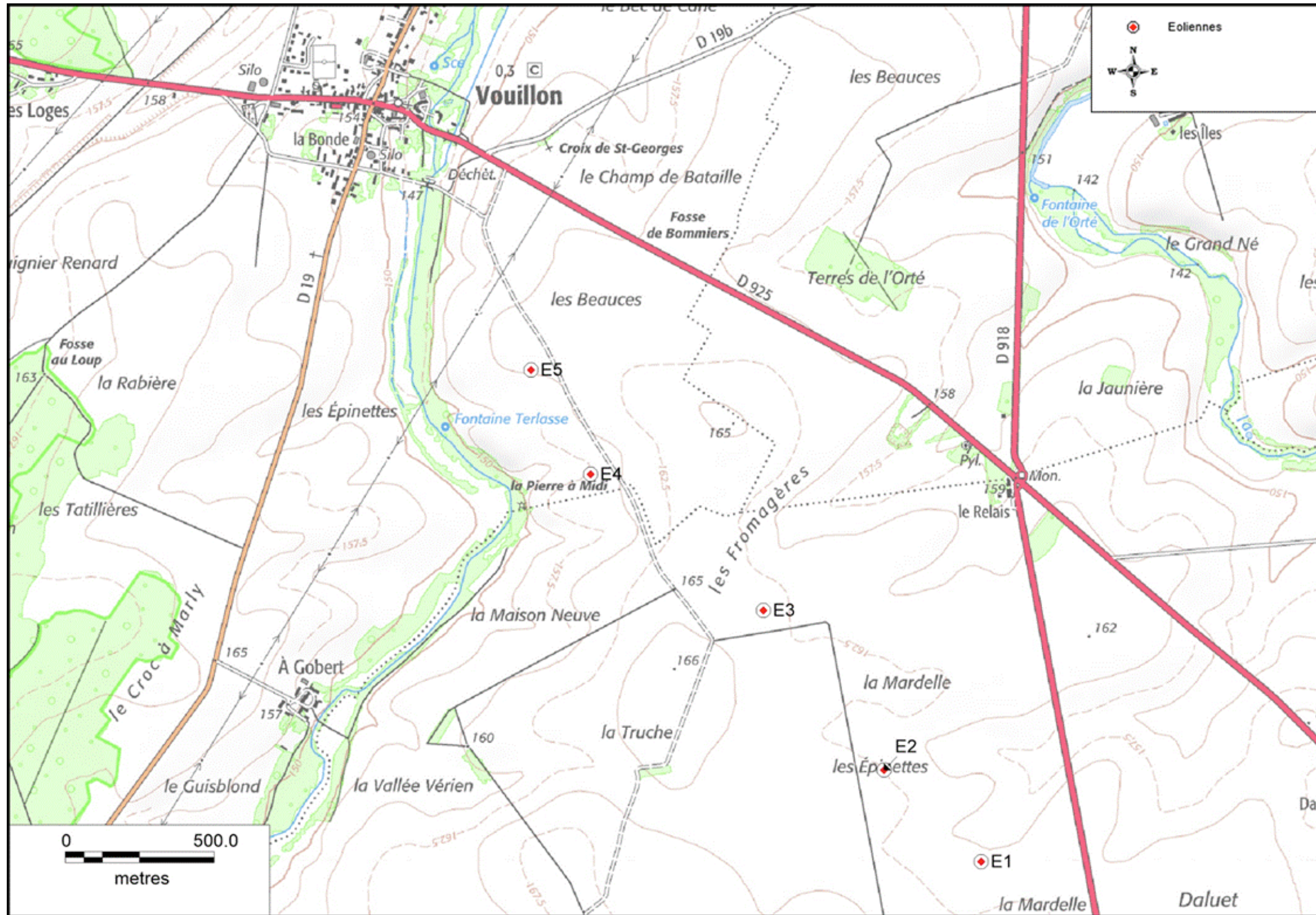
Le parc se situe dans un contexte majoritairement agricole, entouré de grandes cultures et longé à l'ouest par un cours d'eau, le ruisseau du Liennet (à 250 mètres au plus près à l'éolienne E4).

Le parc éolien est composé de 5 machines implantées sous la forme d'une seule ligne, orientée dans un axe nord-ouest/sud-est. Les éoliennes sont de type Gamesa G114/2100 (puissance de 2100 kW, diamètre du rotor de 114 m) pour le parc de Champagne Berrichonne.

Figure 1 : Carte de localisation du parc éolien sur une large échelle



Figure 2 : Carte de localisation du parc éolien sur fond de carte IGN



3 SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHAUVES-SOURIS EN HAUTEUR

3.1 Méthodologie

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

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

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

Au-delà de la prise en compte des biais d'échantillonnage temporel ou altitudinal, il reste la question de l'échantillonnage géographique. L'activité des chauves-souris s'organise aussi en fonction de la configuration du site, des types de milieux, des corridors de lisières, du contexte topographique et des phénomènes d'aérologie... et donc plus largement des fonctionnalités des différents secteurs pour les chiroptères. Il n'était toutefois pas envisagé d'installer un enregistreur automatique d'ultrasons sur chacune des éoliennes du parc éolien.

L'éolienne choisie en 2022 pour l'installation d'un module Batcorder autonome, dans une logique de continuité dans le suivi pluriannuel de l'activité, fut la même que celle retenue en 2018, 2019, 2020 et en 2021, c'est-à-dire l'éolienne E4. Lors du suivi 2019, il s'agissait de l'éolienne la plus accidentogène.

Le suivi en continu a permis de couvrir la période automnale sur l'éolienne E4 du parc de Champagne Berrichonne.

3.1.2 Suivi passif depuis la nacelle des éoliennes

Pour suivre l'activité des chauves-souris en parallèle de la mortalité, un détecteur/enregistreur d'ultrasons de type *Batcorder* (3.1) a été utilisé. Au-delà de la qualité du matériel et des enregistrements acoustiques, ce type de matériel présente en effet différents modules et paramétrages possibles selon la destination du boîtier, et bénéficie dans tous les cas, de capacités d'autonomie pour des suivis en continu et de contrôles à distance très avantageuse par rapport aux autres systèmes aujourd'hui sur le marché.

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

- Quality : 20
- Threshold : 27 dB
- Posttrigger : 800 ms
- Critical frequency : 14 kHz
- Noise Filter : Activé à partir du 18 août 2022
- Heure de déclenchement et de veille : 18h-8h (en heure locale)

Au niveau de l'éolienne équipée, 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 3 : Cliché de l'installation du Batcorder en nacelle avec micro à travers la paroi de la nacelle



Figure 4 : Zone de couverture acoustique des Batcorders sous les nacelles d'éoliennes (modèle Enercon E72 en haut, modèle Vestas en bas)

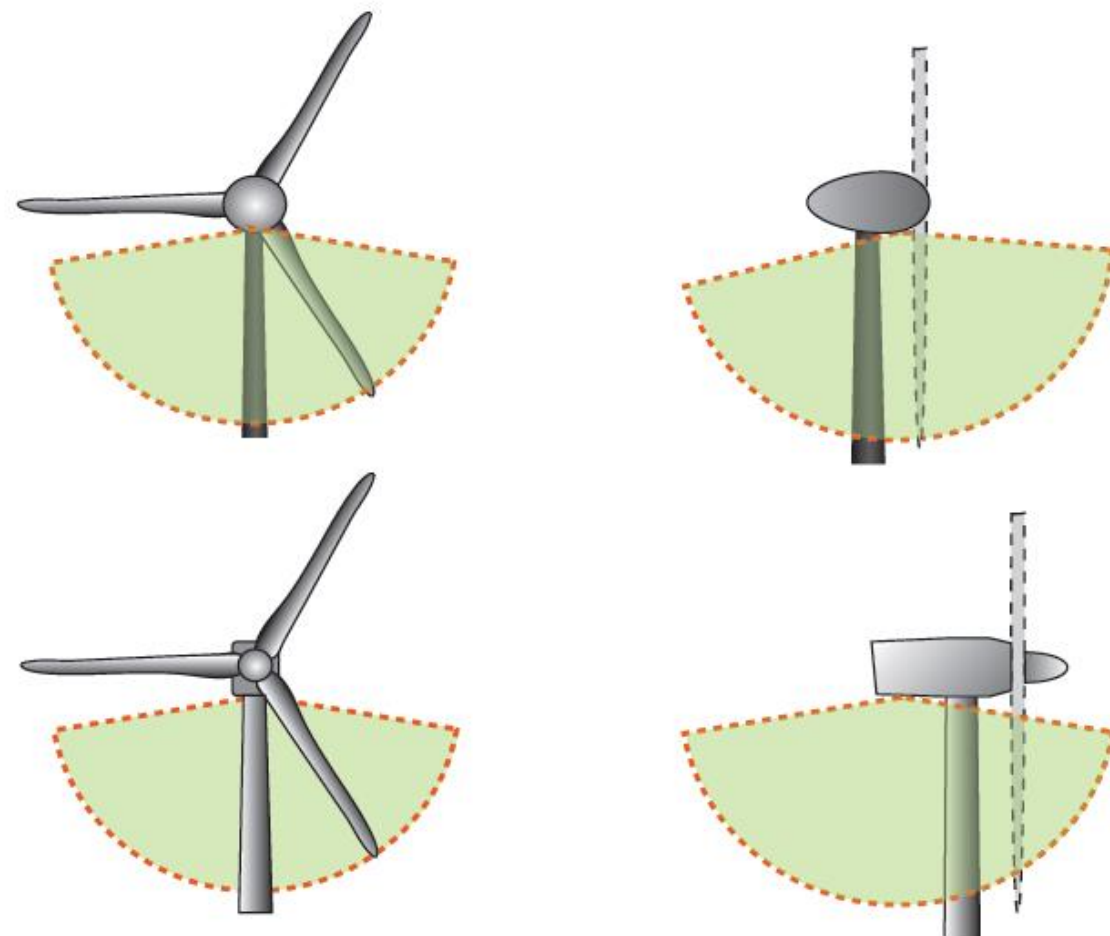
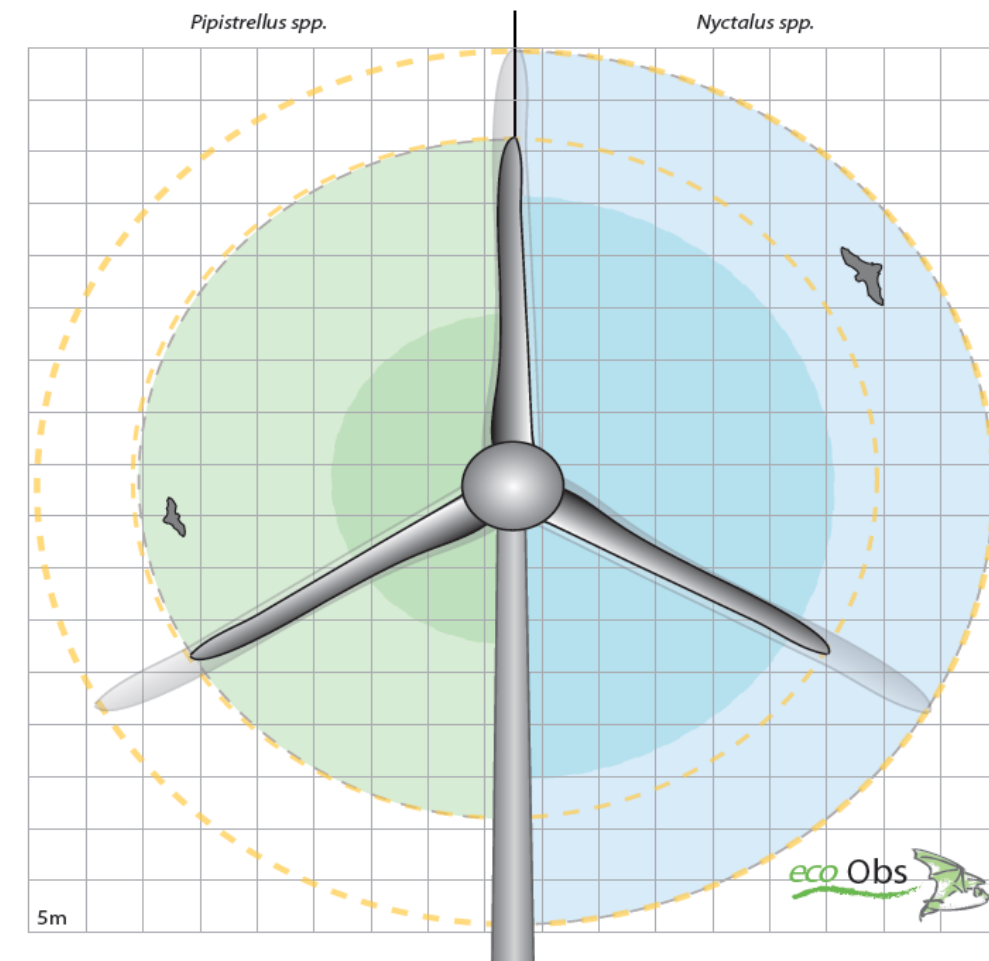


Figure 5 : Distances de détection (minimum et maximum) pour des signaux de pipistrelles et noctules (20 et 40 kHz de fréquences)



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

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

Un autre intérêt du système Batacorder réside aussi dans la facilité d'analyse des données, ce qui est particulièrement appréciable pour des plages d'enregistrements de plusieurs dizaines de milliers de séquences lorsque c'est le cas. Les séquences sonores des chauves-souris ont été enregistrées et sauvegardées numériquement sur une carte SDHC. Ces enregistrements sont ensuite gérés et traités par les logiciels *bcAdmin* et *batdent*. Les espèces sont déterminées par la comparaison statistique des ultrasons enregistrés avec les références d'une large sonothèque d'espèces du Paléarctique Occidental. Le logiciel libre « R » est l'outil d'interface statistique utilisé à cet égard. Dans un premier temps, si l'analyse automatique ne permet pas de déterminer l'espèce pour tous les contacts, un classement des enregistrements est proposé par groupes d'espèces en fonction de la typologie des signaux. L'analyse manuelle ultérieure de sons isolés est réalisée par la suite également très facilement grâce aux nombreuses fonctions du logiciel *bcAnalyze 3*. L'ensemble des outils proposés par EcoObs prennent régulièrement en compte l'évolution de la connaissance sur l'écologie acoustique des chiroptères en Europe et notamment en France. Dans ce cas précis, il sera abordé par la suite qu'au-delà des veilles et mises à jour régulières des paramètres d'analyse et des sons de références, plusieurs plugins proposent notamment une corrélation rapide des données d'activité des chiroptères avec les données météorologiques enregistrées sur l'éolienne.

3.1.3 Plage/pression de suivi en hauteur

Le module Batcorder autonome a été positionné sur l'éolienne E4, pendant la période allant du 1^{er} août au 15 novembre 2022. Une maintenance a été effectuée : le 18 août 2022 pour changer la carte SD. La mémoire de la carte étant pleine, aucune données n'a pu être relevée entre le 15 et le 17 août, soit pour une durée de 3 jours.

La continuité cumulée des enregistrements a été assurée sur plus de 3 mois, soit **102 nuits**, ce qui représente un cumul de près de **1 428 heures de veille acoustique en hauteur**.

Les enregistrements représentent **57 108 données** à analyser dont **514 correspondaient à des contacts de chiroptères** ; les autres enregistrements provenant de parasites acoustiques.

Figure 6 : Synthèse des plages de fonctionnement du module Batcorder autonome en continu, et nombre d'enregistrements relevés

Emplacement du module Batcorder autonome	Date d'intervention	Type d'intervention	Nombre total de séquences enregistrées	Nombre de séquences enregistrées correspondant à des chiroptères
Module Batcorder nacelle éolienne E4	01/08/2022	Installation	57 108	514
	18/08/2022	Maintenance		
	15/11/2022	Maintenance		

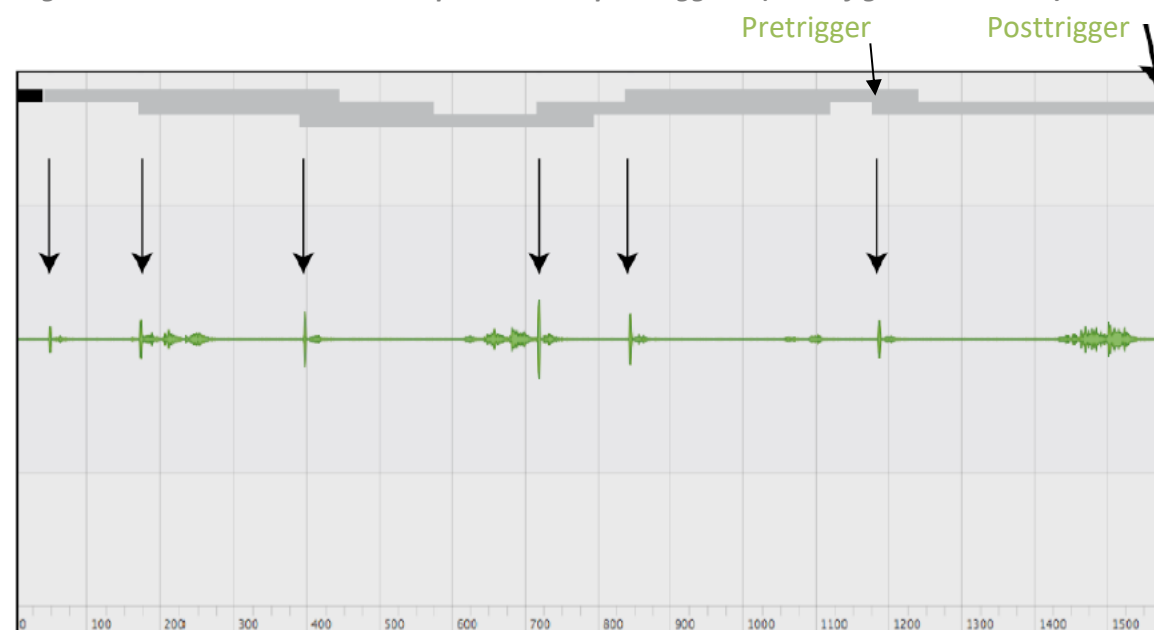
3.1.4 Évaluation de l'activité

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

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

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

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



3.1.5 Référentiel de niveau d'activité

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

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

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

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

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

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

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

De façon générale, il est distingué (Figure 9) :

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

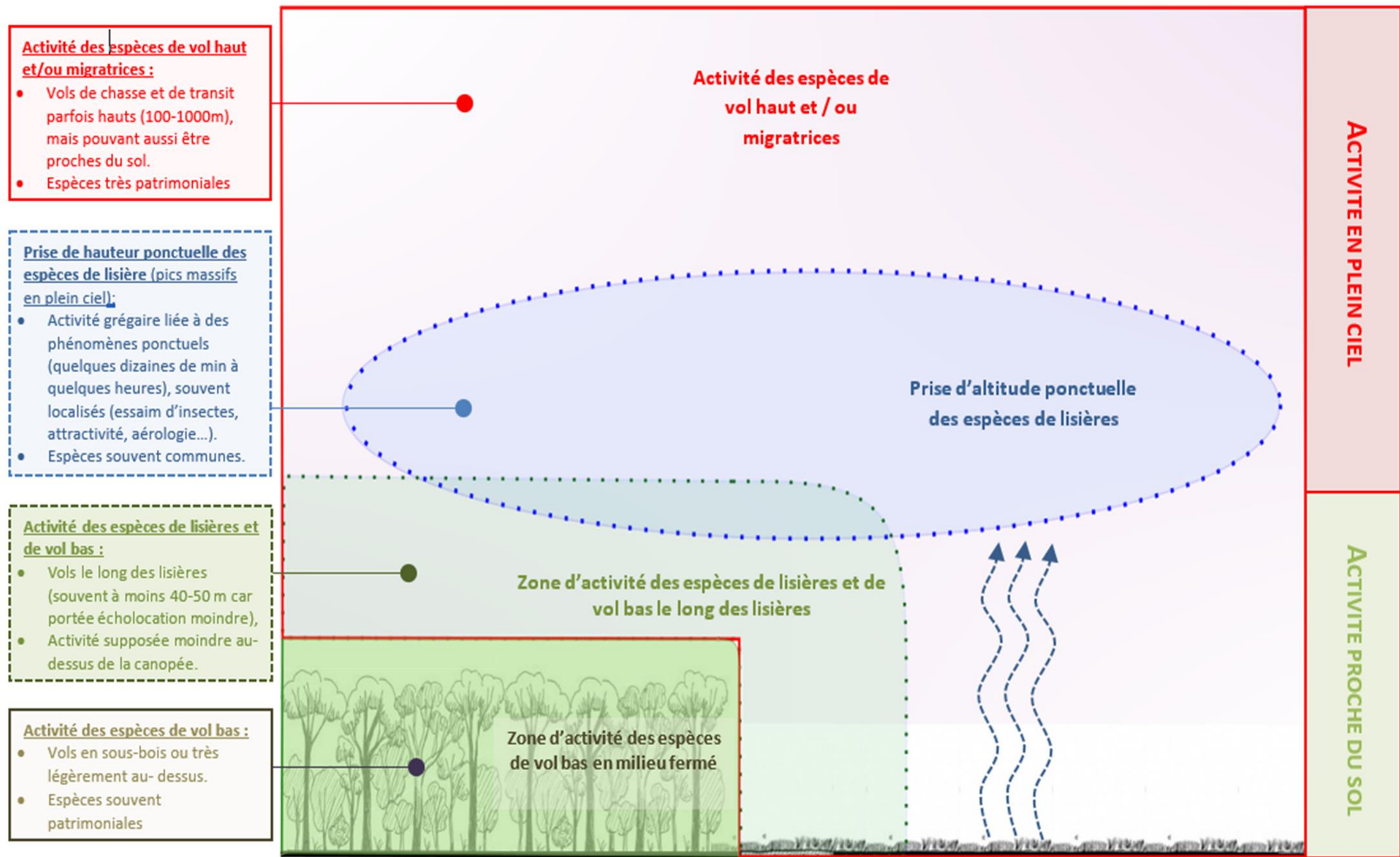
Six groupes d'espèces peuvent être ainsi dissociés selon leurs types de vols. Il s'agit :

- **Du groupe des espèces de lisière** qui comprend l'ensemble des pipistrelles, la Sérotine commune et les Oreillard sp. Ce groupe d'espèces évolue généralement à de faibles hauteurs de vol (moins de 50 m) en suivant les éléments structurants du paysage (lisières de boisement, haies, chemins...), et en s'appuyant sur ces corridors linéaires comme supports d'écholocation. Ce groupe d'espèces est toutefois capable de se « déconnecter » ponctuellement de ces corridors de déplacement et voler ainsi plus en hauteur, voire en plein ciel, notamment pour exploiter des opportunités alimentaires. Ce serait notamment le cas lors de poursuites en altitude d'essaimage d'insectes lors de conditions particulières (phénomènes d'aérodynamisme au moment des phénologies de reproduction des insectes-proies).
- **Du groupe des espèces de vol haut en période de migration/transit**, qui comprend la Pipistrelle de Nathusius et le Minioptère de Schreibers. Ces deux espèces semblent présenter un comportement similaire aux autres pipistrelles lors de leurs vols réguliers de chasse (espèces de lisière). Mais en phase de transits migratoires (printemps et automne), elles peuvent être amenées à prendre de l'altitude pour s'affranchir des contraintes de relief et de végétation.
- **Du groupe des espèces de vol haut**, qui vole donc généralement en plein ciel, et qui comprend l'ensemble des noctules (Noctule de Leisler, Noctule commune et Grande noctule), le Vespère de Savi, le Molosse de Cestoni et la Sérotine bicolore. Ces espèces utilisent des secteurs plus ouverts et évoluent régulièrement en plein ciel tout au long de leur phase d'activité (en chasse, lors de comportements sociaux ou en phase de transits migratoires).
- **Du groupe des espèces de vol bas** qui comprend la Barbastelle d'Europe, les rhinolophidés et le groupe des Murins sp. Il s'agit d'espèces surtout liées aux milieux fermés (forestiers) voire de lisière, mais dont les caractéristiques de vol ne les entraînent que très rarement à des hauteurs importantes.

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

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

Figure 9 : 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, il est considéré qu'un Batcorder placé à hauteur de nacelle peut très bien enregistrer des sons d'individus volant à quelques mètres du sol s'il s'agit d'espèces à grande portée d'émission (Noctules notamment, qui peuvent émettre à plus de 100 m). Et inversement, un Batcorder au sol (ou en canopée) peut enregistrer des passages d'individus évoluant à haute altitude.

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

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

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.

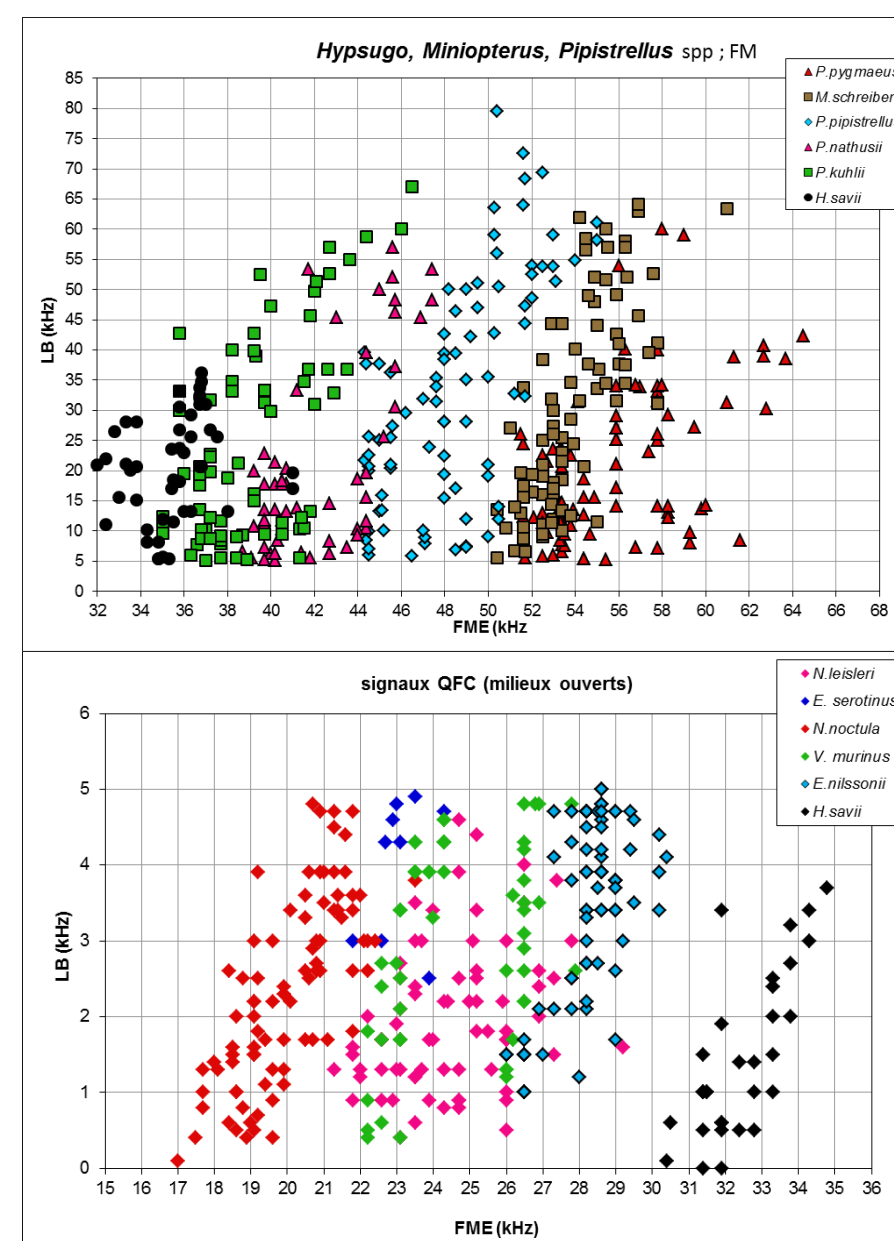
Toutefois, il faut reconnaître que certaines d'entre elles émettent des ultrasons à des fréquences très proches, et aux caractéristiques acoustiques comparables dans certaines conditions. C'est par exemple le cas des difficultés de différenciation entre *Myotis* et *Myotis blythii* (Barataud, 2015). 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 concernent des petites espèces à faible hauteur de vol et donc assez peu concernées par les risques de mortalité au niveau des rotors. Aussi, lorsque des données de ce type d'espèces apparaissent dans les bases enregistrées sur le long terme, leur relative rareté permet d'y porter une attention particulière. Certaines séquences, notamment les myotis, ne sont pas toujours déterminées jusqu'au niveau de l'espèce.

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

Figure 10 : Exemple de recouvrements dans les signaux de plusieurs espèces (En haut : le groupe des Fréquences Modulées Aplaxies >30kHz, en bas, le groupe des « Sérotules »)



3.2.3 Une détection divergente selon les espèces

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

Figure 11 : Liste des espèces de chiroptères par ordre d'émission décroissante, avec distances de détection et coefficient de détectabilité selon qu'elles évoluent en milieu ouvert ou en sous-bois (Barataud, 2015)

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

3.2.4 Autres limites de détection acoustique

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

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

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

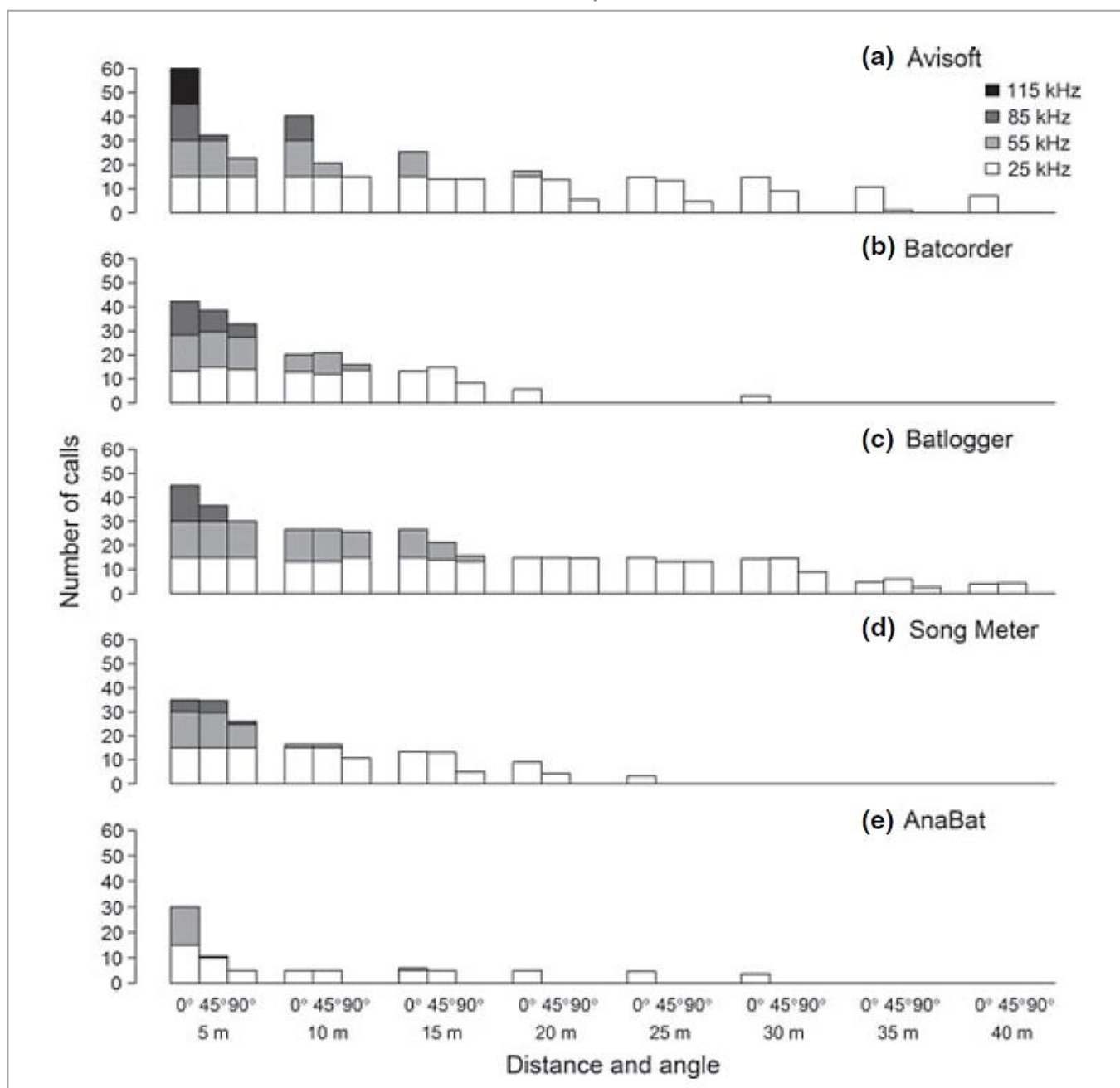
- Les limites liées à la qualité et à la fréquence de recalibrage des micros,
- Leur volume de détection (cône de détection) et à leur caractère directionnel ou multidirectionnel,
- Les paramétrages retenus (filtres des basses ou hautes fréquences, durée d'enregistrement depuis le déclenchement),
- Les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

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

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

V., 2013), nécessitant des opérations de maintenance régulières et une difficulté majeure à la perception de problèmes à distance.

Figure 12 : Analyse comparative des capacités de détection des principaux enregistreurs à ultrasons, selon la distance, l'angle d'émission et les différentes plages de fréquences ultrasonores (Adams & al. 2012)



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

sur 8 mois d'affilée depuis un mât de mesure, le haut d'un arbre ou une nacelle d'éolienne presque sans aucune intervention humaine.

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

3.3 Résultats du suivi de l'activité des chiroptères

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 sur l'éolienne E4.

La position des enregistreurs permet de mieux percevoir l'activité des chiroptères qui concerne directement le rotor de l'éolienne équipée. **La plage de suivi s'est étendue sur un peu plus de 3 mois (du 1^{er} août au 15 novembre 2022).**

Le tableau suivant synthétise le cortège d'espèces détectées à partir du module Batcorder automatique en continu. **6 espèces de chauves-souris** sont ainsi déterminées avec certitude et 2 autres font l'objet de détermination non discriminante.

Pour les années précédentes de suivis, le cortège d'espèces était similaire, cependant la Pipistrelle pygmée n'avait encore jamais été mise en évidence de façon certaine sur le site.

Figure 13 : Tableau recensant l'ensemble des espèces contactées au cours du suivi en continu (X : présence certaine, (X) : présence supposée, espèce non discriminée avec certitude)

Espèce	Nom scientifique	Abréviation	Comportement de vol	Espèce présente
				E4
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Nnoc	Vol haut	X
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Nlei	Vol haut	X
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Ppip	Lisière	X
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pkuh	Lisière	X
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Pnat	Vol haut en migration/transit	X
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Ppyg	Lisière	X
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Vmur	Vol haut	(X)
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Eser	Lisière	(X)

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

- **Du groupe des espèces de lisières** qui comprend l'ensemble des pipistrelles (hormis la Pipistrelle de Nathusius) et la Sérotine commune. Ce groupe d'espèces correspond aux espèces évoluant à des hauteurs de vols modérées (moins de 50 m) la plupart du temps en suivant les éléments structurants du paysage (lisières de boisement, haies, chemin...). Cependant, il est possible de retrouver ponctuellement ce groupe d'espèces plus en hauteur, notamment lors de poursuite en altitude d'essaimages d'insectes présents en hauteur (ascendance thermique ou dynamique). Il arrive donc que ces espèces se retrouvent à des hauteurs de vol plus importantes.
- **Du groupe des espèces de vol haut**, qui comprend l'ensemble des noctules (Noctule de Leisler, et Noctule commune) et la Sérotine bicolore. Ce groupe d'espèces comprend donc des espèces qui utilisent les secteurs plus ouverts et ont en conséquence des hauteurs de vol plus importantes, même lors de vols de chasse.
- **Du groupe des espèces de vol haut en migration/transit**, qui comprend la Pipistrelle de Nathusius. Cette espèce semble avoir un comportement similaire aux autres pipistrelles lors de ses vols réguliers de chasse (espèce de lisière), mais lors de ses transits ou en période migratoire (printemps et automne), elle utilise volontiers le plein ciel.

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

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

3.3.2 Proportion d'espèces

Le graphique de la Figure 14 témoigne de la proportion de chacun des 5 grands groupes d'espèces distingués dans l'activité totale relevée au niveau du module Batcorder en hauteur sur l'éolienne E4. **Rappelons toutefois qu'il s'agit ici d'une approche des proportions d'activité spécifique par rapport à l'activité totale.**

Le cortège d'espèces est largement **dominé par le groupe d'espèces de vol haut** dont le pourcentage représente 59% de l'activité totale. Ce groupe est **constitué en très grande majorité de la Noctule commune** dont la proportion se situe autour de 41%, suivie par la **Noctule de Leisler** avec une proportion, bien plus faible, de 19% de l'activité totale.

Avec une proportion de 30%, le **groupe des espèces de lisière ou vol haut** est le deuxième le plus important, ce dernier est uniquement composé du groupe d'espèce non discriminée Nycmi.

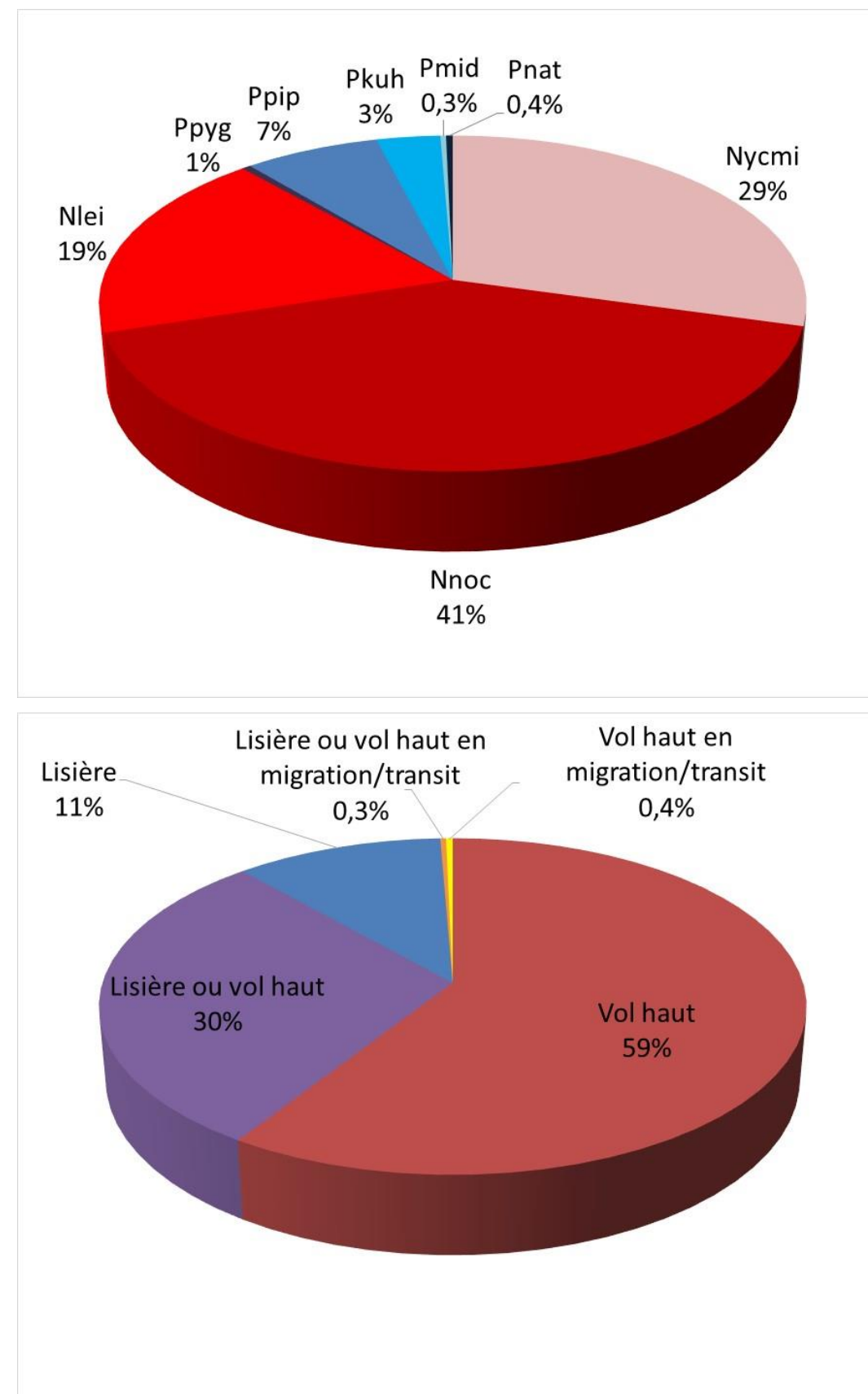
S'ajoute à cela, le groupe **des espèces de lisière**, en grande partie représenté par la **Pipistrelle commune** dont le pourcentage d'activité atteint 7% de l'activité totale, suivie par la **Pipistrelle de Kuhl** et la **Pipistrelle pygmée** avec comme proportions respectives, 3% et 1%.

Enfin, en proportion relativement identique, le groupe des **espèces de lisière ou vol haut en migration/transit** (groupe Pmid, ainsi que le couple Pipistrelle commune/Pipistrelle de Nathusius) ainsi que le groupe des **espèces de vol haut en migration/transit**, exclusivement constitué par la Pipistrelle de Nathusius représentent entre 0,4 et 0,3% de l'activité totale.

Ces résultats sont similaires à ceux des années précédentes avec néanmoins plus d'activité de Noctule commune que de Noctule de Leisler contrairement à l'année 2018 et 2019 à l'exception de l'année 2021 qui présentait une activité d'espèces de lisière plus importante que celle de vol haut.

En fonction des années l'espèce la plus active n'est pas toujours la même. En effet, il s'agissait de la Noctule de Leisler en 2018, de la Noctule commune en 2020 et 2022 et de la Pipistrelle commune en 2021. L'année 2019 présentait quant à elle une proportion identique entre la Pipistrelle commune et la Noctule de Leisler.

Figure 14 : Proportion d'activité par groupe d'espèces relevée au niveau du point d'enregistrement en continu sur l'éolienne E4 (en haut détail par espèce, en bas par groupe de vol)



3.3.3 Évolution saisonnière

La continuité représente la régularité de présence de l'espèce (ou du groupe d'espèces) sur le site tout au long de la période de suivi. Cette perception repose sur l'analyse de données recueillies sur l'enregistreur continu.

Le tableau de la page suivante (la Figure 15, page 25) synthétise cette notion sur l'ensemble du suivi en continu en hauteur (en nacelle de l'éolienne E4). Les notions de niveaux d'activité sont aussi représentées au niveau du tableau, mais elles ne sont pas l'objet principal de ce type d'analyse. Ainsi, une espèce pourra par exemple fréquenter le site d'étude très régulièrement (continuité importante), mais présenter une faible activité.

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

En ce qui concerne les espèces de lisière, elles sont présentes **ponctuellement sur site début septembre et durant le mois d'octobre** et leur activité est plus marquée début octobre.

La **Pipistrelle commune** est la plus présente sur le site en période automnale. A l'inverse, la **Pipistrelle de Kuhl** ainsi que la **Pipistrelle pygmée** présentent une activité plus anecdotique, moins régulière.

En ce qui concerne les espèces de vol haut, la **Noctule commune** et la **Noctule de Leisler** sont bien présentes sur le site, durant toute la période automnale, à savoir entre début août et fin octobre, avec une activité plus soutenue durant le mois d'août.

En ce qui concerne les espèces de vol haut en migration/transit, la **Pipistrelle de Nathusius** a pu être mise en évidence fin octobre. Les contacts identifiés en Pmid (Pipistrelle de Kuhl ou Pipistrelle de Nathusius) peuvent aussi correspondre à de l'activité de Pipistrelle de Nathusius. Ces derniers ont été relevés uniquement début et octobre. Il n'est pas possible de tirer une tendance de l'occupation du site d'étude par cette espèce étant donné le faible nombre de données identifiées à l'espèce.

Figure 15 : Tableau de continuité de présence de chaque espèce (ou groupe d'espèces) au cours du suivi en continu en 2022, basée sur les données enregistrées en nacelle d'éolienne E4 (en seconde d'activité par quinzaine)
(Aout-1 : première quinzaine du mois d'août ; les couleurs sont arbitraires mais les couleurs foncées représentent un niveau d'activité plus important)

Espèce ou groupe d'espèce	Période de transit/migration et de swarming						
	Aout-1	Aout-2	Sept-1	Sept-2	Oct-1	Oct-2	Nov-1
Lisière			0,8		1,2	0,1	
Ppyg			0,1				
Ppip			0,5		0,7	0,1	
Pkuh			0,2		0,5		
Lisière ou vol haut	0,5	2,8	1,9	0,2	0,5	0,03	0,03
Nycmi	0,5	2,8	1,9	0,2	0,5	0,03	0,03
Lisière ou vol haut en migration/transit					0,1		
Pmid					0,1		
Vol haut	1,2	7,1	1,6	0,3	1,4	0,5	
Nnoc	1,2	6,1	1,1	0,02	0,01	0,02	
Nlei	0,05	1,0	0,5	0,3	1,4	0,4	
Vol haut en migration/transit						0,1	
Pnat						0,1	
Total général	1,7	9,8	4,4	0,5	3,2	0,7	0,03

Légende (en sec d'activité/nuit sur 15 jours) :					
0 à 1	1 à 1,5	1,5 à 2	2 à 2,5	2,5 à 5	> 5

3.3.4 Chronologie de l'activité

Les graphiques de la Figure 16, page 27, ainsi que la Figure 17, page 28, synthétisent la chronologie de l'activité relevée par le module Batcorder à hauteur de la nacelle de l'éolienne E4, au cours de la période de suivi allant du 1^{er} août au 15 novembre 2022. Les résultats sont décomposés par espèce ou groupe d'espèces.

L'analyse synthétique de ce type d'histogramme est délicate dans la mesure où elle peut se faire selon diverses approches complémentaires :

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

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

Les niveaux d'activité présentés dans les graphiques suivants se basent sur la grille de hiérarchisation de l'activité chiroptérologique, basée sur l'expérience EXEN (Figure 8, page 16).

L'activité relevée en altitude au niveau de l'éolienne E4 est globalement faible à modérée. Trois pics d'activité sont observés (le 23 août, le 26 août et le 11 octobre 2022).

Le début de la période automnale (durant le mois d'août) est caractérisé par la présence d'une majorité d'espèces de vol haut et notamment de Noctule commune. L'activité chiroptérologique est **très hétérogène**, avec une activité **quasiment nulle ou très faible** et certaines nuits d'un niveau d'activité modéré qui se démarquent. Cependant, cette activité **devient de plus en plus régulière et plus importante à partir de mi-août**. En effet, la deuxième quinzaine du mois d'août est caractérisée par une activité globalement modérée et deux pics d'activité sont observés durant cette période.

Le pic d'activité de la nuit du 23 août 2022 est le plus intense du suivi et relève d'une activité d'un niveau qualifié de modéré (35,82 secondes d'activité). Cette activité est d'une manière générale répartie sur toute la nuit, à savoir entre 22h30 et 5h30 du matin. Ce pic est majoritairement constitué d'une activité de **Noctule commune** (51,72%), suivie par de l'activité d'individus appartenant au groupe non identifié Nycmi et de Noctule de Leisler. La vitesse du vent variait de 4,1 à 6 m/s et la température oscillait entre 24 et 26 °C.

Le pic d'activité du 26 août 2022 relève d'une activité d'un niveau qualifié de modéré (33,42 secondes d'activité). L'activité est moins étalée dans la nuit, et deux plages horaires se distinguent, une première, plus faible, entre 21h40 et 00h10 et une seconde, la plus importante, entre 3h10 et 5h50. Le cortège d'espèces est identique à celui du pic précédent, avec la majorité de l'activité induite par la **Noctule commune**.

La vitesse du vent variait de 2,5 à 6,5 m/s et la température oscillait entre 21 et 25 °C.

À partir de début septembre, l'activité elle décroît fortement jusqu'à devenir nulle le 12 novembre. Durant toute cette période, l'activité est principalement représentée par les espèces de vol haut bien que l'activité d'espèces de lisières augmente légèrement à partir de mi-octobre donnant lieu à un pic d'activité.

Le pic d'activité de la nuit du 11 octobre 2022 relève d'une activité d'un niveau qualifié de modéré (19,45 secondes). L'activité a été enregistrée entre 1h00 et 5h00 du matin. Ce pic, contrairement à ceux présentés précédemment, présente une activité d'espèces de lisière et notamment de la Pipistrelle commune. De plus, la majeure partie de l'activité est due à la Noctule de Leisler et aucun contact de Noctule commune n'a été enregistré. La vitesse du vent, durant ce pic d'activité, variait de 3,1 à 5,6 m/et la température enregistrée au cours du pic était comprise entre 15 et 18 °C.

À cette période de l'année, l'expérience montre que ce type de concentration d'activité, notamment de Noctule de Leisler, pourrait s'expliquer **par des comportements migratoires**.

Figure 16 : 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 E4

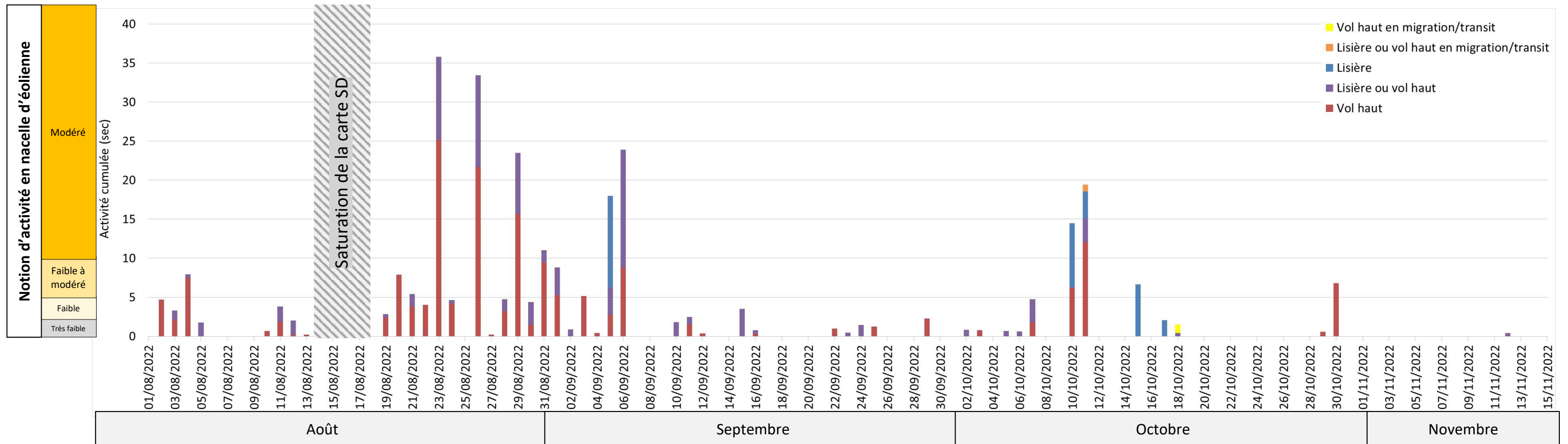
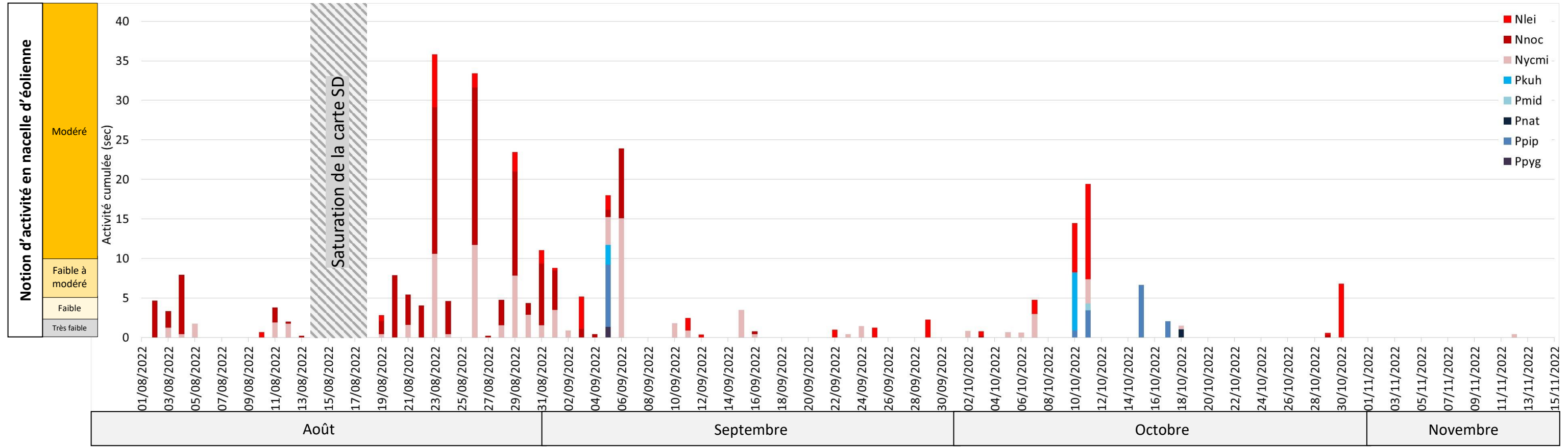
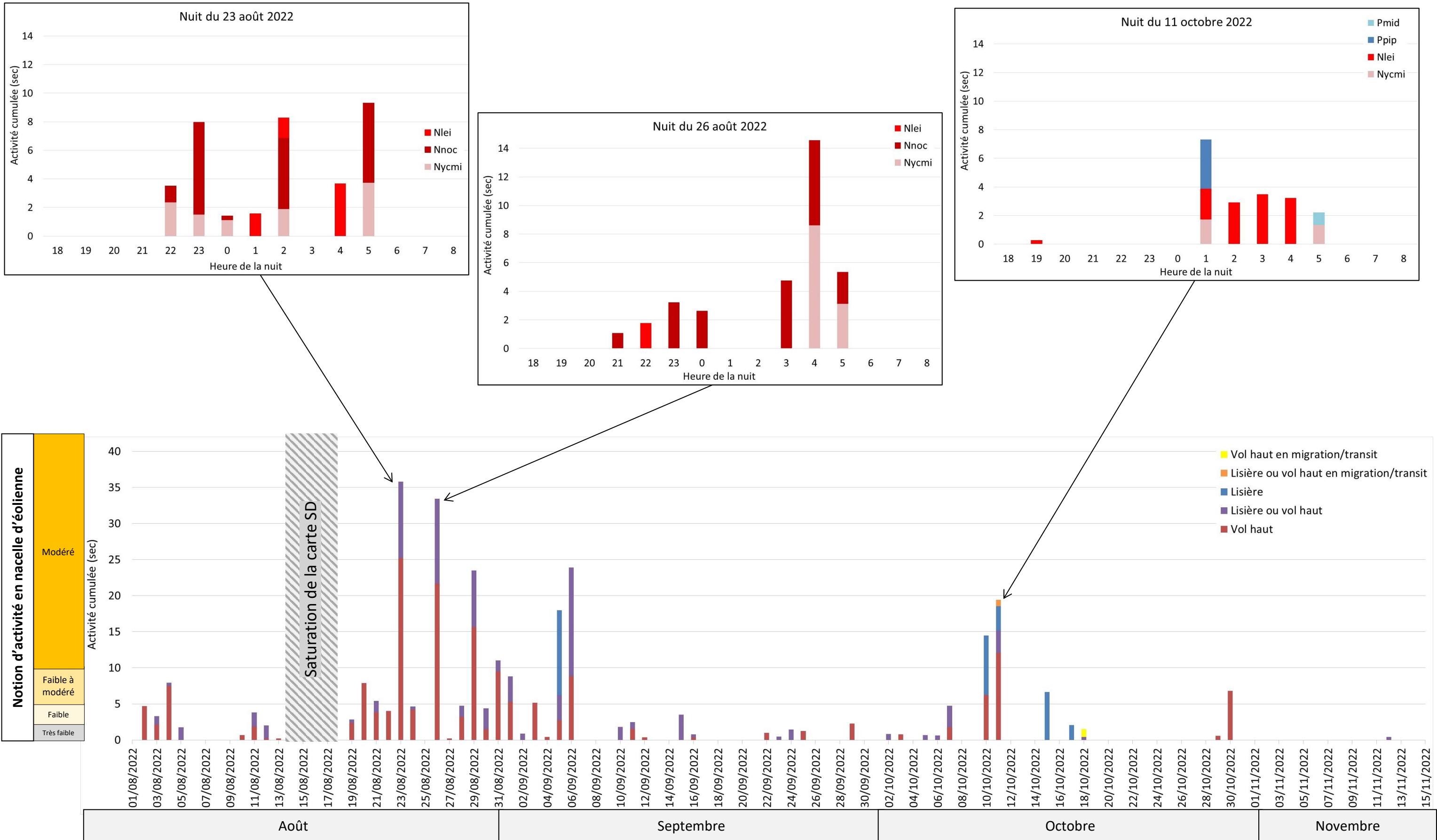


Figure 17 : Détails d'activité nocturne des pics d'activité par espèce relevés en nacelle d'éolienne E4



3.3.5 Influence de la vitesse du vent

Le principal paramètre avancé à ce jour comme facteur d'influence de l'activité des chauves-souris est la vitesse du vent. L'expérience montre en effet que l'activité des chauves-souris chute de façon corrélée avec l'augmentation de la vitesse du vent. Cela s'explique surtout par le fait que les vents forts limitent l'activité des insectes/proies et donc l'activité de chasse des chauves-souris. Selon la taille des insectes, ces vitesses de vent jouent différemment. Ce qui explique aussi qu'en fonction de la spécialisation du type de proie, l'activité de chasse des chauves-souris sera aussi influencée de façon variable.

Il est régulièrement convenu que les espèces les plus grosses sont capables de voler par les vents les plus forts.

En réalité, il faut plutôt considérer que les espèces de chauves-souris les plus grosses chassent aussi des proies de plus grande taille susceptibles de voler dans des conditions de vents plus forts. Cette distinction entre influence des vitesses de vent sur les proies de chauves-souris et influence des vitesses de vent sur les chauves-souris elles-mêmes est importante à garder à l'esprit. En effet, sur la base de nombreux sites étudiés dans les mêmes conditions depuis 2009, il a été régulièrement relevé que des espèces de taille relativement modeste sont parfois détectées en hauteur par des vents forts voire très forts (ex. : pipistrelle commune jusqu'à plus de 12 m/s). Cela peut alors s'expliquer soit par une activité déconnectée de celle des insectes (comportements sociaux, de transit ou de migration), soit par des situations particulières liées à des phénomènes d'aérodynamisme favorisés par le vent (ascendances dynamiques), et entraînant des insectes en hauteur et donc les chauves-souris qui les chassent.

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

Le graphique ci-contre témoigne des corrélations entre l'activité cumulée des chauves-souris en ordonnée (en secondes d'activité cumulées), le pourcentage des occurrences de vent au niveau de la nacelle d'éolienne E4 sur le second axe d'ordonnées et les notions de vitesse de vent en abscisse (en m/s).

C'est ce type de graphique qui permet généralement d'apprécier le seuil de vent à partir duquel l'activité des différents groupes de chauves-souris diminue de façon significative. Généralement, ce type de graphique montre logiquement que l'activité des espèces de lisières diminue plus vite que celle des espèces de vol haut lorsque la vitesse de vent augmente.

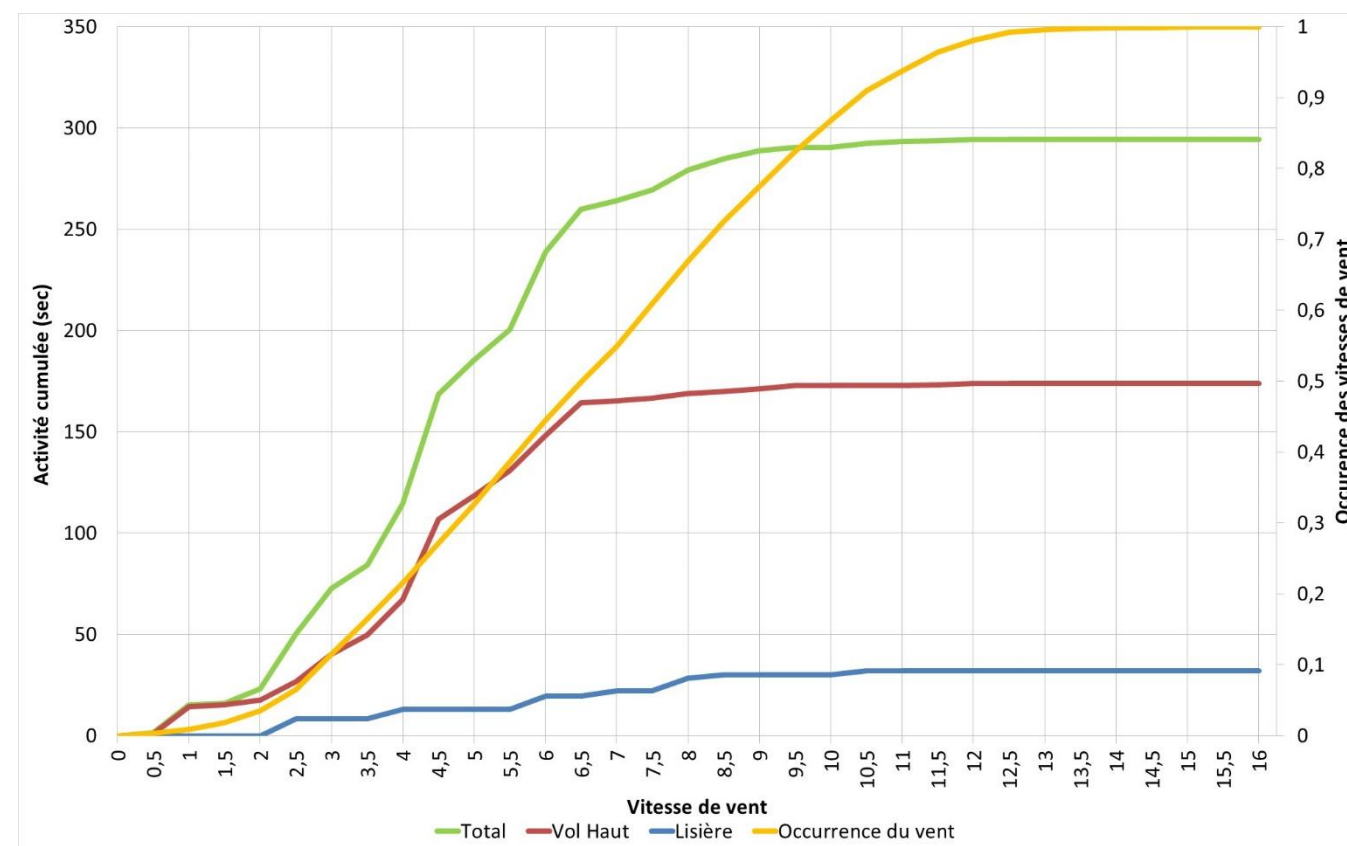
Les résultats démontrent d'un début d'aplanissement de la courbe à partir de vitesses de vent de 8 m/s pour les espèces de lisières et 6,5 m/s pour les espèces de vol haut.

Les espèces de lisière ont volé jusqu'à des vents de 10,5 m/s, contre 12 m/s pour les espèces de haut vol. Un total de **95%** de l'activité totale des espèces a été enregistré pour des **vitesses de vent inférieures ou égales à 8 m/s**.

Pour rappel, lors des nuits de pics, les chauves-souris ont volé par des vitesses de vents variant entre 2,5 et 6,5 m/s.

En 2021, la majorité de l'activité fut enregistré pour des vitesses inférieures à 5 m/s, tandis qu'en 2020, l'essentiel de l'activité est enregistré sous 6 m/s contre 11 m/s en 2019 bien qu'une majorité de l'activité ait été relevée sous les 6 m/s. Enfin, en 2018, toute l'activité est relevée pour des vitesses de vent inférieures à 8 m/s. De ce fait, une certaine variabilité des conditions de vol existe sur ce site.

Figure 18 : Corrélation inverse entre la vitesse du vent et l'activité cumulée des chauves-souris au niveau de l'éolienne E4 (sur la base des données relevées en 2022 en nacelle d'éolienne)



3.3.6 Influence de la température

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

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

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

Le graphique ci-contre montre que l'activité chiroptérologique est relevée entre **11 °C et 33 °C**. En pourcentage d'activité, **97% de l'activité des chauves-souris en hauteur s'effectuent par des températures supérieures à 14 °C.**

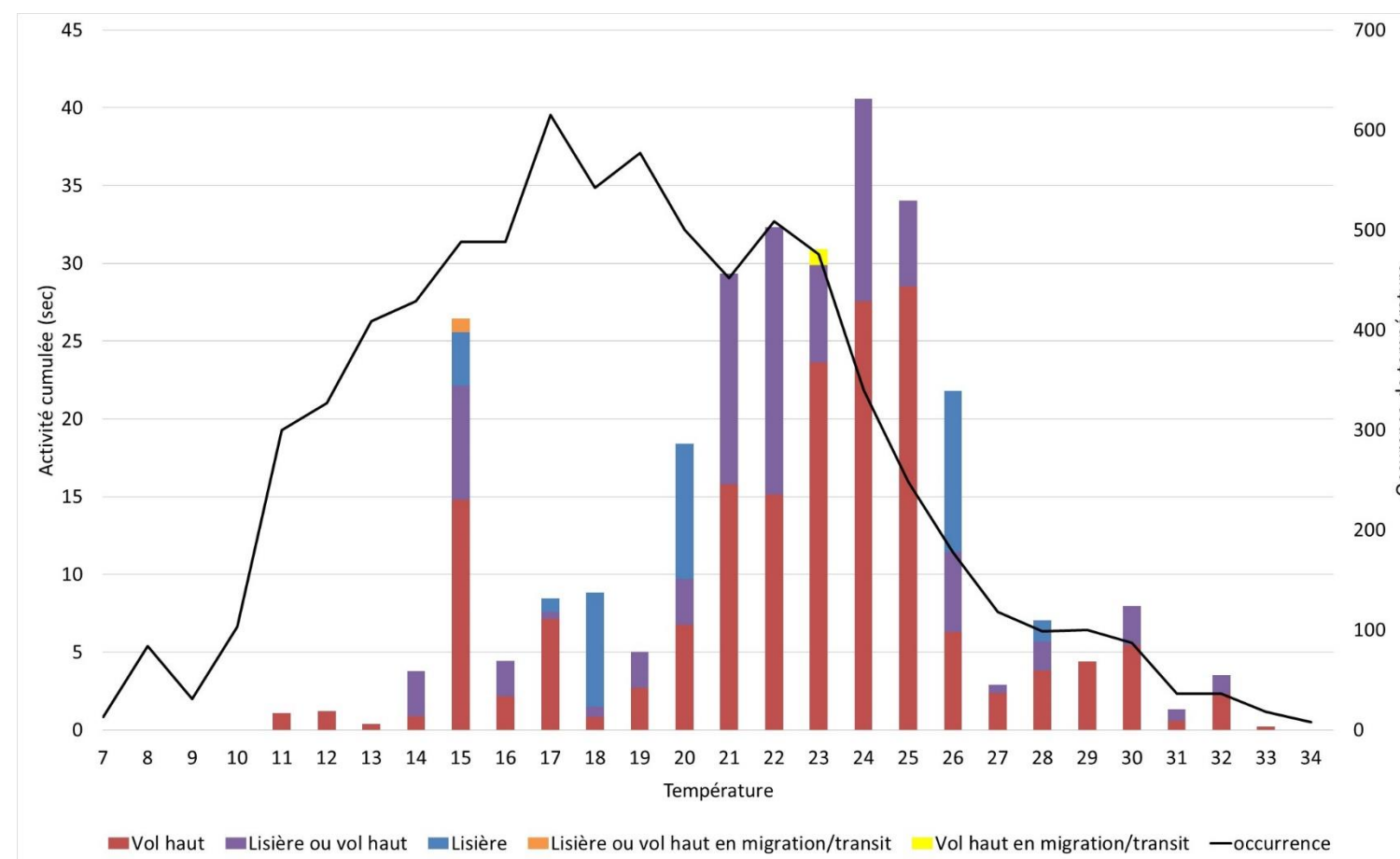
Malgré une occurrence majoritairement comprise entre 11 °C et 24 °C, l'activité relevée est nettement plus importante à partir de 15 °C que pour les basses températures (< 14 °C en particulier) alors que l'occurrence y est élevée. **Ce constat permet donc de montrer que l'activité des chiroptères est plus importante par des températures élevées.**

Pour rappel, lors des nuits de pics, les températures étaient comprises entre 15 °C et 26 °C.

En 2021, 88% de l'activité est relevée pour des températures supérieures à 19 °C, en 2020, 90% de l'activité est relevée pour des températures supérieures à 17 °C sachant que l'activité était plus importante pour des températures comprises entre 20 et 30 °C. En 2019, 80% de l'activité avait lieu pour des températures supérieures à 19 °C. Enfin, en 2018, la majorité de l'activité a eu lieu pour des températures supérieures à 21 °C.

Concernant ce paramètre, les conditions semblent assez proches entre les différentes années de suivi avec la majeure partie de l'activité relevée pour des températures supérieures à 17 °C. Mais le suivi de 2022 était ciblé uniquement sur la période automnale, influençant les résultats (analyse restreinte sur une période et non sur toute l'année).

Figure 19 : Décomposition de l'activité cumulée des chauves-souris en hauteur en fonction de la température relevée au niveau de l'éolienne E4



3.3.7 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 ci-contre, sur l'ensemble de la période de suivi, la plupart des données ultrasonores sont enregistrées en milieu de nuit.

La totalité de l'activité est relevée à partir de 15 minutes après le coucher du soleil et jusqu'à 30 minutes avant le lever, sachant que **90% de l'activité est relevée entre 1 heure après le coucher du soleil et 1 heure avant le lever du soleil.**

En termes de saisonnalité, l'activité relevée en milieu de nuit est plus marquée en août et octobre, alors qu'en septembre, l'activité est plus importante en première partie de nuit.

Quelques données ont été enregistrées en tout début de nuit, notamment moins de 15 minutes après le coucher. Il s'agit de *Noctule commune* durant tout le mois d'août (6 nuits) et début septembre, de *Noctule de Leisler*, régulièrement durant le mois de septembre et d'octobre et enfin d'individus non identifiés du groupe *Nyctinomus* entre août et octobre. Ce type de contact peut être dû, en période automnale, à des comportements migratoires notamment pour les noctules et peut également traduire la présence de gîtes diurnes à proximité du parc pour ces espèces.

Figure 20 : Rythme d'activité nocturne (en seconde d'activité cumulée) par groupe d'espèces mesuré au niveau de l'éolienne E4 (en 2022)

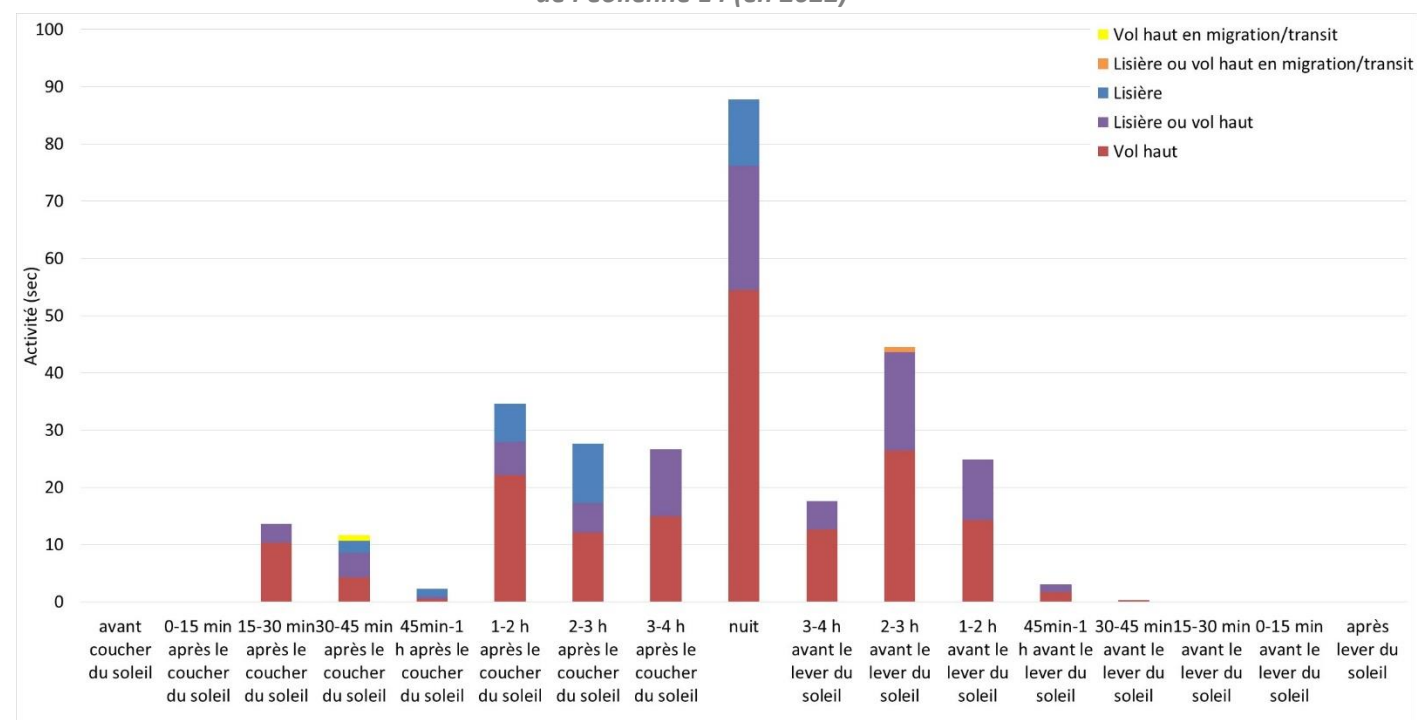
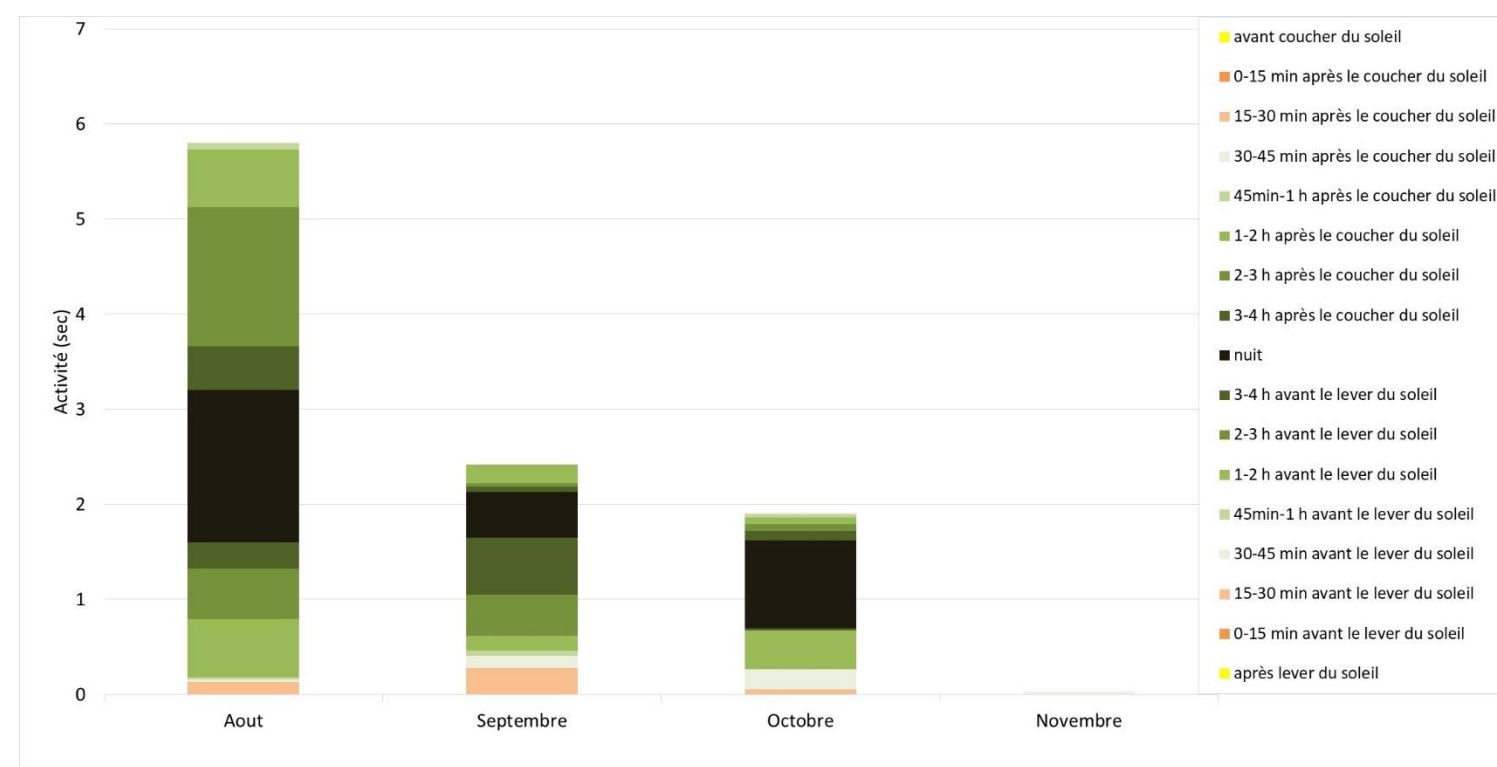


Figure 21 : Décomposition de l'activité moyenne (en seconde d'activité par nuit) des chauves-souris au niveau de la nacelle de l'éolienne E4 en fonction de l'écart avec le lever ou le coucher du soleil



3.3.8 Synthèse interannuelle (2018-2022)

Le parc de Champagne berrichonne est suivi depuis 2018 par EXEN. Le tableau ci-dessous permet de faire un bilan des principaux résultats de suivi d'activité en nacelle relevés au cours de ces différentes années de suivi.

Figure 22 : Bilan des résultats des suivis d'activité en continu entre 2018 et 2022

Année de suivi	2018	2019	2020	2021	2022
Période de suivi	24/04 – 19/12	09/05 – 29/10	09/06 – 19/11	18/06 – 28/11	01/08 – 15/11
Proportion d'activité par espèce / groupe d'espèces	Trois quarts correspondant à la Noctule de Leisler et à la Noctule commune	50 % de Noctule de Leisler / Noctule commune 50 % de Pipistrelle commune / Pipistrelle de Kuhl	90 % de Noctule commune / Noctule de Leisler	50 % de Noctule de Leisler / Noctule commune 50 % de Pipistrelle commune / Pipistrelle de Kuhl	90 % de Noctule commune / Noctule de Leisler
Chronologie d'activité	Majorité d'activité de noctules entre fin mai et mi-octobre Activité très ponctuelle et massive de pipistrelle Trois pics : 30/07 (noctules), 27/08 (noctules) et 27/09 (pipistrelles)	Majorité d'activité de noctules entre fin juin et mi-août, puis moitié-moitié avec les pipistrelles entre mi-août et début octobre, puis majorité d'activité de noctules Trois pics : 11/09 (pipistrelles), 11/10 (noctules) et 25/10 (noctules)	Majorité d'activité de noctules entre début juin et mi-octobre Très peu d'activité de pipistrelle Un pic : 08/08 (noctules)	Moitié d'activité de noctules et de pipistrelles entre mi-août et fin septembre Trois pics : 18/06 (noctules), 11/09 (pipistrelles) et 15/09 (pipistrelles)	Majorité d'activité de noctules entre début août et mi-octobre Trois pics : 23/08 (noctules), 26/08 (noctules) et 11/10 (noctules)
Niveau d'activité moyen relevé en E4	Faible	Faible à modéré	Modéré	Faible à modéré	Faible à modéré
Vitesse du vent	Pipistrelles : majorité vent < 3 m/s Noctules : majorité vent < 7 m/s	Pipistrelles : majorité vent < 5,5 m/s Noctules : majorité vent < 6 m/s	Pipistrelles : 90% vent < 6 m/s Noctules : 90% vent < 5,5 m/s	Vent < 5 m/s (82% pour les noctules, 91% pour les pipistrelles)	Vent < 8 m/s (95%, toutes espèces confondues)
Température	Entre 15 et 32°C essentiellement	80% pour des températures > 19°C	90% pour des températures > 17°C	88% pour des températures > 19°C	97% pour des températures > 14°C
Rythme d'activité	90% entre 1 heure après le coucher et 1 heure avant le lever	86% entre 1 heure après le coucher et 1 heure avant le lever	Majorité de l'activité relevée en première partie de nuit	97% entre 30 minutes après le coucher et 1 heure avant le lever	90% entre 1 heure après le coucher et 1 heure avant le lever
Commentaires	-	Situation différente à 2018	Chronologie comparable à 2018 Activité plus intense que 2018/2019 Conditions de vol comparables à 2019 Horaires différents	Chronologie et niveau d'activité comparable à 2019 Conditions de vol comparables à 2019 et 2020 Horaires comparables à 2018/2019	Chronologie comparable à 2018 et à 2020 Niveau d'activité comparable à 2019/2021 Conditions de vol différents Horaires comparables à 2018/2019/2021

4 SUIVI DE L'ACTIVITE DES OISEAUX

4.1 Méthodologie

4.1.1 Rappel méthodologique utilisé lors de l'état initial (EXEN 2009)

4.1.1.1 Passereaux et assimilés

Lors de l'état initial, les passereaux et oiseaux communs nicheurs ont été inventoriés via des points d'écoute, avec la méthode des Inventaires Ponctuels d'Abondance. Voici le détail des méthodes :

« Cette méthode consiste, à noter l'ensemble des oiseaux observés et / ou entendus durant 20 minutes à partir d'un point fixe du territoire. Tous les contacts sonores ou visuels avec les oiseaux sont notés sans limitation de distance. Ils sont reportés sur une fiche prévue à cet effet à l'aide d'une codification permettant de différencier tous les individus et le type de contact. Sur la fiche de relevés, le point ou station peut être matérialisé par un cercle dont le centre est virtuellement occupé par l'observateur. Ce système de notation à l'intérieur d'un cercle facilite le repérage spatial des individus contactés, et sa retranscription cartographique.

Le dépouillement des sessions de dénombrements permet d'obtenir :

- le nombre d'espèces notées sur le point, ainsi que l'identité des différentes espèces ;
- l'Indice Ponctuel d'Abondance de chacune des espèces présentes.

Les fiches de dénombrement ont été adaptées par rapport au protocole national afin de permettre un recueil supplémentaire d'informations intéressantes dans le cas précis d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet éolien (notamment hauteur de vol quand les oiseaux sont identifiés en vol, précisions comportementales ou de localisation géographique). Dans le cas particulier du site éolien de la Champagne Berrichonne, l'importante superficie du territoire impose d'adapter la méthodologie en scindant la prospection sur deux matinées d'affilée, afin de ne tester que les premières heures de la journées, moment favorable à l'activité des chanteurs.

4.1.1.2 Suivi des rapaces nicheurs diurnes et autres grandes espèces

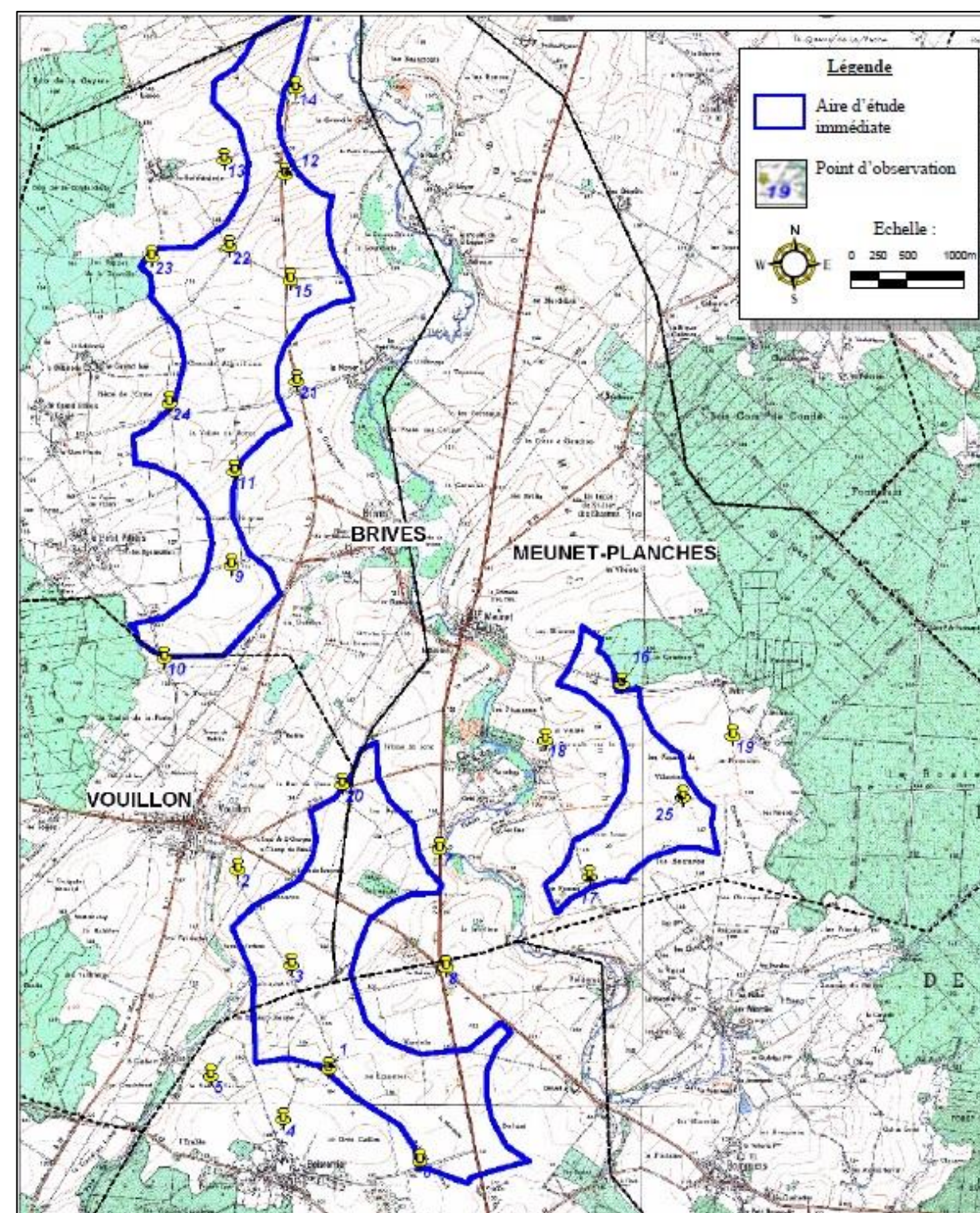
Concernant les rapaces, les IPA n'étant pas favorables à la détection de ces espèces, les suivis étaient les suivants :

- l'étude de l'occupation du site comme zone d'alimentation ;
- la recherche d'indices de nidification (parades, accouplement, transport de matériaux...).

Il y a également eu des recherches de la présence de nids de rapaces arboricoles dans les rares îlots boisés des aires d'étude immédiates ainsi que dans leur entourage proche.

Enfin, des suivis spécifiques ont eu lieu sur les busards : « l'attention fut plus poussée vers les deux espèces de busards mises en évidence sur le site (busard saint martin et busard cendré), susceptibles de nicher au sol dans les parcelles cultivées des aires d'étude immédiates. Il est pour autant difficile de localiser des nids et suivre la reproduction de busards en quelques heures de suivi. Il s'agissait donc d'identifier les zones de chasse le plus fréquentées, susceptibles de refléter l'éventuelle présence de nids, et par déduction, faire une estimation approximative du nombre de couples nicheurs

Figure 23 : Localisation des points d'écoute utilisés en 2006



4.1.2 Recueil de données de terrain des suivis post-implantation

Le choix des méthodologies mises en œuvre est adapté à la fois aux caractéristiques du parc éolien et aux sensibilités des espèces potentiellement présentes. Ce ciblage méthodologique est ici favorisé à la fois par :

- l'expérience d'EXEN en termes de suivis d'impacts post-implantations ;
- l'expérience de ses partenaires écologues Franco-Allemands tels que KJM Conseil, également spécialisés dans les rapports entre le développement éolien et la biodiversité ;
- les références bibliographiques internationales de la littérature spécialisée internationale.
- les données de cadrage préalable propres au site de Champagne-Berrichonne, s'agissant des résultats de l'état initial ou des données bibliographiques disponibles au niveau de l'étude d'impact.

Le recueil des données de terrain de 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022 repose sur les investigations partagées de plusieurs ornithologues au cours de la période de suivi, afin de favoriser à la fois la transparence et le regard croisé des expériences de chacun, essentiel à toute approche scientifique objective. Le profil et l'expérience de chaque intervenant est présenté en annexe.

4.1.3 Méthode générale de suivi de l'avifaune nicheuse des suivis post-implantation

L'objectif est d'évaluer l'impact du parc éolien sur la reproduction des oiseaux nicheurs, en particulier pour les espèces patrimoniales, sachant que les effets peuvent être divers, en fonction de la configuration, de la proximité des éoliennes, et selon les espèces :

- des dérangements au nid ;
- des contraintes voire des échecs de reproduction ;
- de la perte de l'habitat (territoire nuptial, zone d'alimentation...);
- des collisions (en phase de chasse, ou de transits quotidiens entre zones d'alimentation et zones de repos...);
- des effets indirects (diminution de l'abondance de proies...).

Le suivi de la nidification des espèces sensibles et remarquables s'effectue avec analyse plus fine des zones de reproduction, voies de transit et d'alimentation.

La méthode d'analyses vise à aboutir :

- à la biodiversité générale des espèces nicheuses ;
- au nombre de couples reproducteurs par espèces (abondance) ;
- à la répartition des espèces sur le parc éolien et à proximité ;

- autres faits marquants possibles (réussite de reproduction, nombre d'œufs, de jeunes, tendances démographiques ...);
- l'évolution comparée des populations et des comportements de l'avifaune nicheuse entre les situations d'avant et après construction du parc éolien.

Les oiseaux chanteurs (passereaux et intermédiaires) sont inventoriés via la méthode des IPA, permettant la détermination des couples nicheurs, basée sur le nombre de mâles chanteurs.

En ce qui concerne les rapaces nicheurs diurnes (et certaines autres grandes espèces), considérés comme faisant partie des espèces les plus sensibles au dérangement en période de reproduction et les plus exposées aux collisions avec les éoliennes, le suivi post-implantation est donc basé sur :

- l'occupation du site comme zone d'alimentation (observation des rapaces en poste fixe depuis un ou plusieurs points d'observation) ;
- la recherche des indices de nidification tels que les parades nuptiales, les accouplements, les cas de transport de matériaux de construction du nid, les cas de transport de nourriture, recherche des nids, fréquentation des nids, avec œufs, ou juvéniles (recherche par déplacements ciblés sur l'aire d'étude).

La recherche des indices de nidification et l'analyse de l'occupation du site comme zone d'alimentation sont généralement des investigations complémentaires.

4.1.3.1 Passereaux et assimilés

La méthodologie privilégiée pour le suivi de la petite avifaune nicheuse est basée sur le **protocole des IPA** (Indices Ponctuels d'Abondance). Ce choix de méthode est basé sur le caractère territorial des oiseaux en période de nidification, et notamment sur leurs chants, dont l'un des objectifs principaux est justement de marquer les limites du territoire nuptial. Cette méthodologie standardisée permet des comparaisons chiffrées, et donc le suivi de l'évolution des notes de biodiversité ou d'abondance depuis l'état initial jusqu'à plusieurs années après l'implantation des éoliennes. Cette méthode consiste à noter l'ensemble des oiseaux observés et / ou entendus durant 20 minutes à partir d'un point fixe du territoire. Tous les contacts sonores ou visuels avec les oiseaux sont notés sans limitation de distance. Ils sont reportés sur une fiche prévue à cet effet à l'aide d'une codification permettant de différencier tous les individus et le type de contact.

A la fin de chaque session de dénombrement, le nombre d'espèces et d'individus de chacune d'elles est totalisé en nombre de couples. Le dépouillement des sessions de dénombrements permet d'obtenir :

- le nombre d'espèces notées sur le point, ainsi que l'identité des différentes espèces ;
- l'Indice IPA de chacune des espèces présentes. Cet indice caractérise une valeur d'abondance et s'obtient en ne conservant que la plus forte des valeurs obtenues pour chaque espèce.

Logiquement, chaque point doit être suivi au moins 2 fois pendant la période de reproduction.

4.1.3.2 Suivi des rapaces nicheurs diurnes et autres grandes espèces

En ce qui concerne les rapaces nicheurs diurnes (et certaines autres grandes espèces), considérés comme faisant partie des espèces les plus sensibles au dérangement en période de reproduction et les plus exposées au risque de collision avec les éoliennes, la méthode des IPA est mal adaptée pour caractériser l'importance des nidifications (oiseaux non chanteurs, dynamiques, souvent en vol, risque de double comptage, aire de chasse très importante...). Le suivi post-implantation est donc basé sur :

- l'occupation du site comme zone d'alimentation (observation des rapaces en poste fixe depuis un ou plusieurs points d'observation) ;
- la recherche des indices de nidification tels que les parades nuptiales, les accouplements, les cas de transports de matériaux de construction du nid, les cas de transports de nourriture, recherche des nids, fréquentation des nids, avec œufs, ou juvéniles (recherche par déplacements ciblés sur l'aire d'étude).

La recherche des indices de nidification et l'analyse de l'occupation du site comme zone d'alimentation sont généralement des investigations complémentaires. Pour les rapaces arboricoles, la recherche des aires (nids de rapaces) s'effectue généralement en fin d'hiver, au moment où les arbres caducifoliés ne portent plus de feuilles.

Il est parfois important de mettre en évidence les sites de nidification des rapaces afin de préciser les effets de dérangement des parcs éoliens (en fonction de la distance, de la configuration du relief, de la végétation, des habitudes des adultes...). Pour se faire, une attention particulière du suivi est donnée aux rapaces dès le printemps (fin de période pré-nuptiale).

4.1.4 Présentation des données des suivis post-implantation

Toutes les données recueillies au cours des visites de terrain sont saisies sur une base de données Excel et sont listées en annexe 1 page 140. Ces données précisent notamment :

- le numéro du contact ;
- les noms complets des espèces (français et latin) ;
- le type d'oiseau : classification EXEN des espèces en 7 groupes en fonction de leur taille, de leur comportement en vol et des éléments de systématique. Ces 7 classes sont :
 - les grands voiliers (Cigognes, Grues, Grands Hérons, Oies...);
 - les grands rapaces (diurnes et nocturnes), de type Milans, Buses, Busards, etc. ;
 - les petits rapaces (diurnes et nocturnes), de type Eperviers, Faucons, etc. ;
 - les « intermédiaires » (Corvidés, Gallinacés, Coucous, Œdicnèmes, Pics, Rolliers, Martin pêcheurs, Huppés, Columbides, Pies grièches ...);
 - les oiseaux d'eau (Grèbes, rallidés, canards et assimilés, petits Ardéidés, Laridés...);
 - les limicoles ;
 - les passereaux et assimilés (y compris Martinets, etc.);
- la date et l'heure du contact ;

- le nombre d'individus : précision comportementale importante en période nuptiale pour apprécier l'avancement de la nidification (couples, couples + jeunes...);
- le sexe et l'âge ;
- les précisions diverses précisant également le comportement nuptial (défense de territoire, transport de matériaux pour la construction des nids, transport de nourriture pour le nourrissage des jeunes...) le lieu et l'heure du contact ;
- la hauteur de vol : précision importante pour un parc éolien. Cette hauteur théorique est codée par rapport à la hauteur des éoliennes :
 - H0 pour oiseau contacté posé ;
 - H1 pour un vol au ras du sol (sous les pales) ;
 - H2 pour un vol au niveau des pales (40-140 m) ;
 - H3 pour un vol juste au-dessus des éoliennes (140-250 m) ;
 - H4 pour un vol à très haute altitude (>> 250 m) ;





Précisons que l'appréciation des hauteurs de vols reste une notion approximative sur le terrain, dépendante des repères disponibles (éoliennes principalement) et de l'expérience de l'observateur. Il s'agit donc de considérer cette notion comme une valeur indicative large, à utiliser avec précautions.

Pour des contacts d'oiseaux évoluant à différentes hauteurs sur une même trajectoire, nous prenons en compte la classe H2 la plus défavorable si celle-ci est utilisée au moins une fois.

- le statut de l'individu contacté par rapport au site :
 - M pour migrateur ;
 - N pour nicheur ;
- les données de localisation (point d'observation) ;
- l'identification de l'observateur.

Toutes les observations sont relevées sur cartes de terrain. Elles sont ensuite saisies sur Système d'Information Géographique (QGIS). L'analyse des résultats se base donc à la fois sur une approche statistique et cartographique, puis une réflexion pour mesurer les enjeux à l'aide d'éléments de comparaison, et par confrontation avec des éléments bibliographiques de la littérature spécialisée.

Les cartes présentent les données brutes issues des relevés de terrain (trajectoires de vols, points de contacts, prises d'ascendances thermiques ou dynamiques²...). Les flèches représentent des rapaces en vols, avec des variations selon les comportements :

- vol cerclé représenté par des courbes concentriques (« en forme de ressort ») : 
- vol de prospection par une flèche courbée : 
- vol direct et migration active par flèche droite : 
- les points représentent des contacts d'oiseaux posés. : 

Les réels déplacements des oiseaux sont reportés sur une carte de terrain à la main par l'observateur, puis saisie par la suite sur l'ordinateur.

4.1.5 Points d'observation et d'écoute des suivis post-implantation

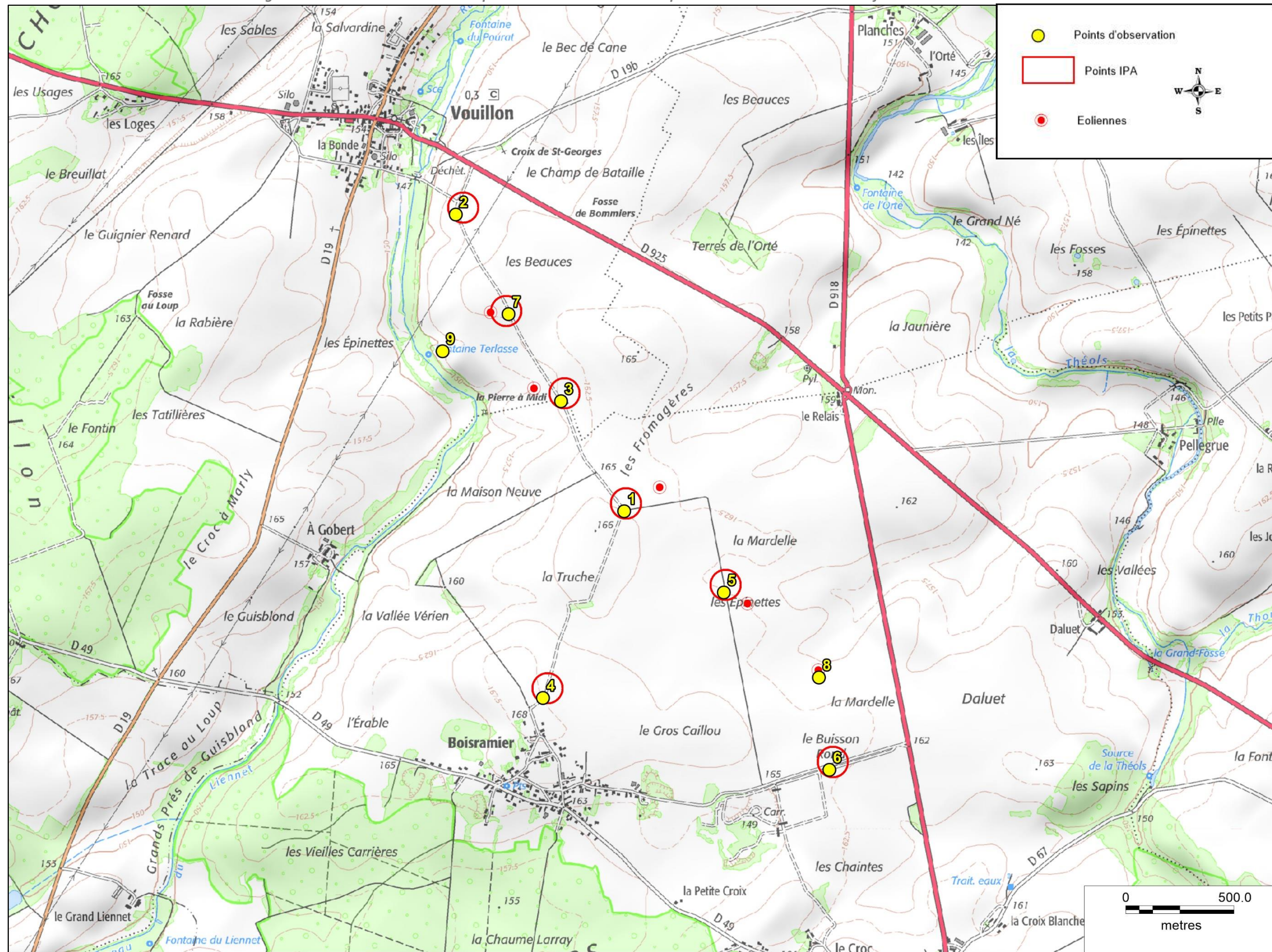
Le choix de l'emplacement des points d'observation s'est effectué en fonction du type de suivi à réaliser, mais aussi en fonction des conditions de visibilité et du type de milieux concerné. L'objectif est de couvrir l'ensemble de la diversité des habitats potentiels, tout en ayant une vision globale du parc éolien et de son entourage proche.

La carte de la page suivante représente la position de l'ensemble des points d'observation utilisés au cours de l'échantillon de visites. 9 principaux points ont ainsi été utilisés par le bureau d'étude EXEN entre 2018 et 2022. Les points ont été placés de façon à bénéficier d'une vue sur l'ensemble du parc éolien.

La plupart des points d'observation (5 points sur les 9 sont aussi les mêmes que ceux utilisés lors de l'étude d'impact afin de pouvoir comparer les résultats entre la situation avant implantation et post-implantation des éoliennes.

² Une **ascendance thermique** est formée par l'échauffement du sol sur les secteurs exposés au soleil et généralement dépourvus de végétation, alors qu'une **ascendance dynamique** est formée par l'effet du vent qui vient « buter » contre un relief.

Figure 24 : Carte de localisation des points d'observations utilisés pour le suivi de l'activité de l'avifaune entre 2018 et 2022



4.1.6 Dates et conditions de suivi des suivis post-implantation

Les tableaux suivants font la synthèse des dates de visites de terrain de **2018, 2019, 2020, 2021 et 2022** des thèmes ciblés pour chaque visite et des conditions météorologiques. Chaque année, **4 visites** ont ainsi été réalisées au cours de la période de nidification, soit de mi-avril à mi-juin. Il convient de rappeler que ces visites ne concernent que le suivi des oiseaux et ne comprennent pas les suivis de la mortalité ni de l'activité chiroptères, mêmes si parfois, les visites ciblées sur ces autres thèmes peuvent permettre de contacter des oiseaux et de relever certaines données de façon fortuite et non protocolisée.

Cet échantillon de visites représente une pression d'observation cumulée d'environ :

- **19h en 2018 ;**
- **21h en 2019 ;**
- **18h en 2020 ;**
- **20h en 2021 ;**
- **20h30 en 2022**

Les conditions de suivis ont été plutôt favorables à l'observation des oiseaux avec un temps plutôt sec, plus ou moins couvert et peu de vent.

Figure 25 : Tableau de synthèse des conditions de visites de terrain 2018

Date	Conditions météorologiques						Avifaune	
	Précipitations, nébulosités...	Force du vent	Direction du vent	Début de suivi	Durée du suivi	Observateur	Passereaux nicheurs (IPA)	Rapaces et autres nicheurs diurnes
18-avr.-18	Beau temps, bonne visibilité, de 6 à 20°C	Faible	SE	07:30	04:35	F. ALBESPY	X	X
15-mai-18	Ciel 100% couvert, pas de pluie, de 11 à 13°C	Faible	ONO	06:20	05:05	F. BONNET	X	X
7-juin-18	Couvert à 70%, bonne visibilité	Nul		06:00	04:50	J. MOUGNOT	X	X
21-juin-18	Très beau temps, pas un seul nuage, visibilité très bonne, 14°C à 6h12	Faible	ESE	06:12	04:58	L. NAZON	X	X

Figure 26 : Tableau de synthèse des conditions de visites de terrain 2019

Date	Conditions météorologiques				Début de suivi	Durée du suivi	Observateur	Avifaune	
	Précipitations, nébulosités...	Force du vent	Direction du vent					Passereaux nicheurs (IPA)	Rapaces et autres nicheurs diurnes
16-avr.-19	Ciel couvert, pluie fine, visibilité moyenne, 8°C	Modéré	NNO		07:10	04:10	S. DAVROUT	X	X
14-mai-19	Très beau temps, très bonne visibilité, 4°C à 6h15	Faible	NE		06:15	05:30	L. NAZON	X	X
6-juin-19	Ciel couvert, bonne visibilité, 10°C à 6h20	Faible	SO		06:25	07:00	P. PETITJEAN	X	X
18-juin-19	Beau temps, ciel couvert, 90 à 70%, 14 à 24°C	Très faible	SE		05:45	04:20	F. BONNET	X	X

Figure 27 : Tableau de synthèse des conditions de visites de terrain 2020

Date	Conditions climatiques				Début de suivi	Durée du suivi	Observateur	Avifaune	
	Précipitations, nébulosités...	Force du vent	Direction du vent					Passereaux nicheurs (IPA)	Rapaces et autres nicheurs diurnes
29-avr.-20	Nuit passé sur le site vers E1						A. COMBY		
30-avr.-20	Ciel couvert, alternance d'averses	Modéré	SO		06:35	03:25	A. COMBY	X	X
19-mai-20	Très beau temps, 9°C à 6h10, visibilité excellente	Faible	NE		06:10	06:10	J. MOUGNOT	X	X
2-juin-20	Nuit passé sur place vers pt 7. Beau temps, bonne visibilité, bonne audibilité, 25°C à 20h.	Faible	NO		20:00	02:00	P. PETITJEAN	X	X
3-juin-20	Beau temps, bonne visibilité, 10°C à 6:20	Faible	NO		06:20	04:30	P. PETITJEAN		
18-juin-20	Beau temps, couvert à 50% à 7h00 puis entièrement couvert à 8h00	Absent à faible	SO		06:10	03:50	A. COMBY	X	X

4.2 Diversité spécifique, cortège d'espèces, patrimonialité

Figure 28 : Tableau de synthèse des conditions de visites de terrain 2021

Date	Conditions climatiques			Début de suivi	Durée du suivi	Observateur	Avifaune	
	Précipitations, nébulosités...	Force du vent	Direction du vent				Passereaux nicheurs (IPA)	Rapaces et autres nicheurs diurnes
21-avr.-21	Beau temps, bonne visibilité, 3°C à 12°C	Faible à modéré	E	07:00	04:30	P. PETITJEAN	X	X
19-mai-21	Ciel 80 à 90% couvert, visibilité très bonne, 8°C	Modéré	O	06:30	04:00	A. COMBY	X	X
10-juin-21	Beau temps, 30% de nuage, semble se couvrir au Nord. Temps lourd, 30°C, bonne visibilité, toutes les éoliennes tourment.	Faible	E	17:15	03:00	L. NAZON	X	X
11-juin-21	Très beau temps, très bonne visibilité, 13°C à 6h, les éoliennes tourment doucement.	Absent à faible	E	06:00	03:35	L. NAZON		
25-juin-21	Ciel 20% couvert, visibilité bonne, 7°C	Faible	O	05:45	05:00	P. PETITJEAN	X	X

Figure 29 : Tableau de synthèse des conditions de visites de terrain 2022

Date	Conditions climatiques			Début de suivi	Durée du suivi	Observateur	Avifaune	
	Précipitations, nébulosités...	Force du vent	Direction du vent				Passereaux nicheurs (IPA)	Rapaces et autres nicheurs diurnes
19-avr.-22	Ciel 50% couvert, bonne visibilité, 16°C	Faible	NE	19:30		A. COMBY	X	X
20-juin-22	Ciel 70% couvert, visibilité bonne, 8°C	Faible	NE	07:35	04:05	A. COMBY	X	X
10-mai-22	Très beau temps, très bonne visibilité, 30°C à 19h40	Absent	—	19:00	02:00	L. NAZON		X
11-mai-22	Très beau temps, très bonne visibilité, 10°C à 6h45	Faible	SO	06:45	04:45	L. NAZON	X	X
9-juin-22	Ciel nuageux, 14 à 20°C.	Faible à modéré	N	06:45	05:15	E. DUPUIS	X	X
22-juin-22	Ciel 100% couvert, pluie fine, 18°C, éolienne en rotation, visibilité moyenne	Faible	SE	05:50	04:25	J. CAYLET	X	X

Pour l'année 2018, le tableau de la Figure 30 page 41 montre que le suivi de 2018 a permis de mettre en évidence la présence de **43 espèces d'oiseaux** sur ou dans l'entourage du parc éolien.

La grande majorité de ces espèces sont des passereaux et des oiseaux de taille intermédiaire. 4 espèces de rapaces et de 2 espèces d'oiseaux d'eau sont également mentionnées.

Pour l'année 2019, le tableau Figure 31 page 41 a permis de mettre en évidence la présence de **46 espèces d'oiseaux** sur ou dans l'entourage du parc éolien.

La grande majorité de ces espèces sont de nouveau des passereaux et des oiseaux de taille intermédiaire. Toutefois, 4 espèces de rapaces sont mentionnées, ainsi qu'une espèce d'oiseaux d'eau et une espèce de grands voiliers.

Pour l'année 2020, le tableau Figure 32 page 42 a permis de mettre en évidence la présence de **51 espèces d'oiseaux** sur ou dans l'entourage du parc éolien.

La grande majorité de ces espèces sont toujours des passereaux et des oiseaux de taille intermédiaire. Toutefois, 7 espèces de rapaces sont mentionnées, ainsi qu'une espèce d'oiseaux d'eau.

Pour l'année 2021, le tableau Figure 33 page 42 a permis de mettre en évidence la présence de **43 espèces d'oiseaux** sur ou dans l'entourage du parc éolien.

Pour l'année 2022, le tableau Figure 34 page 43 a permis de mettre en évidence la présence de **47 espèces d'oiseaux** sur ou dans l'entourage du parc éolien.

La majorité des espèces observées sont des passereaux, des oiseaux intermédiaires et des oiseaux d'eau. Cependant, 6 espèces de rapaces ont été contactés en 2022.

Finalement, **sur les 5 années de suivi (entre 2018 et 2022)**, la diversité d'espèces varie entre 43 et 51 espèces au cours des 5 années de suivi. Un total de **66 espèces** différentes a été recensé sur le parc éolien et dans les alentours en 5 ans. Cette différence de diversité sera étudiée par la suite pour savoir si certaines espèces sont venues fréquenter le parc éolien au fil des années.

Légende explicative pour les différents tableaux présentant le cortège d'espèces recensé ces trois dernières années :

- **Colonne Protection Européenne** : lorsque **surligné en jaune** = espèce inscrite à l'annexe 1 de la directive Oiseaux
- Colonne des listes rouges nationales des oiseaux nicheurs :
 - **Préc. Mineure** = Préoccupation mineure (espèce pour laquelle le risque de disparition de France est faible)
 - **Quasi menacée** = espèce proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises)
 - **Vulnérable** ; espèce menacée de disparition de France, niveau « vulnérable »
 - **En danger** ; espèce menacée de disparition de France, niveau « en danger »
 - **En danger critique d'extinction** ; espèce menacée de disparition de France, niveau « en danger critique d'extinction ».

Explication des abréviations de statut de protection :

Loi du 10 juillet 1976. P : espèce protégée, GC : gibier chassable, NC : non commercialisable, GN : gibier susceptible d'être classé comme nuisible par arrêté préfectoral, P-GC : protection et commercialisation de certaines espèces d'oiseaux sur le territoire français national (Article 3) et liste des espèces de gibier dont la chasse est autorisée (Premier).

- Directive Européenne "oiseaux" 2009/147/du 30 novembre 2009 :
 - O.1 annexe 1 : espèces dont la conservation fait l'objet de mesures de conservations spéciales concernant leur habitat.
 - O.2.1 annexe 2.1 : espèces pouvant être chassées dans la zone géographique maritime et terrestre d'application de la directive.
 - O.2.2 annexe 2.2 : espèces pouvant être chassées seulement dans les états membres pour lesquelles elles sont mentionnées.
 - O.3.1 annexe 3.1 : espèces pouvant être commercialisées pour autant qu'elles aient été licitement tuées, capturées ou acquises.
- **Convention de Berne** du 19 septembre 1979 relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel en Europe :
 - 2, annexe 2 : regroupe les espèces de faune strictement protégées, toute forme de destruction est interdite
 - 3, annexe 3 : regroupe les espèces de faune dont l'exploitation, sous quelque forme que ce soit, est réglementée.

Listes rouges :

- **nationales** : statut de conservation UICN des espèces nicheuses en France (selon la mise à jour de 2016)
- **régionales** : liste rouge régionale de l'ex-région Centre des oiseaux nicheurs (selon la mise à jour de 2013)

Figure 30 : Liste et statuts de protection et de conservation de l'ensemble des espèces d'oiseaux contactées au cours du suivi post-implantation de 2018

Nom Français	Nom Latin	Type	Statuts de protection			Statuts de conservation	
			Protec. Fr.	Protec. UE	Conv. Berne	Listes rouges nationales (oiseaux nicheurs)	Liste Rouge Régionale Centre (oiseaux nicheurs 2013)
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Quasi menacé	Quasi menacé
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>	Passereau	P		2	Vulnérable	Quasi menacé
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Passereau	P		3	Préoc. mineure	Quasi menacé
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>	Grand rapace	P	O.1	2	Préoc. mineure	Quasi menacé
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Grand rapace	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	Oiseau d'eau	GC	O.2.1	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	Intermédiaire	GN	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Coucou gris	<i>Cuculus canorus</i>	Intermédiaire	P		3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	Passereau	GN	O.2.2		Préoc. mineure	Préoc. mineure
Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1	3	Préoc. mineure	Non applicable
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Petit rapace	P		2	Quasi menacé	Préoc. mineure
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Grimpereau des jardins	<i>Certhia brachydactyla</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Grue cendrée	<i>Grus grus</i>	Grand voilier	P	O.1	2	En danger critique	
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>	Grand voilier	P		3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	Passereau	P		3	Quasi menacé	Préoc. mineure
Hypolaïs polyglotte	<i>Hippolaïs polyglotta</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>	Passereau	P		2	Vulnérable	Quasi menacé
Loriot d'Europe	<i>Oriolus oriolus</i>	Passereau	P			Préoc. mineure	Préoc. mineure
Martinet noir	<i>Apus Apus</i>	Passereau	P		3	Quasi menacé	Préoc. mineure
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Mésange bleue	<i>Parus caeruleus</i>	Passereau	P			Préoc. mineure	Préoc. mineure
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Milan noir	<i>Milvus migrans</i>	Grand rapace	P	O.1	2	Préoc. mineure	Vulnérable
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	Passereau	P-SP			Préoc. mineure	Préoc. mineure
Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1	3	Préoc. mineure	Quasi menacé
Pic vert	<i>Picus viridis</i>	Intermédiaire	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pie bavarde	<i>Pica pica</i>	Intermédiaire	GN	O.2.2		Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Intermédiaire	GN	O.2.1		Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	Passereau	P		3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Rossignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>	Passereau	P			Préoc. mineure	Préoc. mineure
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Tarier pâtre	<i>Saxicola torquatus</i>	Passereau	P			Quasi menacé	Préoc. mineure
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	Intermédiaire	GC	O.2.2	3	Vulnérable	Préoc. mineure
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	Intermédiaire	GC	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Verdier d'Europe	<i>Carduelis chloris</i>	Passereau	P			Vulnérable	Préoc. mineure

Figure 31 : Liste et statuts de protection et de conservation de l'ensemble des espèces d'oiseaux contactées au cours du suivi post-implantation de 2019

Nom Français	Nom Latin	Type	Statut de protection			Statut de conservation	
			Protec. Fr.	Protec. UE	Conv. Berne	Listes rouges nationales (oiseaux nicheurs)	Liste Rouge Régionale Centre (oiseaux nicheurs 2013)
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Quasi menacée	Quasi menacée
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>	Passereau	P		2	Vulnérable	Quasi menacée
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Passereau	P		3	Préoc. mineure	Quasi menacée
Bruant zizi	<i>Emberiza cirrus</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>	Grand rapace	P	O.1	2	Quasi menacée	Vulnérable
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>	Grand rapace	P	O.1	2	Préoc. mineure	Quasi menacée
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Grand rapace	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Caille des blés	<i>Coturnix coturnix</i>	Intermédiaire	P-GC	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	Oiseau d'eau	GC	O.2.1	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	Passereau	P		2	Vulnérable	Préoc. mineure
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	Intermédiaire	GN	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Coucou gris	<i>Cuculus canorus</i>	Intermédiaire	P		3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	Passereau	GN	O.2.2		Préoc. mineure	Préoc. mineure
Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1	3	Préoc. mineure	NA
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Petit rapace	P		2	Quasi menacée	Préoc. mineure
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Geai des chênes	<i>Garrulus glandarius</i>	Intermédiaire	GN	O.2.2		Préoc. mineure	Préoc. mineure
Grive draine	<i>Turdus viscivorus</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>	Grand voilier	P		3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	Passereau	P		3	Quasi menacée	Préoc. mineure
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>	Passereau	P		2	Vulnérable	Quasi menacée
Martinet noir	<i>Apus Apus</i>	Passereau	P		3	Quasi menacée	Préoc. mineure
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Mésange bleue	<i>Parus caeruleus</i>	Passereau	P			Préoc. mineure	Préoc. mineure
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	Passereau	P-SP			Préoc. mineure	Préoc. mineure
Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1	3	Préoc. mineure	Quasi menacée
Perdrix rouge	<i>Alectoris rufa</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	Intermédiaire	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pic vert	<i>Picus viridis</i>	Intermédiaire	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pie bavarde	<i>Pica pica</i>	Intermédiaire	GN	O.2.2		Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Intermédiaire	GN	O.2.1		Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	Passereau	P		3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Rossignol philomèle	<i>Luscinia</i>	Passereau	P			Préoc. mineure	Préoc. mineure
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Tarier pâtre	<i>Saxicola torquatus</i>	Passereau	P			Quasi menacée	Préoc. mineure
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	Intermédiaire	GC	O.2.2	3	Vulnérable	Préoc. mineure
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	Intermédiaire	GC	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Traquet motteux	<i>Oenanthe oenanthe</i>	Passereau	P		2	Quasi menacée	NA
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Verdier d'Europe	<i>Carduelis chloris</i>	Passereau	P			Vulnérable	Préoc. mineure

Figure 32 : Liste et statuts de protection et de conservation de l'ensemble des espèces d'oiseaux contactées au cours du suivi post-implantation de 2020

Nom Français	Nom Latin	Type	Statut de protection			Statut de conservation	
			Protec. Fr.	Protec. UE	Conv. Berne	Listes rouges nationales (oiseaux nicheurs)	Liste Rouge Régionale Centre (oiseaux nicheurs 2013)
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Quasi menacée	Quasi menacée
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	Passereau	P	O.1	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	Passereau	P	-	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>	Passereau	P	-	2	Vulnérable	Quasi menacée
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Passereau	P	-	3	Préc. mineure	Quasi menacée
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>	Grand rapace	P	O.1	2	Quasi menacée	Vulnérable
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>	Grand rapace	P	O.1	2	Préc. mineure	Quasi menacée
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Grand rapace	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	Passereau	P	-	2	Vulnérable	Préc. mineure
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	Intermédiaire	GN	O.2.2	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Chouette hulotte	<i>Strix aluco</i>	Grand rapace	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	Passereau	GN	O.2.2	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1 /O.3.1	3	Préc. mineure	NA
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Petit rapace	P	-	2	Quasi menacée	Préc. mineure
Faucon hobereau	<i>Falco subbuteo</i>	Petit rapace	P	-	2	Préc. mineure	Quasi menacée
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	Oiseau d'eau	P-SP	-	3	Préc. mineure	Quasi menacée
Grimpereau des jardins	<i>Certhia brachydactyla</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	Passereau	P	-	2	Quasi menacée	Préc. mineure
Hypolaïs polyglotte	<i>Hippolais polyglotta</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>	Passereau	P	-	2	Vulnérable	Quasi menacée
Loriot d'Europe	<i>Oriolus oriolus</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Martinet noir	<i>Apus apus</i>	Passereau	P	-	3	Quasi menacée	Préc. mineure
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Mésange bleue	<i>Parus caeruleus</i>	Passereau	P	-	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	Passereau	P-SP	-	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Milan noir	<i>Milvus migrans</i>	Grand rapace	P	O.1	2	Préc. mineure	Vulnérable
Oedicnème criard	<i>Burhinus oedicnemus</i>	Intermédiaire	P	O.1	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1 /O.3.1	3	Préc. mineure	Quasi menacée
Perdrix rouge	<i>Alectoris rufa</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1 /O.3.1	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	Intermédiaire	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Pic noir	<i>Dryocopus martius</i>	Intermédiaire	P	O.1	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Pie bavarde	<i>Pica pica</i>	Intermédiaire	GN	O.2.2	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Pie-grièche écorcheur	<i>Lanius collurio</i>	Intermédiaire	P	O.1	-	Quasi menacée	Préc. mineure
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Intermédiaire	GN	O.2.1 /O.3.1	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	Passereau	P	-	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Rossignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Tarier pâtre	<i>Saxicola torquatus</i>	Passereau	P	-	-	Quasi menacée	Préc. mineure
Torcol fourmilier	<i>Jynx torquilla</i>	Intermédiaire	P	-	2	Préc. mineure	Vulnérable
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	Intermédiaire	GC	O.2.2	3	Vulnérable	Préc. mineure
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	Intermédiaire	GC	O.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Verdier d'Europe	<i>Carduelis chloris</i>	Passereau	P	-	-	Vulnérable	Préc. mineure

Figure 33 : Liste et statuts de protection et de conservation de l'ensemble des espèces d'oiseaux contactées au cours du suivi post-implantation de 2021

Nom Français	Nom Latin	Type	Statut de protection			Statut de conservation	
			Protec. Fr.	Protec. UE	Conv. Berne	Listes rouges nationales	Liste Rouge Régionale Centre
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Quasi menacée	Quasi menacée
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	Passereau	P	-	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>	Passereau	P	-	2	Vulnérable	Quasi menacée
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Passereau	P	-	3	Préc. mineure	Quasi menacée
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>	Grand rapace	P	O.1	2	Quasi menacée	Vulnérable
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>	Grand rapace	P	O.1	2	Préc. mineure	Quasi menacée
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Grand rapace	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Caille des blés	<i>Coturnix coturnix</i>	Intermédiaire	P-GC	O.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	Passereau	P	-	2	Vulnérable	Préc. mineure
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	Intermédiaire	GN	O.2.2	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Chouette hulotte	<i>Strix aluco</i>	Grand rapace	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	Passereau	GN	O.2.2	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1 /O.3.1	3	Préc. mineure	NA
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Petit rapace	P	-	2	Quasi menacée	Préc. mineure
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Fauvette des jardins	<i>Sylvia borin</i>	Passereau	P	-	2	Quasi menacée	Préc. mineure
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	Passereau	P	-	2	Quasi menacée	Préc. mineure
Hypolaïs polyglotte	<i>Hippolais polyglotta</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>	Passereau	P	-	2	Vulnérable	Quasi menacée
Loriot d'Europe	<i>Oriolus oriolus</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Martinet noir	<i>Apus apus</i>	Passereau	P	-	3	Quasi menacée	Préc. mineure
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	Passereau	P-SP	-	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Oedicnème criard	<i>Burhinus oedicnemus</i>	Intermédiaire	P	O.1	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1 /O.3.1	3	Préc. mineure	Quasi menacée
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	Intermédiaire	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Intermédiaire	GN	O.2.1 /O.3.1	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	Passereau	P	-	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Pipit des arbres	<i>Anthus trivialis</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>	Passereau	P	-	2	Vulnérable	Vulnérable
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Rossignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Tarier pâtre	<i>Saxicola torquatus</i>	Passereau	P	-	-	Quasi menacée	Préc. mineure
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	Intermédiaire	GC	O.2.2	3	Vulnérable	Préc. mineure
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	Intermédiaire	GC	O.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure

Figure 34 : Liste et statuts de protection et de conservation de l'ensemble des espèces d'oiseaux contactées au cours du suivi post-implantation de 2022

Nom Français	Nom Latin	Type	Statut de protection			Statut de conservation	
			Protec. Fr.	Protec. UE	Conv. Berne	Listes rouges nationales	Liste Rouge Régionale Centre
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i>	Passereau	P	—	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Quasi menacée	Quasi menacée
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	Passereau	P	O.1	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	Passereau	P	—	—	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	Passereau	P	—	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>	Passereau	P	—	2	Vulnérable	Quasi menacée
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Passereau	P	—	3	Préoc. mineure	Quasi menacée
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>	Grand rapace	P	O.1	2	Quasi menacée	Vulnérable
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>	Grand rapace	P	O.1	2	Préoc. mineure	Quasi menacée
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Grand rapace	P	—	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Caille des blés	<i>Coturnix coturnix</i>	Intermédiaire	P-GC	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	Passereau	P	—	2	Vulnérable	Préoc. mineure
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	Intermédiaire	GN	O.2.2	—	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Etourneau sansonnet	<i>Stumus vulgaris</i>	Passereau	GN	O.2.2	—	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1 /O.3.1	3	Préoc. mineure	NA
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Petit rapace	P	—	2	Quasi menacée	Préoc. mineure
Faucon pèlerin	<i>Falco peregrinus</i>	Petit rapace	P	O.1	2	Préoc. mineure	En danger
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	Passereau	P	—	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>	Passereau	P	—	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Geai des chênes	<i>Garrulus glandarius</i>	Intermédiaire	GN	O.2.2	—	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>	Grand volier	P	—	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	Passereau	P	—	2	Quasi menacée	Préoc. mineure
Hypolaïs polyglotte	<i>Hippolais polyglotta</i>	Passereau	P	—	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>	Passereau	P	—	2	Vulnérable	Quasi menacée
Loriot d'Europe	<i>Oriolus oriolus</i>	Passereau	P	—	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Mésange bleue	<i>Parus caeruleus</i>	Passereau	P	—	—	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	Passereau	P	—	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Milan noir	<i>Milvus migrans</i>	Grand rapace	P	O.1	2	Préoc. mineure	Vulnérable
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	Passereau	P-SP	—	—	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Oedicnème criard	<i>Burhinus oedicnemus</i>	Intermédiaire	P	O.1	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1 /O.3.1	3	Préoc. mineure	Quasi menacée
Perdrix rouge	<i>Alectoris rufa</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1 /O.3.1	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	Intermédiaire	P	—	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pic vert	<i>Picus viridis</i>	Intermédiaire	P	—	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Intermédiaire	GN	O.2.1 /O.3.1	—	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	Passereau	P	—	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pipit des arbres	<i>Anthus trivialis</i>	Passereau	P	—	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pouillot fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	Passereau	P	—	2	Quasi menacée	Quasi menacée
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	Passereau	P	—	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Rosignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>	Passereau	P	—	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	Passereau	P	—	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>	Passereau	P	—	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Tarier pâle	<i>Saxicola torquatus</i>	Passereau	P	—	—	Quasi menacée	Préoc. mineure
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	Intermédiaire	GC	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Passereau	P	—	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure

4.2.1 Espèces protégées au titre de la loi du 10 juillet 1976

La majorité des espèces d'oiseaux est protégée en France. Ils bénéficient d'un statut de protection au niveau national par la loi du 10 juillet 1976. Un arrêté ministériel a mis à jour cette loi le 29 octobre 2009. A cours des 4 années de suivi post-implantation :

- **en 2018, 31 des 43 espèces** d'oiseaux identifiées (soit 72,1 %) sont protégés en France ;
- **en 2019, 31 des 46 espèces** d'oiseaux identifiées (soit 67,4 %) sont protégés en France ;
- **en 2020, 39 des 51 espèces** d'oiseaux identifiées (soit 76,5 %) sont protégés en France ;
- **en 2021, 33 des 43 espèces** d'oiseaux identifiées (soit 76,7 %) sont protégés en France ;
- **en 2022, 36 des 47 espèces** d'oiseaux identifiées (soit 76,6 %) sont protégés en France.

Finalement, **sur les 5 années de suivi (entre 2018 et 2022), 50 des 63 espèces** (soit 79,4 %) recensées bénéficient d'un statut de protection au niveau national. Globalement, une moyenne d'environ 73,8 % des espèces sont protégées au niveau du parc éolien et dans les alentours.

4.2.2 Espèces inscrites à l'annexe 1 de la Directive « Oiseaux »

Pour l'année 2018, 3 des 43 espèces identifiées sur le site et son entourage sont inscrites à l'annexe I de la Directive Européenne « Oiseaux » n°79/409/CE du 2 avril 1979, dont des mesures de conservation spéciales visent à préserver leurs habitats et leurs populations. Il s'agit du **Busard Saint-Martin**, de la **Grue cendrée** et du **Milan noir**.

Pour l'année 2019, 2 des 46 espèces identifiées sur le site et son entourage sont inscrites à l'annexe I de la Directive Européenne « Oiseaux ». Il s'agit du **Busard Saint-Martin** et du **Busard cendré**.

Pour l'année 2020, 7 des 51 espèces identifiées sur le site et son entourage sont inscrites à l'annexe I de la Directive Européenne « Oiseaux ». Il s'agit :

- de 3 espèces de rapaces : le **Busard Saint-Martin**, le **Busard cendré** et le **Milan noir** ;
- de 3 espèces d'oiseaux de taille intermédiaire : l'**Œdicnème criard**, le **Pic noir** et la **Pie-grièche écorcheur** ;
- d'une espèce de passereaux, l'**Alouette lulu**.

Pour l'année 2021, 3 des 43 espèces identifiées sur le site et son entourage sont inscrites à l'annexe I de la Directive Européenne « Oiseaux ». Il s'agit du **Busard Saint-Martin**, du **Busard cendré** et de l'**Œdicnème criard**.

Pour l'année 2022, 6 des 47 espèces identifiées sur le site et son entourage sont inscrites à l'annexe I de la Directive Européenne « Oiseaux ».

- de 4 espèces de rapaces : le **Busard Saint-Martin**, le **Busard cendré**, le **Faucon pèlerin** et le **Milan noir** ;

- de 1 espèce d'oiseau de taille intermédiaire : l'**Œdicnème criard**,
- d'une espèce de passereau, l'**Alouette lulu**.

Sur les 5 années de suivi (entre 2018 et 2022), 9 des 64 espèces identifiées sur le site et son entourage sont inscrites à l'annexe I de la Directive Européenne « Oiseaux » (soit 14,3%). 3 espèces de rapaces (le Busard Saint-Martin, le Busard cendré et le Milan noir) sont contactées régulièrement sur les 5 années de suivi. Le Faucon pèlerin a été observé une fois en 2022. La Grue cendrée, la Pie-grièche, et le Pic noir n'ont été contacté qu'une fois. L'**Œdicnème criard** est observé sur les trois dernières années et l'**alouette lulu** a été observé en 2020 et 2022.

4.2.3 Espèces menacées inscrites sur la liste des espèces menacées en France (UICN 2016)

Les niveaux de menaces de ces espèces sont basés **sur le statut de conservation UICN des espèces nicheuses en France**, selon la mise à jour d'octobre 2016.

Pour l'année 2018 :

- **1 des espèces** identifiées sur le site et son entourage est considérée comme ayant une population nicheuse **en danger critique** en France. Il s'agit de la **Grue cendrée**. Cependant, cette espèce n'a pas été contactée en tant que nicheuse sur le site, mais en tant que migratrice ;
- **4 des espèces** identifiées sur le site et son entourage sont considérées comme ayant une population nicheuse **vulnérable** en France. Il s'agit des espèces suivantes :

Nom français	Nom latin
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>
Verdier d'Europe	<i>Carduelis chloris</i>

- **5 des espèces** identifiées sur le site et son entourage sont considérées comme ayant une population nicheuse **quasi-menacée** en France. Il s'agit des espèces suivantes :

Nom français	Nom latin
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>
Martinet noir	<i>Apus Apus</i>
Tarier pâtre	<i>Saxicola torquatus</i>

Pour l'année 2019 :

- **5 des espèces** identifiées sur le site et son entourage sont considérées comme ayant une population nicheuse **vulnérable** en France. Il s'agit des espèces suivantes :

Nom français	Nom latin
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>
Verdier d'Europe	<i>Carduelis chloris</i>

- **7 des espèces** identifiées sur le site et son entourage sont considérées comme ayant une population nicheuse **quasi-menacée** en France. Il s'agit des espèces suivantes :

Nom français	Nom latin
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>
Martinet noir	<i>Apus Apus</i>
Tarier pâtre	<i>Saxicola torquatus</i>
Traquet motteux	<i>Oenanthe oenanthe</i>

Pour l'année 2020 :

- **5 des espèces** identifiées sur le site et son entourage sont considérées comme ayant une population nicheuse **vulnérable** en France. Il s'agit des espèces suivantes :

Nom français	Nom latin
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>
Verdier d'Europe	<i>Carduelis chloris</i>

- **7 des espèces** identifiées sur le site et son entourage sont considérées comme ayant une population nicheuse **quasi-menacée** en France. Il s'agit des espèces suivantes :

Nom français	Nom latin
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>
Martinet noir	<i>Apus Apus</i>
Pie-grièche écorcheur	<i>Lanius collurio</i>
Tarier pâtre	<i>Saxicola torquatus</i>

Pour l'année 2021

- **5 des espèces** identifiées sur le site et son entourage sont considérées comme ayant une population nicheuse **vulnérable** en France. Il s'agit des espèces suivantes :

Nom français	Nom latin
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>

- **7 des espèces** identifiées sur le site et son entourage sont considérées comme ayant une population nicheuse **quasi-menacée** en France. Ce sont les espèces suivantes :

Nom français	Nom latin
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>
Fauvette des jardins	<i>Sylvia borin</i>
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>
Martinet noir	<i>Apus Apus</i>
Tarier pâtre	<i>Saxicola torquatus</i>

Pour l'année 2022 :

- **2 des espèces** identifiées sur le site et son entourage sont considérées comme ayant une population nicheuse **vulnérable** en France. Il s'agit des espèces suivantes :

Nom Français	Nom Latin
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>

- **5 des espèces** identifiées sur le site et son entourage sont considérées comme ayant une population nicheuse **quasi-menacée** en France. Il s'agit des espèces suivantes :

Nom Français	Nom Latin
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>
Tarier pâtre	<i>Saxicola torquatus</i>

Enfin, **sur les 5 années de suivi (entre 2018 et 2022), 16 espèces** ont un statut de conservation défavorable en France. Il s'agit des espèces suivantes :

Nom Français	Nom Latin
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>
Fauvette des jardins	<i>Sylvia borin</i>
Grue cendrée	<i>Grus grus</i>
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>
Martinet noir	<i>Apus Apus</i>
Pie-grièche écorcheur	<i>Lanius collurio</i>
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>
Pouillot fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>
Tarier pâle	<i>Saxicola torquatus</i>
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>
Traquet motteux	<i>Oenanthe oenanthe</i>
Verdier d'Europe	<i>Carduelis chloris</i>

4.2.5 Espèces menacées inscrites sur la liste des espèces menacées en ex-région Centre (2013)

Pour l'année 2018 :

- **1 des espèces** identifiées sur le site et son entourage est considérée comme ayant une population nicheuse **vulnérable** en ex-région Centre. Il s'agit du **Milan noir** ;
- **6 des espèces** identifiées sur le site et son entourage sont considérées comme ayant une population nicheuse **quasi-menacée** en ex-région Centre. Il s'agit des espèces suivantes :

Nom français	Nom latin
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>
Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>

Pour l'année 2019 :

- **1 des espèces** identifiées sur le site et son entourage est considérée comme ayant une population nicheuse **vulnérable** en ex-région Centre. Il s'agit du **Busard cendré** ;
- **6 des espèces** identifiées sur le site et son entourage sont considérées comme ayant une population nicheuse **quasi-menacée** en ex-région Centre. Il s'agit des espèces suivantes :

Nom français	Nom latin
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>
Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>

Pour l'année 2020 :

- **3 des espèces** identifiées sur le site et son entourage est considérée comme ayant une population nicheuse **vulnérable** en ex-région Centre. Il s'agit des espèces suivantes :

Nom français	Nom latin
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>
Milan noir	<i>Milvus migrans</i>
Torcol fourmilier	<i>Jynx torquilla</i>

- **8 des espèces** identifiées sur le site et son entourage sont considérées comme ayant une population nicheuse **quasi-menacée** en ex-région Centre. Il s'agit des espèces suivantes :

Nom français	Nom latin
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>
Faucon hobereau	<i>Falco subbuteo</i>
Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>
Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>

Pour l'année 2021 :

- **2 des espèces** identifiées sur le site et son entourage est considérée comme ayant une population nicheuse **vulnérable** en ex-région Centre. Il s'agit des espèces suivantes :

Nom français	Nom latin
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>

- **6 des espèces** identifiées sur le site et son entourage sont considérées comme ayant une population nicheuse **quasi-menacée** en ex-région Centre. Il s'agit des espèces suivantes :

Nom français	Nom latin
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>
Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>

Finalement, **sur les 4 années de suivi (entre 2018 et 2021), 12 espèces** ont un statut de conservation défavorable en ex-région Centre. Il s'agit des espèces suivantes :

Nom français	Nom latin
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>
Faucon hobereau	<i>Falco subbuteo</i>
Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>
Milan noir	<i>Milvus migrans</i>
Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>
Torcol fourmilier	<i>Jynx torquilla</i>

4.3 Résultats du suivi des oiseaux nicheurs

4.3.1 Biodiversité

4.3.1.1 Rappel des résultats du suivi de l'avifaune nicheuse à l'état initial en 2006 (EXEN, 2009)

Lors de l'état initial, **54 espèces** ont été notées en période de reproduction sur et à proximité de l'aire d'étude, dont 17 présentent une certaine valeur patrimoniale au regard des statuts de conservation le plus récents.

Le tableau ci-contre résume le cortège d'espèces identifiées. Ce cortège est principalement composé d'oiseaux de milieux ouverts et semi-ouverts ce qui correspond au type de milieux présents sur le site.

Figure 35 : Tableau de la liste d'espèces nicheuses contactées lors du suivi de l'état initial en 2006

Nom Français	Nom Latin	Type	Statut de protection			Statut de conservation	
			Prot. Fr.	Prot. UE	Conv. Berne	Listes rouges nationales (oiseaux nicheurs)	Liste Rouge Régionale Centre (oiseaux nicheurs 2013)
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i>	Passereau	P	—	2	Préc. mineure	—
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Quasi menacé	Quasi menacé
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	Passereau	P	—	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	Passereau	P	—	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>	Passereau	P	—	2	Vulnérable	Quasi menacé
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Passereau	P	—	3	Préc. mineure	Quasi menacé
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>	Grand rapace	P	O.1	2	Quasi menacé	Vulnérable
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>	Grand rapace	P	O.1	2	Préc. mineure	Quasi menacé
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Grand rapace	P	—	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Caille des blés	<i>Coturnix coturnix</i>	Intermédiaire	P-GC	O.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	Oiseau d'eau	GC	O.2.1 / O.3.1	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	Passereau	P	—	2	Vulnérable	Préc. mineure
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	Intermédiaire	GN	O.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Coucou gris	<i>Cuculus canorus</i>	Intermédiaire	P	—	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Courlis cendré	<i>Numenius arquata</i>	Limicole	P-GC	O.2.2	3	Vulnérable	En danger
Epervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>	Petit rapace	P-SP	—	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Etourneau sansonnet	<i>Stumus vulgaris</i>	Passereau	GN	O.2.2	—	Préc. mineure	Préc. mineure
Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1 / O.3.1	3	Préc. mineure	—
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Petit rapace	P	—	2	Quasi menacé	Préc. mineure
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	Passereau	P	—	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Fauvette des jardins	<i>Sylvia borin</i>	Passereau	P	—	2	Quasi menacé	Préc. mineure
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>	Passereau	P	—	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Geai des chênes	<i>Garrulus glandarius</i>	Intermédiaire	GN	O.2.2	—	Préc. mineure	Préc. mineure
Gobemouche gris	<i>Muscicapa striata</i>	Passereau	P	—	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Grimpereau des jardins	<i>Certhia brachydactyla</i>	Passereau	P	—	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Grive draine	<i>Turdus viscivorus</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Hirondelle de fenêtre	<i>Delichon urbica</i>	Passereau	P	—	2	Quasi menacé	Préc. mineure
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	Passereau	P	—	3	Quasi menacé	Préc. mineure
Hypolaïs polyglotte	<i>Hippolais polyglotta</i>	Passereau	P	—	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>	Passereau	P	—	2	Vulnérable	Quasi menacé
Loriot d'Europe	<i>Oriolus oriolus</i>	Passereau	P	—	—	Préc. mineure	Préc. mineure
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Mésange bleue	<i>Parus caeruleus</i>	Passereau	P	—	—	Préc. mineure	Préc. mineure
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	Passereau	P	—	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	Passereau	P-SP	—	—	Préc. mineure	Préc. mineure
Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1 / O.3.1	3	Préc. mineure	Quasi menacé
Perdrix rouge	<i>Alectoris rufa</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1 / O.3.1	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	Intermédiaire	P	—	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Pic vert	<i>Picus viridis</i>	Intermédiaire	P	—	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Pie bavarde	<i>Pica pica</i>	Intermédiaire	GN	O.2.2	—	Préc. mineure	Préc. mineure
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Intermédiaire	GN	O.2.1 / O.3.1	—	Préc. mineure	Préc. mineure
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	Passereau	P	—	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	Passereau	P	—	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Rossignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>	Passereau	P	—	—	Préc. mineure	Préc. mineure
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	Passereau	P	—	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>	Passereau	P	—	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Serin cini	<i>Serinus serinus</i>	Passereau	P	—	2	Vulnérable	Préc. mineure
Sittelle torchepot	<i>Sitta europaea</i>	Passereau	P	—	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Tarier pâte	<i>Saxicola torquatus</i>	Passereau	P	—	—	Quasi menacé	Préc. mineure
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	Intermédiaire	GC	O.2.2	3	Vulnérable	Préc. mineure
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	Intermédiaire	GC	O.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Passereau	P	—	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Verdier d'Europe	<i>Carduelis chloris</i>	Passereau	P	—	—	Vulnérable	Préc. mineure

4.3.1.2 Rappel des résultats du suivi de l'avifaune nicheuse pendant la phase chantier en 2016 (EXEN, 2016)

Ce suivi ne concerne qu'un seul jour, le 15 mars 2016, avant le début des travaux. Au niveau des rapaces, deux espèces nicheuses ont été contactées : la Buse variable et le Busard Saint-Martin. Les deux espèces ont été observées en chasse sur la zone d'étude. Au niveau des passereaux, seuls l'Alouette des champs et le Bruant proyer ont été contactés en tant que nicheur sur le site à cette date.

4.3.1.3 Résultats du suivi de l'avifaune nicheuse en 2018

Concernant le cortège d'espèces nicheuses au niveau du parc éolien ou en périphérie, **41 espèces** différentes ont été contactées sur la période de reproduction de 2018, ce qui est légèrement moins important que lors de l'état initial en 2006 (54 espèces). Cette différence peut s'expliquer par une surface prospectée plus grande lors de l'état initial, avec 3 aires d'études suivies.

En 2018, **12 espèces** patrimoniales sont recensées comme espèces potentiellement nicheuses sur site ou son entourage. C'est également légèrement inférieur au nombre d'espèces patrimoniales relevées en 2006. Il s'agit de :

- **2 espèces de rapaces** : le Busard Saint-Martin et le Faucon crécerelle ;
- **10 espèces de passereaux et assimilés** : l'Alouette des champs, le Bruant jaune, le Bruant proyer, l'Hirondelle rustique, la Linotte mélodieuse, le Martinet noir, la Perdrix grise, le Tarier pâtre, la Tourterelle des bois et le Verdier d'Europe.

Figure 36 : Tableau de la liste d'espèces nicheuses contactées lors du suivi post-implantation en 2018

Nom Français	Nom Latin	Type	Statut de protection			Statut de conservation	
			Protec. Fr.	Protec. UE	Conv. Berne	Listes rouges nationales (oiseaux nicheurs)	Liste Rouge Régionale Centre (oiseaux nicheurs 2013)
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Quasi menacé	Quasi menacé
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>	Passereau	P		2	Vulnérable	Quasi menacé
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Passereau	P		3	Préoc. mineure	Quasi menacé
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>	Grand rapace	P	O.1	2	Préoc. mineure	Quasi menacé
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Grand rapace	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	Oiseau d'eau	GC	O.2.1 /O.3.1	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	Intermédiaire	GN	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Coucou gris	<i>Cuculus canorus</i>	Intermédiaire	P		3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	Passereau	GN	O.2.2		Préoc. mineure	Préoc. mineure
Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1 /O.3.1	3	Préoc. mineure	NA
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Petit rapace	P		2	Quasi menacé	Préoc. mineure
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Grimpereau des jardins	<i>Certhia brachydactyla</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>	Grand voilier	P		3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	Passereau	P		3	Quasi menacé	Préoc. mineure
Hypolaïs polyglotte	<i>Hippolaïs polyglotta</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>	Passereau	P		2	Vulnérable	Quasi menacé
Loriot d'Europe	<i>Oriolus oriolus</i>	Passereau	P			Préoc. mineure	Préoc. mineure
Martinet noir	<i>Apus Apus</i>	Passereau	P		3	Quasi menacé	Préoc. mineure
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Mésange bleue	<i>Parus caeruleus</i>	Passereau	P			Préoc. mineure	Préoc. mineure
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	Passereau	P-SP			Préoc. mineure	Préoc. mineure
Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1 /O.3.1	3	Préoc. mineure	Quasi menacé
Pic vert	<i>Picus viridis</i>	Intermédiaire	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pie bavarde	<i>Pica pica</i>	Intermédiaire	GN	O.2.2		Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Intermédiaire	GN	O.2.1 /O.3.1		Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	Passereau	P		3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Rosignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>	Passereau	P			Préoc. mineure	Préoc. mineure
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Tarier pâtre	<i>Saxicola torquatus</i>	Passereau	P			Quasi menacé	Préoc. mineure
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	Intermédiaire	GC	O.2.2	3	Vulnérable	Préoc. mineure
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	Intermédiaire	GC	O.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Verdier d'Europe	<i>Carduelis chloris</i>	Passereau	P			Vulnérable	Préoc. mineure

Figure 37 : Tableau de la liste d'espèces nicheuses contactées lors du suivi post-implantation en 2019

4.3.1.4 Résultats du suivi de l'avifaune nicheuse en 2019

Concernant le cortège d'espèces nicheuses au niveau du parc éolien ou en périphérie, **44 espèces** différentes ont été contactées sur la période de reproduction de 2019, ce qui est quasiment similaire au nombre d'espèces relevées en période de nidification de 2018.

En 2019, **13 espèces** patrimoniales sont recensées comme espèces potentiellement nicheuses sur site ou son entourage. C'est également proche de ce qui été noté en 2018. Il s'agit de :

- **3 espèces de rapaces** : le Busard cendré, le Busard Saint-Martin et le Faucon crécerelle ;
- **10 espèces de passereaux et assimilés** : l'Alouette des champs, le Bruant jaune, le Bruant proyer, le Chardonneret élégant, l'Hirondelle rustique, la Linotte mélodieuse, la Perdrix grise, le Tarier pâtre, la Tourterelle des bois et le Verdier d'Europe.

Le parc éolien étant situé en zone agricole, les espèces inventoriées au niveau des éoliennes sont des espèces de milieux ouverts (Alouette des champs, Perdrix grise, etc.) ou ubiquistes (Fauvette à tête noire, Merle noir, etc.).

Nom Français	Nom Latin	Type	Statut de protection			Statut de conservation	
			Protec. Fr.	Protec. UE	Conv. Berne	Listes rouges nationales (oiseaux nicheurs)	Liste Rouge Régionale Centre (oiseaux nicheurs 2013)
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau	GC	0.2.2	3	Quasi menacée	Quasi menacée
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>	Passereau	P		2	Vulnérable	Quasi menacée
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Passereau	P		3	Préoc. mineure	Quasi menacée
Bruant zizi	<i>Emberiza cirius</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>	Grand rapace	P	0.1	2	Quasi menacée	Vulnérable
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>	Grand rapace	P	0.1	2	Préoc. mineure	Quasi menacée
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Grand rapace	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Caille des blés	<i>Coturnix coturnix</i>	Intermédiaire	P-GC	0.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	Oiseau d'eau	GC	0.2.1	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	Passereau	P		2	Vulnérable	Préoc. mineure
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	Intermédiaire	GN	0.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Coucou gris	<i>Cuculus canorus</i>	Intermédiaire	P		3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Etourneau sansonnet	<i>Stumus vulgaris</i>	Passereau	GN	0.2.2		Préoc. mineure	Préoc. mineure
Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Intermédiaire	GC	0.2.1	3	Préoc. mineure	NA
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Petit rapace	P		2	Quasi menacée	Préoc. mineure
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Geai des chênes	<i>Garrulus glandarius</i>	Intermédiaire	GN	0.2.2		Préoc. mineure	Préoc. mineure
Grive draine	<i>Turdus viscivorus</i>	Passereau	GC	0.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	Passereau	GC	0.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>	Grand voilier	P		3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	Passereau	P		3	Quasi menacée	Préoc. mineure
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>	Passereau	P		2	Vulnérable	Quasi menacée
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	Passereau	GC	0.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Mésange bleue	<i>Parus caeruleus</i>	Passereau	P			Préoc. mineure	Préoc. mineure
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	Passereau	P-SP			Préoc. mineure	Préoc. mineure
Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>	Intermédiaire	GC	0.2.1	3	Préoc. mineure	Quasi menacée
Perdrix rouge	<i>Alectoris rufa</i>	Intermédiaire	GC	0.2.1	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	Intermédiaire	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pic vert	<i>Picus viridis</i>	Intermédiaire	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pie bavarde	<i>Pica pica</i>	Intermédiaire	GN	0.2.2		Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Intermédiaire	GN	0.2.1		Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	Passereau	P		3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Rosignol philomèle	<i>Luscinia</i>	Passereau	P			Préoc. mineure	Préoc. mineure
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Tarier pâtre	<i>Saxicola torquatus</i>	Passereau	P			Quasi menacée	Préoc. mineure
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	Intermédiaire	GC	0.2.2	3	Vulnérable	Préoc. mineure
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	Intermédiaire	GC	0.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Verdier d'Europe	<i>Carduelis chloris</i>	Passereau	P			Vulnérable	Préoc. mineure

Figure 38 : Tableau de la liste d'espèces nicheuses contactées lors du suivi post-implantation en 2020

4.3.1.5 Résultats du suivi de l'avifaune nicheuse en 2020

Concernant le cortège d'espèces nicheuses au niveau du parc éolien ou en périphérie, **50 espèces** différentes ont été contactées sur la période de reproduction de 2020. C'est un peu plus que les années précédentes (**41 en 2018** et **44 en 2019**).

En 2020, **20 espèces** patrimoniales sont recensées comme espèces potentiellement nicheuses sur site ou son entourage. C'est plus qu'en 2018 et 2019, avec minimum 7 espèces patrimoniales supplémentaires. Il s'agit de :

- **5 espèces de rapaces** : le Busard cendré, le Busard Saint-Martin, le Faucon crécerelle, le Faucon hobereau et le Milan noir ;
- **1 espèce d'oiseau d'eau**, le Grand cormoran ;
- **6 espèces d'oiseaux de taille intermédiaire** : l'Œdicnème criard, la Perdrix grise, le Pic noir, la Pie grièche écorcheur, le Torcol fourmilier et la Tourterelle des bois ;
- **10 espèces de passereaux et assimilés** : l'Alouette des champs, l'Alouette lulu, le Bruant jaune, le Bruant proyer, le Chardonneret élégant, l'Hirondelle rustique, la Linotte mélodieuse, le Martinet noir, le Tarier pâtre et le Verdier d'Europe.

Le parc éolien étant situé en zone agricole, le cortège d'espèces est similaire aux années précédentes.

Nom Français	Nom Latin	Type	Statut de protection			Statut de conservation	
			Protéc. Fr.	Protéc. UE	Conv. Berne	Listes rouges nationales (oiseaux nicheurs)	Liste Rouge Régionale Centre (oiseaux nicheurs 2013)
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Quasi menacée	Quasi menacée
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	Passereau	P	O.1	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	Passereau	P	-	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>	Passereau	P	-	2	Vulnérable	Quasi menacée
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Passereau	P	-	3	Préc. mineure	Quasi menacée
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>	Grand rapace	P	O.1	2	Quasi menacée	Vulnérable
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>	Grand rapace	P	O.1	2	Préc. mineure	Quasi menacée
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Grand rapace	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	Passereau	P	-	2	Vulnérable	Préc. mineure
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	Intermédiaire	GN	O.2.2	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Chouette hulotte	<i>Strix aluco</i>	Grand rapace	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	Passereau	GN	O.2.2	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1 / O.3.1	3	Préc. mineure	NA
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Petit rapace	P	-	2	Quasi menacée	Préc. mineure
Faucon hobereau	<i>Falco subbuteo</i>	Petit rapace	P	-	2	Préc. mineure	Quasi menacée
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Fauvette grise	<i>Sylvia communis</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	Oiseau d'eau	P-SP	-	3	Préc. mineure	Quasi menacée
Grimpereau des jardins	<i>Certhia brachydactyla</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	Passereau	P	-	2	Quasi menacée	Préc. mineure
Hypolaïs polyglotte	<i>Hippolais polyglotta</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>	Passereau	P	-	2	Vulnérable	Quasi menacée
Loriot d'Europe	<i>Oriolus oriolus</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Martinet noir	<i>Apus Apus</i>	Passereau	P	-	3	Quasi menacée	Préc. mineure
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	Passereau	GC	O.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Mésange bleue	<i>Parus caeruleus</i>	Passereau	P	-	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	Passereau	P-SP	-	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Milan noir	<i>Milvus migrans</i>	Grand rapace	P	O.1	2	Préc. mineure	Vulnérable
Œdicnème criard	<i>Burhinus oedicephalus</i>	Intermédiaire	P	O.1	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1 / O.3.1	3	Préc. mineure	Quasi menacée
Perdrix rouge	<i>Alectoris rufa</i>	Intermédiaire	GC	O.2.1 / O.3.1	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	Intermédiaire	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Pic noir	<i>Dryocopus martius</i>	Intermédiaire	P	O.1	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Pie bavarde	<i>Pica pica</i>	Intermédiaire	GN	O.2.2	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Pie grièche écorcheur	<i>Lanius collurio</i>	Intermédiaire	P	O.1	-	Quasi menacée	Préc. mineure
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Intermédiaire	GN	O.2.1 / O.3.1	-	Préc. mineure	Préc. mineure
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	Passereau	P	-	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Rossignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Tarier pâtre	<i>Saxicola torquatus</i>	Passereau	P	-	-	Quasi menacée	Préc. mineure
Torcol fourmilier	<i>Jynx torquilla</i>	Intermédiaire	P	-	2	Préc. mineure	Vulnérable
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	Intermédiaire	GC	O.2.2	3	Vulnérable	Préc. mineure
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	Intermédiaire	GC	O.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Passereau	P	-	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Verdier d'Europe	<i>Carduelis chloris</i>	Passereau	P	-	-	Vulnérable	Préc. mineure

Figure 39 : Tableau de la liste d'espèces nicheuses contactées lors du suivi post-implantation en 2021

4.3.1.6 Résultats des suivis des nicheurs 2021

Concernant le cortège d'espèces nicheuses au niveau du parc éolien ou en périphérie, **43 espèces** différentes ont été contactées sur la période de reproduction de 2021, ce qui est dans la moyenne des années précédentes (**entre 41 et 50 espèces entre 2018 et 2020**).

En 2021, **16 espèces** patrimoniales sont recensées comme espèces potentiellement nicheuses sur site ou son entourage. Cela correspond à :

- **3 espèces de rapaces** : le Busard cendré, le Busard Saint-Martin et le Faucon crécerelle ;
- **3 espèces d'oiseaux de taille intermédiaire** : l'Œdicnème criard, la Perdrix grise et la Tourterelle des bois ;
- **10 espèces de passereaux et assimilés** : l'Alouette des champs, le Bruant jaune, le Bruant proyer, le Chardonneret élégant, la Fauvette des jardins, l'Hirondelle rustique, la Linotte mélodieuse, le Martinet noir, le Pipit farlouse et le Tarier pâtre.

Le parc éolien étant situé en zone agricole, les espèces inventoriées au niveau du parc éolien sont des espèces de milieux ouverts (Alouette des champs, Œdicnème criard, Perdrix grise, etc.) ou ubiquistes.

Nom Français	Nom Latin	Type	Statut de protection			Statut de conservation	
			Prot. Fr.	Prot. UE	Conv. Berne	Listes rouges nationales	Liste Rouge Régionale Centre
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i>	Passereau	P		2	Préc. mineure	Préc. mineure
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau	GC	0.2.2	3	Quasi menacée	Quasi menacée
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	Passereau	P			Préc. mineure	Préc. mineure
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	Passereau	P		2	Préc. mineure	Préc. mineure
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>	Passereau	P		2	Vulnérable	Quasi menacée
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Passereau	P		3	Préc. mineure	Quasi menacée
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>	Grand rapace	P	0.1	2	Quasi menacée	Vulnérable
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>	Grand rapace	P	0.1	2	Préc. mineure	Quasi menacée
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Grand rapace	P		2	Préc. mineure	Préc. mineure
Caille des blés	<i>Coturnix coturnix</i>	Intermédiaire	P-GC	0.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	Passereau	P		2	Vulnérable	Préc. mineure
Cornelle noire	<i>Corvus corone</i>	Intermédiaire	GN	0.2.2		Préc. mineure	Préc. mineure
Chouette hulotte	<i>Strix aluco</i>	Grand rapace	P		2	Préc. mineure	Préc. mineure
Etourneau sansonnet	<i>Stumus vulgaris</i>	Passereau	GN	0.2.2		Préc. mineure	Préc. mineure
Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Intermédiaire	GC	0.2.1 / 0.3.1	3	Préc. mineure	NA
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Petit rapace	P		2	Quasi menacée	Préc. mineure
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	Passereau	P		2	Préc. mineure	Préc. mineure
Fauvette des jardins	<i>Sylvia borin</i>	Passereau	P		2	Quasi menacée	Préc. mineure
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>	Passereau	P		2	Préc. mineure	Préc. mineure
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	Passereau	GC	0.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	Passereau	P		2	Quasi menacée	Préc. mineure
Hypolaïs polyglotte	<i>Hippolais polyglotta</i>	Passereau	P		2	Préc. mineure	Préc. mineure
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>	Passereau	P		2	Vulnérable	Quasi menacée
Loriot d'Europe	<i>Oriolus oriolus</i>	Passereau	P		2	Préc. mineure	Préc. mineure
Martinet noir	<i>Apus Apus</i>	Passereau	P		3	Quasi menacée	Préc. mineure
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	Passereau	GC	0.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	Passereau	P		2	Préc. mineure	Préc. mineure
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	Passereau	P-SP			Préc. mineure	Préc. mineure
Œdicnème criard	<i>Burhinus oedcnemus</i>	Intermédiaire	P	0.1	2	Préc. mineure	Préc. mineure
Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>	Intermédiaire	GC	0.2.1 / 0.3.1	3	Préc. mineure	Quasi menacée
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	Intermédiaire	P		2	Préc. mineure	Préc. mineure
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Intermédiaire	GN	0.2.1 / 0.3.1		Préc. mineure	Préc. mineure
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	Passereau	P		3	Préc. mineure	Préc. mineure
Pipit des arbres	<i>Anthus trivialis</i>	Passereau	P		2	Préc. mineure	Préc. mineure
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>	Passereau	P		2	Vulnérable	Vulnérable
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	Passereau	P		2	Préc. mineure	Préc. mineure
Rossignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>	Passereau	P		2	Préc. mineure	Préc. mineure
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	Passereau	P		2	Préc. mineure	Préc. mineure
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>	Passereau	P		2	Préc. mineure	Préc. mineure
Tarier pâtre	<i>Saxicola torquatus</i>	Passereau	P			Quasi menacée	Préc. mineure
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	Intermédiaire	GC	0.2.2	3	Vulnérable	Préc. mineure
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	Intermédiaire	GC	0.2.2	3	Préc. mineure	Préc. mineure
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Passereau	P		2	Préc. mineure	Préc. mineure

4.3.1.7 Résultats des suivis des nicheurs 2022

Concernant le cortège d'espèces nicheuses au niveau du parc éolien ou en périphérie, **46 espèces** différentes ont été contactées sur la période de reproduction de 2021, ce qui est dans la moyenne des années précédentes (**entre 41 et 50 espèces entre 2018 et 2022**).

En 2022, **15 espèces** patrimoniales sont recensées comme espèces potentiellement nicheuses sur site ou son entourage. Cela correspond à :

- **5 espèces de rapaces** : le Busard cendré, le Busard Saint-Martin, le Faucon crécerelle ; le Faucon pèlerin et le Milan noir ;
- **2 espèces d'oiseaux de taille intermédiaire** : l'Œdicnème criard et la Perdrix grise ;
- **8 espèces de passereaux et assimilés** : l'Alouette des champs, l'Alouette lulu, le Bruant jaune, le Bruant proyer, le Chardonneret élégant, l'Hirondelle rustique, la Linotte mélodieuse, et le Tarier pâtre.

Le parc éolien étant situé en zone agricole, les espèces inventoriées au niveau du parc éolien sont des espèces associées aux milieux ouverts ou alors ubiquistes.

Figure 40 : Tableau de la liste d'espèces nicheuses contactées lors du suivi post-implantation en 2022

Nom Français	Nom Latin	Type	Statut de protection			Statut de conservation	
			Protec. Fr.	Protec. UE	Conv. Berne	Listes rouges nationales	Liste Rouge Régionale Centre
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau	GC	0.2.2	3	Quasi menacée	Quasi menacée
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	Passereau	P	0.1	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	Passereau	P			Préoc. mineure	Préoc. mineure
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>	Passereau	P		2	Vulnérable	Quasi menacée
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Passereau	P		3	Préoc. mineure	Quasi menacée
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>	Grand rapace	P	0.1	2	Quasi menacée	Vulnérable
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>	Grand rapace	P	0.1	2	Préoc. mineure	Quasi menacée
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	Grand rapace	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Caille des blés	<i>Coturnix coturnix</i>	Intermédiaire	P-GC	0.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	Passereau	P		2	Vulnérable	Préoc. mineure
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	Intermédiaire	GN	0.2.2		Préoc. mineure	Préoc. mineure
Etourneau sansonnet	<i>Stumus vulgaris</i>	Passereau	GN	0.2.2		Préoc. mineure	Préoc. mineure
Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Intermédiaire	GC	0.2.1 / 0.3.1	3	Préoc. mineure	NA
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Petit rapace	P		2	Quasi menacée	Préoc. mineure
Faucon pèlerin	<i>Falco peregrinus</i>	Petit rapace	P	0.1	2	Préoc. mineure	En danger
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Geai des chênes	<i>Garrulus glandarius</i>	Intermédiaire	GN	0.2.2		Préoc. mineure	Préoc. mineure
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	Passereau	GC	0.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>	Grand voilier	P		3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	Passereau	P		2	Quasi menacée	Préoc. mineure
Hypolais polyglotte	<i>Hippolais polyglotta</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>	Passereau	P		2	Vulnérable	Quasi menacée
Loriot d'Europe	<i>Oriolus oriolus</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	Passereau	GC	0.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Mésange bleue	<i>Parus caeruleus</i>	Passereau	P			Préoc. mineure	Préoc. mineure
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Milan noir	<i>Milvus migrans</i>	Grand rapace	P	0.1	2	Préoc. mineure	Vulnérable
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	Passereau	P-SP			Préoc. mineure	Préoc. mineure
Oedicnème criard	<i>Burhinus oedicnemus</i>	Intermédiaire	P	0.1	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>	Intermédiaire	GC	0.2.1 / 0.3.1	3	Préoc. mineure	Quasi menacée
Perdrix rouge	<i>Alectoris rufa</i>	Intermédiaire	GC	0.2.1 / 0.3.1	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	Intermédiaire	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pic vert	<i>Picus viridis</i>	Intermédiaire	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Intermédiaire	GN	0.2.1 / 0.3.1		Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	Passereau	P		3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pipit des arbres	<i>Anthus trivialis</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Rosignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Tarier pâtre	<i>Saxicola torquatus</i>	Passereau	P			Quasi menacée	Préoc. mineure
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	Intermédiaire	GC	0.2.2	3	Préoc. mineure	Préoc. mineure
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	Passereau	P		2	Préoc. mineure	Préoc. mineure

4.3.2 Résultats comportementaux et fonctionnalité du parc éolien

4.3.2.1 Les passereaux et assimilés

Dans les tableaux précédents, les espèces surlignées en orange correspondent aux espèces patrimoniales à l'échelle nationale et régionale (statut de protection et / ou de conservation particulier). Une brève analyse sera réalisée espèce par espèce, avec une comparaison entre les 5 années de suivi entre 2018 et 2022.

Le Bruant proyer est considéré comme ayant des populations nicheuses quasi-menacées au niveau de l'ex-région Centre à cause de la diminution de sa population. 331 cas de mortalité sont recensés en Europe (Dürr, 2022). Il vit dans les milieux ouverts, en particulier dans les zones agricoles (surtout dans les pâtures ou champs de céréales). D'après les données issues du Suivi Temporel des Oiseaux Communs, ses effectifs ont diminué de 20,5% entre 2001 et 2019 en France (STOC)

Au niveau du parc éolien, il a été contacté **24 fois en 2018, 25 fois en 2019, 22 fois en 2020 et 27 fois en 2021** sur le site au cours de la période de nidification. Les observations ont eu lieu partout autour des éoliennes, mais surtout en bordure de chemins. Des observations sont localisées parfois très proches des éoliennes (environ 60 m de l'éolienne E4 pour le plus proche). Durant le suivi de **2022**, cette espèce a été observé 27 fois aussi. **Sur les 5 années de suivi**, le nombre de contacts de cette espèce est stable et la localisation des individus est également similaire.

L'Alouette des champs est considérée comme sensible à l'éolien, mais plutôt au risque de collision, et tout particulièrement au printemps, lors de vols de parades chantés. 395 cas de mortalité sont recensés en Europe d'après T. Dürr (2022). Elle est classée quasi-menacée sur la liste rouge des oiseaux nicheurs de 2016 en France, attestant d'un déclin de ses populations. Ses effectifs auraient diminué de 22.6 % depuis 2001 en France (STOC). Elle est également considérée comme quasi-menacée au niveau régional. Cette espèce d'alouette est une adepte des milieux agricoles et se reproduit même dans les monocultures dépourvues de haies.

Au niveau du parc éolien, elle a été contactée **26 fois en 2018, 24 fois en 2019, 21 fois en 2020 et 31 fois en 2021** au cours de la saison de reproduction et les observations ont été faites sur tout le parc éolien. Certains individus sont observés très proches des éoliennes, notamment des éoliennes E2, E3, E4 et E5. Durant le suivi **2022**, l'espèce a été contactée à **32 reprises**. **Sur les 5 années de suivi**, le nombre de contacts de cette espèce semble assez stable. La localisation des individus est également similaire d'une année à l'autre.

La Linotte mélodieuse est considérée comme ayant des populations nicheuses vulnérables au niveau national et quasi-menacées au niveau régional. Ses effectifs ont diminué de 8.1 % depuis 2001 en France (d'après les données du STOC). 51 cas de mortalité sont recensés en Europe d'après T. Dürr (2022). Elle affectionne les milieux semi-ouverts, notamment les steppes et landes buissonnantes.

Au niveau du parc éolien, elle a été observée **7 fois en 2018, 5 fois en 2019, 3 fois en 2020 et 8 fois en 2021** au cours de la saison de reproduction, avec une majorité d'individus observés près de l'éolienne E2 (dont une observation à moins de 60 m de celle-ci). En **2022**, cette espèce a été observé **17 fois** sur le parc et ces environs. Elle moins observé vers le nord-ouest du parc (au-delà de l'éolienne 5), mais reste présente sur l'ensemble du site avec des individus à moins de 100 de E4. **Sur les 5 années de suivi**, cette espèce est donc régulièrement présentes autour des éoliennes.

L'Hirondelle rustique est une espèce classée quasi-menacée à l'échelle nationale et en danger au niveau régional. Vigie-nature fait état d'un déclin de 22.5 % en France depuis 1989 d'après les données issues du STOC. Il s'agit d'une espèce sensible à l'éolien en raison de son type de vol puisqu'elle exploite les ascendances thermiques et dynamiques pour prendre de la hauteur et chasser les essaimages d'insectes. 49 cas de mortalité sont recensés à l'échelle européenne (Dürr, 2022). Elle se reproduit au sein des villages ou des villes et se nourrit au sein des milieux ouverts.

Au niveau du parc éolien, **6 observations** sont notées en **2018**, ainsi qu'en **2019, 4 observations** sont notées en **2020 et 8 en 2021**. La majorité des observations sont faites près des villages, et quelques individus sont également notés en chasse au niveau des zones cultivées de la ligne d'éoliennes. Cette espèce est observé à **6 reprises** durant le suivi de **2022**. **Sur les 5 années de suivi**, les observations de cette espèce restent stables et similaires. Elle semble surtout fréquenter les hameaux de Boisramier et de Vouillon, avec quelques individus qui viennent chasser au sein des milieux ouverts du parc éolien. La variation des observations au sein du parc éolien peut être liée soit aux conditions météorologiques lors des observations et/ou aux cultures variant d'une année sur l'autre et pouvant être plus ou moins attractives pour les insectes.

La Tourterelle des bois est classée quasi-menacée au niveau national, elle subit en effet un déclin de 50,5 % de ses effectifs depuis 1989 (selon le STOC), avec un plus fort déclin au cours des dix dernières années. 40 cas de mortalité sont recensés à l'échelle européenne (Dürr, 2022). Elle est présente en France dès le mois d'avril et jusqu'en septembre, dans des habitats semi-ouverts.

Au niveau du parc éolien, elle a été contactée **3 fois en 2018 et 2019, 5 fois en 2020**, ainsi qu'en **2021**. Elle fréquente la ripisylve à l'ouest de la ligne d'éoliennes et le bosquet au sud de l'éolienne E3. Il n'y a pas eu d'observation de cette espèce en **2022**. **Sur les 5 années de suivi**, cette espèce est observée dans les mêmes secteurs : dans la ripisylve du ruisseau du Liennet vers Vouillon et dans le bosquet au sud de la Truche. Elle fréquente les mêmes habitats d'une année sur l'autre.

Le Bruant jaune bénéficie d'un statut de conservation vulnérable en France et quasi-menacé au niveau de l'ex-région Centre. Il est victime d'une forte diminution de ses effectifs estimé à 53,6 % en France depuis 1989 d'après le STOC. 52 cas de mortalité sont recensés à l'échelle européenne (Dürr, 2021). Il se rencontre au sein des campagnes présentant des haies et des lisières de boisements.

Au niveau du parc éolien, le Bruant jaune est observé **5 fois en 2018, 2 fois en 2019, 5 fois en 2020 et 6 fois en 2021**. En 2018, tout comme en 2019, 2020 et 2021, l'ensemble des observations sont faites au nord-ouest du parc éolien, à proximité de Vouillon et le long de la ripisylve du ruisseau du Liennet. En 2019, les 2 contacts correspondent à la localisation d'un mâle chanteur au même endroit à deux dates différentes. Il s'agit probablement d'un seul couple de cette espèce. Hötker (2006) évoque des distances

d'effarouchement de 89 m en moyenne en période de reproduction. Les individus observés sur le parc sont situés à plus de 300 m des éoliennes, mais leur localisation semble plus liée à la présence de haies. **En 2022**, le Bruant jaune a été contacté à 4 reprises. Cette espèce est toujours localisée au nord-ouest du parc. Un autre secteur est fréquenté depuis 2021, au sud de E1 au niveau des haies qui entoure la carrière du « Buisson Rond ». Ce contact depuis 2 ans sur la même haie fait penser à la présence d'un autre couple. **Sur les 5 années de suivi**, l'espèce est donc présente toujours dans le même secteur au niveau nord-ouest du parc éolien et au sud de E1 sur les deux dernières années. La localisation des couples nicheurs est surtout liée à la présence des haies.

Le Tarier pâtre est, quant à lui, classé quasi-menacé en France depuis l'actualisation de la liste rouge des oiseaux nicheurs de 2016. Ce passereau sensible aux hivers rigoureux, serait en diminution en France, de l'ordre de 22 % depuis 1989 d'après les données issues du STOC. 17 cas de mortalité sont recensés à l'échelle européenne (Dürr, 2022). Il se reproduit au sein des landes, des friches ou sur les haies en marge des cultures.

Au niveau du parc éolien, l'espèce a été contactée **1 fois en 2018, 2 fois en 2019 et 3 fois en 2020, 2021** ainsi qu'en **2022**. **Sur les 5 années de suivi**, l'espèce est chaque année contactée dans le même secteur, au niveau du « Buisson Rond » au sud du parc éolien, le long d'un chemin. Sa localisation est dépendante des habitats qui lui sont favorables dans ce secteur.

La Perdrix grise n'est pas considérée comme menacée au niveau national, mais sa population nicheuse l'est au niveau régional. Elle est considérée comme quasi-menacée, à cause de la réduction de ses effectifs. 83 cas de mortalité sont recensés à l'échelle européenne (Dürr, 2022). L'espèce fréquente les milieux ouverts tels que les champs de céréales, avec une couverture végétale suffisante, et des haies proches.

Au niveau du parc éolien, l'espèce a été contactée **1 fois** chaque année, en **2018, 2019 et 2020**. Elle est notée jusqu'à **3 fois en 2021**. En **2018**, l'individu est observé au pied de l'éolienne E5. En **2019**, l'individu a contourné l'éolienne E4 à moins de 50 m de celle-ci et s'est posé dans le champ plus au nord. **En 2020**, l'espèce a été observée autour de l'éolienne E2, avec un adulte et un jeune d'au moins une semaine. Il y a donc eu une reproduction certaine pour cette espèce dans les alentours des éoliennes. **En 2021**, trois contacts sonores ont eu lieu aux environs des éoliennes E4 et E5. Ces comportements témoignent de l'absence d'effarouchement de cette espèce par rapport aux éoliennes. En **2022** elle a été observée à **4 reprises**. Il a y eu 3 contacts entre l'éolienne E3 et Boisramier, et une 4^{ème} observation d'un oiseau en vol aux environs de E4. La Perdrix grise reste sensible au risque de collision avec les éoliennes, avec des cas de mortalités recensés d'après la bibliographie. **Sur les 5 années de suivi**, cette espèce est donc toujours bien présente sur le parc éolien, avec des comportements peu farouches aux éoliennes. Elle semble se reproduire localement et fréquenter les plateformes des éoliennes.

Le Verdier d'Europe est considéré comme ayant des populations nicheuses vulnérables au niveau national et n'est pas considéré comme menacé au niveau régional. Il connaît un déclin de 51 % de ses effectifs depuis 18 ans (2001) selon le STOC. 15 cas de mortalité sont recensés à l'échelle européenne (Dürr, 2021). Il vit plutôt au niveau de lisières, des linéaires de haies arborées, etc.

Au niveau du parc éolien, il a été observé **1 fois en 2018 et 2019, 3 fois en 2020** et il n'est pas contacté en **2021**. Lors du suivi **2022**, il n'y a pas eu de d'observations de cette espèce. **Sur 5 années de suivi**, l'espèce semble fréquenter le village de Boisramier, ainsi que le village de Vouillon. Cette espèce affectionne particulièrement les jardins de village et leurs alentours. Elle semble se reproduire dans des habitats localisés à l'écart des éoliennes.

Le Martinet noir est une espèce classée quasi-menacée à l'échelle nationale, mais qui n'est pas menacée au niveau régional. Vigie-nature fait état d'une augmentation de 21 % en France depuis 1989 d'après les données issues du STOC. Il s'agit d'une espèce sensible à l'éolien du fait de son type de vol puisqu'elle exploite les ascendances thermiques et dynamiques pour prendre de la hauteur et chasser les essaimages d'insectes. 446 cas de mortalité sont recensés à l'échelle européenne (Dürr, 2022). Il se reproduit au sein des villages ou des villes et chasse au-dessus des milieux ouverts.

Au niveau du parc éolien, le Martinet noir a été contacté **2 fois en 2018** comme en **2019** et **1 fois en 2020 et 2021**. Il semble surtout fréquenter les villages de Bommier, Ambrault et Vouillon, et utilise les milieux ouverts comme territoire de chasse. En **2022**, il n'y a pas eu d'observations de cette espèce sur le parc et ses environs. **Sur les 5 années de suivi**, cette espèce fréquente surtout les villages, avec quelques individus qui viennent chasser au sein des milieux ouverts du parc éolien.

Le Chardonneret élégant a ses populations nicheuses considérées comme vulnérables au niveau national à cause d'un déclin de 30,5 % de ses effectifs depuis 2001, lié en partie par la destruction de ses ressources alimentaires en hiver (jachères). 44 cas de mortalité sont recensés à l'échelle européenne (Dürr, 2022). Cette espèce se reproduit en milieu semi-ouvert avec des haies ou grands arbres ainsi qu'une strate herbacée dense riche en graine pour son alimentation.

Au niveau du parc éolien, l'espèce n'a pas été contactée en **2018**, mais elle est observée **6 fois en 2019, 8 fois en 2020 et 2 fois en 2021**. Les observations se situent dans le même secteur lors de ces deux années, au niveau du Boisramier, dans les environs des éoliennes E4 et E5 et vers Vouillon. En **2022**, le Chardonneret élégant a été observé **2 fois**. Les observations sont localisées vers Boisramier et la carrière du « Buisson rond ». Plusieurs hypothèses peuvent être émises concernant l'absence de l'espèce en 2018. Soit cette espèce a mis du temps à s'adapter au parc éolien et est revenue fréquenter le site qu'à partir de 2019, soit les habitats autour des éoliennes E4 et E5 n'étaient pas favorables à l'espèce comme en 2019, 2020 et 2021. Etant donné que cette espèce est peu farouche aux éoliennes et qu'elle affectionne les zones en friches denses, il est possible qu'il ait fallu du temps pour que la végétation se densifie avant d'être favorable au niveau du parc éolien.

L'Alouette lulu est inscrite à l'annexe 1 de la directive Oiseaux, c'est-à-dire qu'elle fait partie des espèces particulièrement menacées à l'échelle européenne. En revanche, elle n'est pas menacée à l'échelle nationale et régionale. D'après les données issues du STOC, ses effectifs auraient diminué de 6,3 % depuis 1989 en France. Elle est considérée comme sensible à l'éolien, mais plutôt au risque de collision, et tout particulièrement au printemps, lors de vols de parades chantés. 122 cas de mortalité sont recensés à l'échelle européenne (Dürr, 2022). Elle recherche des prairies maigres, des petites parcelles cultivées, des landes sèches ou des friches de coteaux avec des haies et des arbustes pour se percher.

Au niveau du parc éolien, l'espèce a été contactée deux fois en 5 ans de suivi, avec 2 individus observés entre les éoliennes E2 et E3 **en 2020**. En **2022**, l'espèce a été observé à **2** reprises, au niveau des zones de culture entre le parc éolien et le village de Boisramier.

Sur les 5 années de suivi, l'espèce semble présente, mais ponctuellement, il s'agit probablement d'individus en phase de transit.

L'Œdicnème criard est inscrit à l'annexe 1 de la directive Oiseaux, c'est-à-dire qu'il fait partie des espèces particulièrement menacées à l'échelle européenne. En revanche, il n'est pas menacé à l'échelle nationale et régionale, son statut dans les deux cas est en préoccupation mineure. Dans l'ensemble au niveau national, ses populations sont plutôt stables et ce malgré de fortes variations interannuelles. Cette espèce semble peu sensible au risque de collision, avec 15 cas de mortalité recensés en Europe (Dürr, 2022) pour 41 000 à 160 000 couples (dont 100 000 en Russie). Cette espèce est adepte des milieux plutôt steppiques et s'adapte aux terres cultivées, très présentes en région Centre (70 % des effectifs d'Œdicnèmes nichent sur des terres cultivées).

Au niveau du parc éolien, il a été contacté **3 fois en 2020**, **5 fois en 2021** et **3 fois en 2022** mais il n'a pas été observé en **2018** ni en **2019**. En **2021**, les observations ont été faites entre les lieux dits « la Truche » et « La maison neuve », puis entre les éoliennes E2 et E3 avec un oiseau qui s'envole en direction de la zone précédente. Avec des observations de deux oiseaux en même temps, il est probable qu'il y eu reproduction comme en 2020. En **2022**, 3 observations ont été faites, au niveau des « Fromagères » et du Relai, avec des oiseaux s'envolant en direction du Nord-Est à faible altitude. **Sur les 5 années de suivi**, il est donc possible que la mise en place du parc éolien ait eu un effet de dérangement pour cette espèce, qui a fréquenté le parc éolien qu'à partir de 2020. Il est également possible que les habitats aient été plus favorables à l'espèce uniquement à partir de 2020 en fonction des rotations des cultures plus favorables à ce dernier (céréales de printemps, tournesol, maïs non irrigué, jachère...).

La Pie-grièche écorcheur est inscrit à l'annexe 1 de la directive Oiseaux, c'est-à-dire qu'il fait partie des espèces particulièrement menacées à l'échelle européenne. Elle est classée quasi-menacée en France, mais n'est pas menacée à l'échelle de l'ex-région Centre. Après une forte régression, la Pie-grièche écorcheur semble se stabiliser en France. 35 cas de mortalité sont recensés à l'échelle européenne (Dürr, 2022), pour une population estimée à plus de 2 000 000 de couples nicheurs. Cette espèce recherche plutôt des prairies, des pâtures et des clairières avec des buissons.

Au niveau du parc éolien, elle n'a pas été contactée en **2018**, en **2019**, en **2021**, ni en **2022**. En revanche, elle est observée **une fois en 2020**, en phase de transit. Les cultures au sein du parc éolien et de ses alentours ne sont pas favorables à la reproduction de cette espèce. **Sur les 5 années de suivi**, au vu de faible nombre d'observation, il est probable que cet individu observé soit plutôt un migrateur qui est venu faire une halte sur les milieux du parc éolien, plutôt qu'un reproducteur.

Le Torcol fourmilier est une espèce classée vulnérable au niveau régional. D'après les données issues du STOC, ses effectifs auraient diminué de 56 % depuis 1989 en France. 4 cas de mortalité sont recensés à l'échelle européenne (Dürr, 2022). Cette espèce est typique du bocage.

Au niveau du parc éolien, l'espèce n'a pas été contactée en **2018**, en **2019**, en **2021** et en **2022**. **Une seule** observation a été faite en **2020**. Elle a été contactée dans l'un des rares milieux qui peut lui être favorable dans les environs du parc éolien, au niveau de la ripisylve des bords du ruisseau du Liennet.

La Fauvette des jardins bénéficie d'un statut quasi-menacé en France. Elle recherche les formations arbustives basses et denses qu'elle trouve dans les stades forestiers jeunes, les régénérations, la ripisylve, les recrus des milieux transitoires ou dégradés, certains milieux d'altitude. D'après les données issues du Suivi Temporel des Oiseaux Communs (STOC), ses effectifs auraient diminué de 32,7% depuis 2001. Cette espèce semble être peu sensible à la collision car Dürr n'en récence que 13 cas de mortalité à l'échelle européenne (Dürr, 2022).

Au niveau du parc éolien, l'espèce n'a pas été contactée qu'en **2021**, avec une observation dans les milieux ouverts et buissonnants au nord-ouest de l'éolienne E5. **Sur les 5 années de suivi**, la présence de cette espèce semble ponctuelle et surtout dépendant des habitats présents sur le parc éolien.

Le Pipit Farlouse est classé vulnérable sur la liste rouge des oiseaux nicheurs de France et au niveau régional. C'est une espèce en fort déclin, Vigie-nature évoque d'après les données du STOC une diminution des effectifs nicheurs de -66,3% depuis 2001. 33 cas de mortalité sont recensés à l'échelle européenne (Dürr, 2022).

Au niveau du parc éolien, l'espèce n'a pas été contactée qu'en **2021**, avec 3 observations de vol de transit, notamment au sud-ouest de l'éolienne E3. **Sur les 5 années de suivi**, la reproduction de cette espèce ne semble pas se confirmer chaque année, mais les habitats lui sont favorables.

Le Pouillot fitis est une espèce classée quasi-menacée sur la liste des oiseaux nicheurs en France et dans l'ex-région Centre. Cette espèce est en fort déclin en France, avec une baisse des effectifs de 44,7 % d'après les données STOC. 24 cas de mortalité ont été recensés en Europe (Dürr, 2022).

Cette espèce n'a été contactée qu'à une seule reprise au cours de l'année **2022**. Il s'agissait d'un individu chanteur au niveau du boisement de la Truche. L'observation ayant été faite au cours du pic de migration de l'espèce, il n'est pas possible de conclure si l'espèce est nicheuse ou seulement de passage sur le site.

Figure 41 : Cliché d'une bergeronnette printanière observée sur le site le 15 mai 2020



Figure 43 : Carte des données brutes des passereaux patrimoniaux en période de reproduction sur le parc éolien de Champagne Berrichonne en 2019

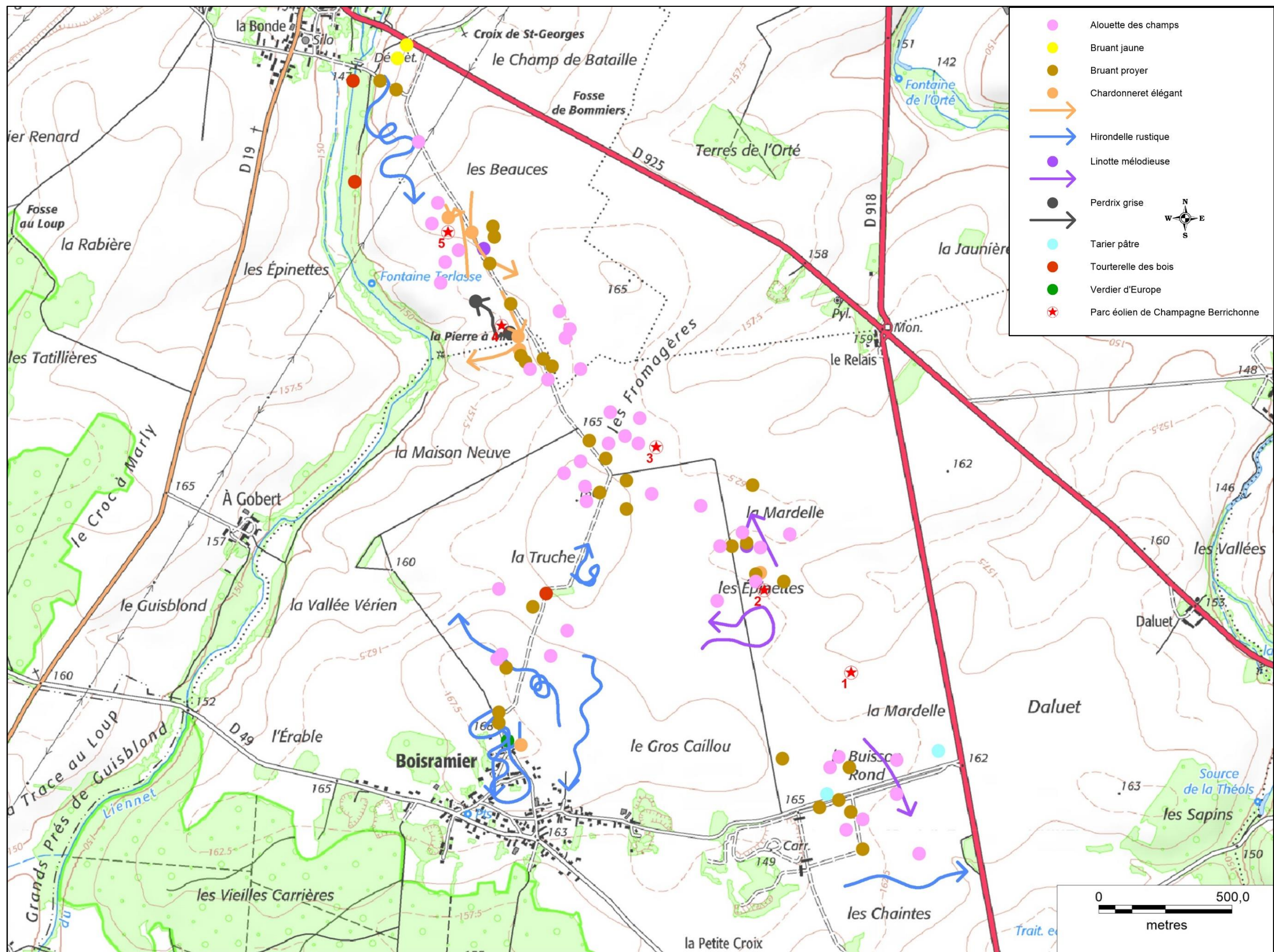


Figure 44 : Carte des données brutes des passereaux patrimoniaux en période de reproduction sur le parc éolien de Champagne Berrichonne en 2020

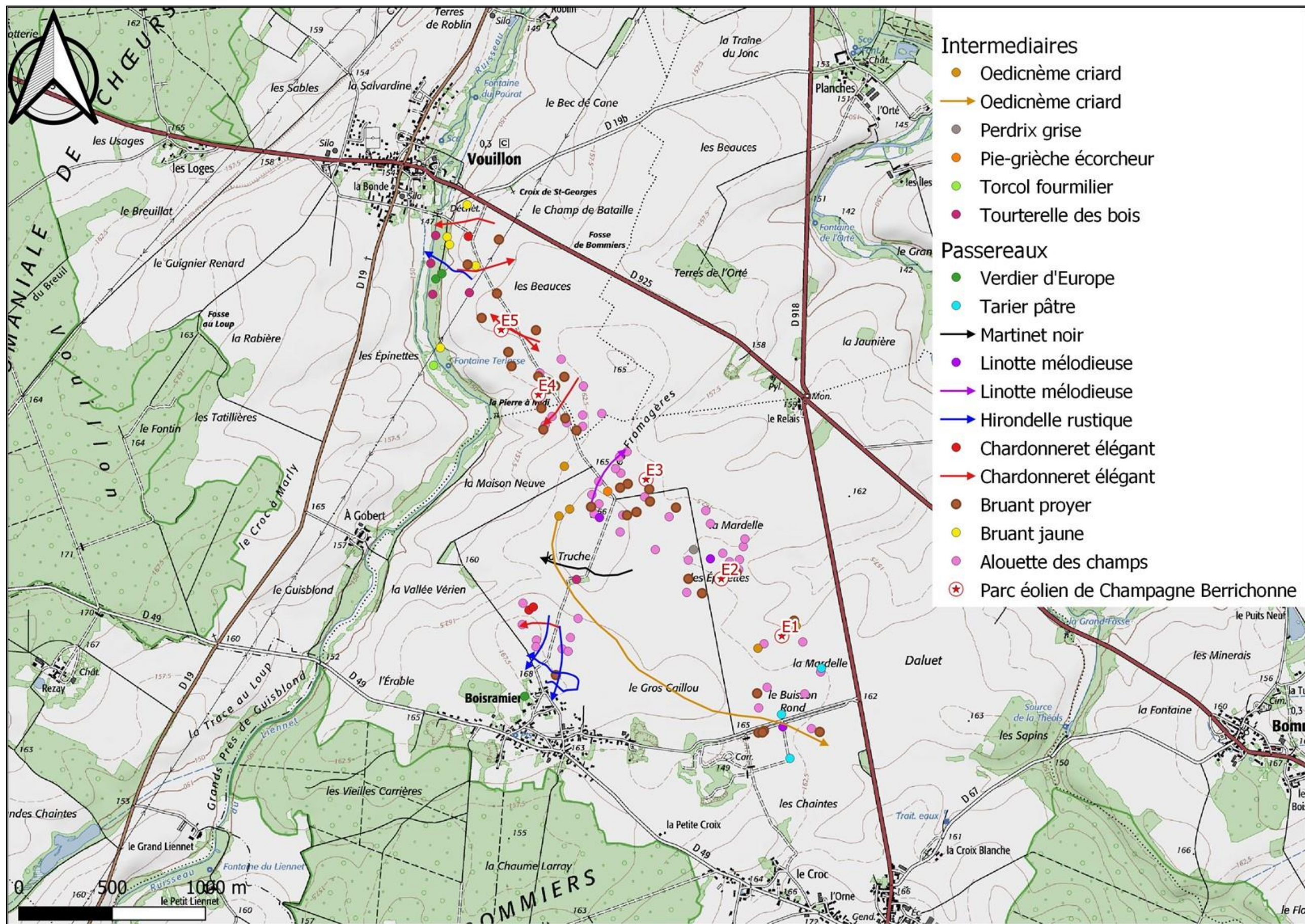


Figure 45 : Carte des données brutes des passereaux et des intermédiaires patrimoniaux en période de reproduction sur le parc éolien de Champagne Berrichonne en 2021

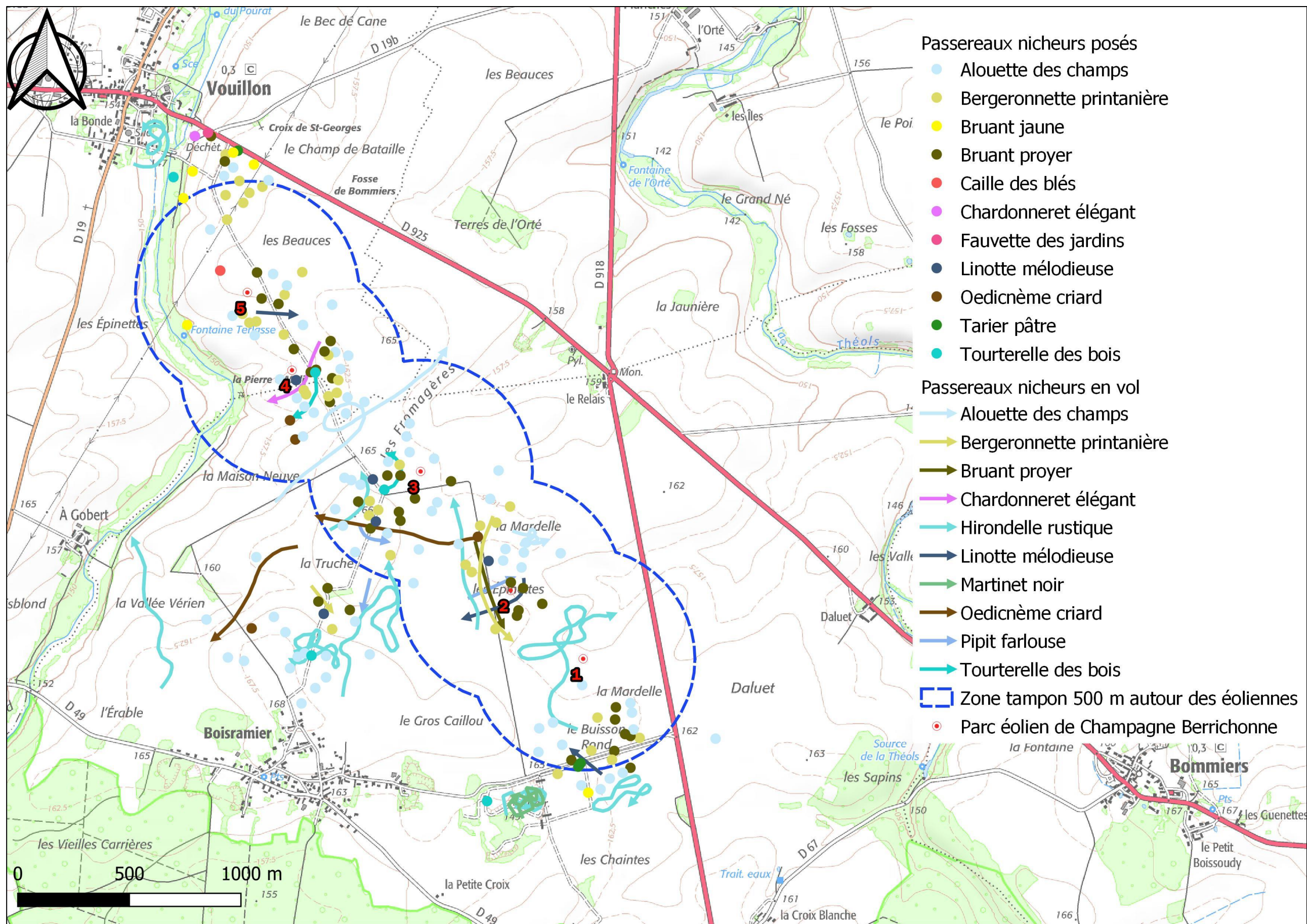
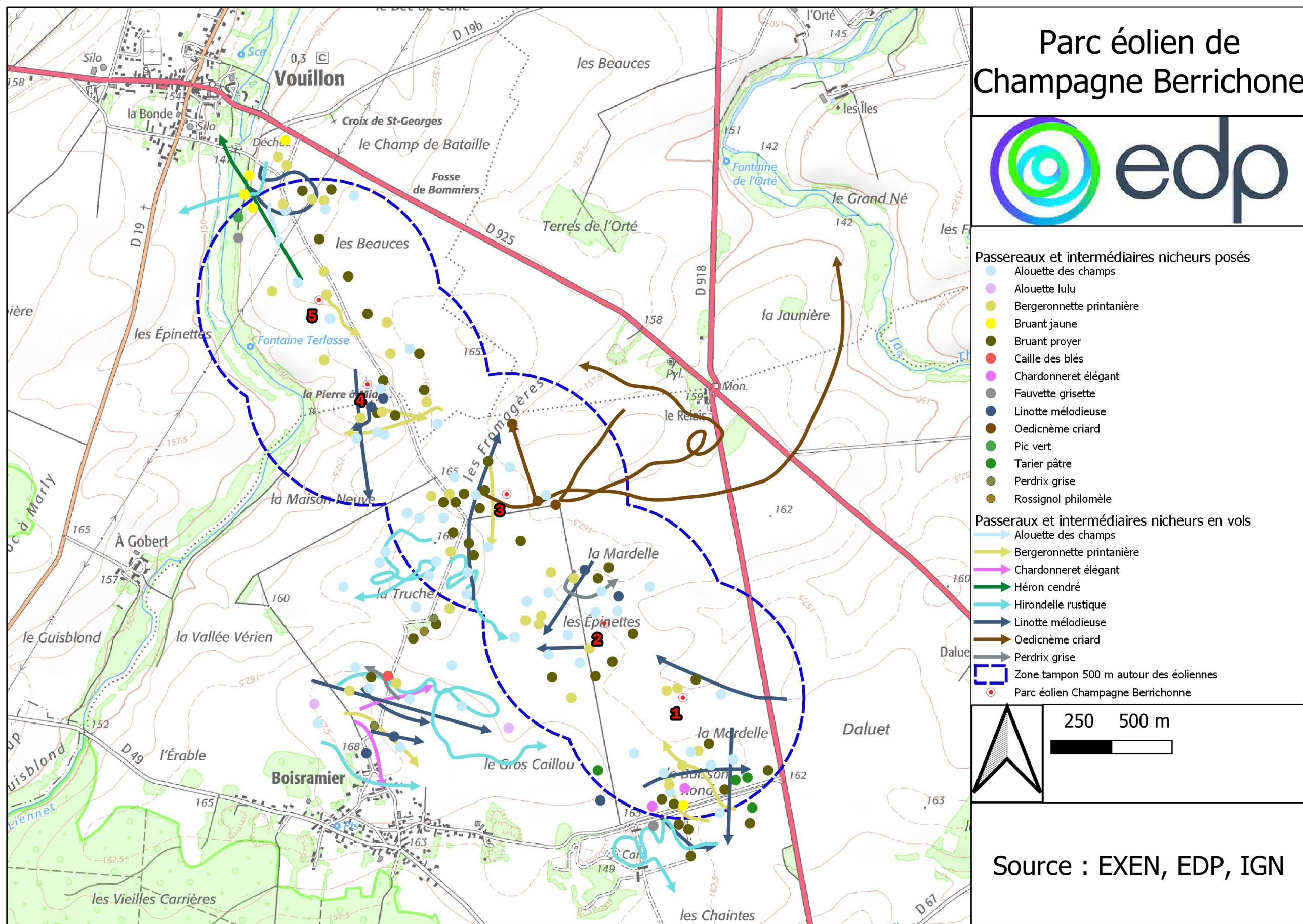


Figure 46 : Carte des données brutes des passereaux et des intermédiaires patrimoniaux en période de reproduction sur le parc éolien de Champagne Berrichonne en 2022



4.3.2.2 Les rapaces

La Buse variable est protégée en France, mais n'est pas menacée. Cette espèce n'est pas farouche vis-à-vis des éoliennes, l'exposant fortement au risque de collision. 957 cas de mortalités sont d'ailleurs recensés par Dürr en Europe (2022).

Au niveau du parc éolien, elle a été observée **7 fois** en **2018** au niveau du parc éolien, avec des individus passant parfois très proches des éoliennes (deux individus passent à moins de 100 m des éoliennes E3 et E4). Elle a été observée **qu'une seule fois** en période de reproduction de **2019**. Il s'agit d'un seul individu au nord du parc éolien en vol en direction du village de Vouillon. En **2020**, **11 observations** sont notées sur le parc éolien et ses environs, avec des individus surtout localisés au niveau de la ripisylve. En **2021**, 7 observations sont faites, mais elles sont principalement situées à l'écart du parc éolien, comme au niveau des boisements au sud-ouest. Quelques vols de transit montrent que l'espèce peut ponctuellement fréquenter le parc éolien, comme à proximité de l'éolienne E5. En **2022**, cette espèce a été observée 9 fois. L'ensemble des observations ont eu lieu en périphérie du parc., principalement au sud-ouest de celui-ci et au niveau de la ripisylve. Il est possible qu'il y ait eu une reproduction toujours au niveau de la ripisylve dans les environs de E4. En effet une buse variable a été observé entrain de décoller de cette zone lors de trois visites différentes dont la première fois d'un nid. Toutefois, aucun jeune à l'envol n'a été observé.

Sur les 5 années de suivi, l'espèce est bien présente au niveau du parc éolien, avec une fréquentation surtout de la ripisylve, qui représente un habitat favorable pour la reproduction et pour les prises d'ascendances. Les milieux ouverts du parc éolien sont fréquentés pour des phases de transit ou pour des comportements de chasse.

Le Busard cendré est inscrit à l'annexe 1 de la Directive Oiseaux. Il est considéré comme ayant ses populations nicheuses quasi-menacées au niveau national avec un fort déclin 47,3 % depuis 2001 (STOC). Au niveau régional, ses populations nicheuses sont classées vulnérables à cause du faible nombre de mâles matures présents dans la région. 74 cas de mortalité sont recensés en Europe (Dürr, 2022), avec une population de couple nicheurs estimée à environ 4000.

Au niveau du parc éolien, l'espèce n'a pas été contactée en **2018**. En **2019**, un seul individu a été observé en avril au sud de l'éolienne E3. Il s'agit d'une femelle en chasse. En **2020**, **6 observations** sont notées sur le site, la majorité avec des comportements de chasse. Un indice de reproduction certaine a été observé, avec un échange de proie en vol entre le mâle et la femelle qui était au nid. Le mâle lâche une proie pour la transmettre à la femelle puis il repart. La femelle redescend au nid au sol, qui se situe à 501 m de l'éolienne E4 et 556 m de l'éolienne E5. En **2021**, l'espèce est notée une fois, avec un individu en phase de transit traversant le parc éolien (vers l'éolienne E3). Lors du suivi de **2022**, l'espèce a été observé à 4 reprises. Deux oiseaux sont venus chasser proche du parc dans les environs de E2 et E3. Les deux autres observations sont des vols de transit.

Sur les 5 années de suivi, l'espèce n'a pas été observée en 2018, puis progressivement, l'activité augmente jusqu'à une reproduction certaine en 2020. L'hypothèse d'un dérangement ponctuelle pour cette espèce durant les premières années peut donc être émise. En revanche, une telle activité et des

comportements de reproduction n'ont pas été réobservés en 2021 ni en 2022. Cette espèce peut changer la localisation de son nid chaque année, en fonction de l'assolement. Il semblerait que le couple ne se soit pas à nouveau reproduit à proximité du parc éolien mais l'espèce est toujours présente soit en chasse soit en transit. Aucun comportement à risque n'a été observé.

Le Busard Saint-Martin est inscrit à l'annexe 1 de la Directive Oiseaux. Il est classé quasi-menacé d'après la liste rouge des oiseaux nicheurs dans l'ex-région Centre. Même s'il n'est pas menacé en France, Vigie-Nature évoque un déclin des populations de 52.5 % depuis 2001. 17 cas de mortalité liés à l'éolien sont recensés en Europe d'après T. Dürr (2022). Il se reproduit au sein des forêts claires, des landes et coupes forestières et parfois dans les cultures.

Au niveau du parc éolien, en **2018**, l'espèce a été contactée **7 fois**, avec uniquement l'observation d'un mâle. Un individu a été noté en parade le long des éoliennes E1, E2 et E3. Cependant, le 15 mai, deux mâles différents ont été contactés, il y a donc eu potentiellement au moins deux couples qui utilisent le secteur pour chasser. En **2019**, un seul individu a été noté en juillet au sud de l'éolienne E3, avec un comportement de chasse. En **2020**, **5 observations** sont notées pour cette espèce, avec uniquement des comportements de chasse sur les milieux ouverts. En **2021**, **5 observations** sont également faites, avec principalement des comportements de chasse sur le parc éolien, mais aussi des prises d'ascendances. Lors du suivi de **2022** l'espèce a été observé 7 fois, avec des comportements de chasse et de transit comme les années précédentes. Il est a noté une suspicion de reproduction dans les environs du parc car un mâle a été observé entrain de transporté une proie. Aucun échange avec une femelle n'a été observé. Un comportement à risque a été observé au niveau de l'éolienne E2 avec une prise d'ascendance proche des pâles.

Sur les 5 années de suivi, l'espèce est donc présente tous les ans, avec principalement des comportements de chasse sur les milieux ouverts du parc éolien. Ces milieux sont également favorables pour la reproduction de cette espèce qui niche au sol. Suivant les années et le type de culture, il est donc possible que l'espèce se reproduise au sein du parc ou dans les environs.

Le Faucon crécerelle est classé quasi-menacé sur la liste rouge des oiseaux nicheurs de 2016 en France, avec un déclin estimé à 18,4 % depuis 2001. Cette espèce est particulièrement sensible au risque de collision, avec 673 cas de mortalité recensées en Europe (Dürr, 2022).

Au niveau du parc éolien, en **2018**, le Faucon crécerelle a été observé **4 fois** avec des comportements de chasse, mais à plus de 500 m des éoliennes. En **2019**, il n'a été observé **qu'une fois** au cours de la saison de reproduction. Il s'agissait d'une femelle volant parallèlement à la ligne d'éoliennes, en phase de transit. En **2020**, le Faucon crécerelle a été observé **7 fois** sur le parc éolien et ses environs, avec des comportements de chasse. Un individu est passé sous les pales de l'éolienne E4. En **2021**, l'espèce est notée à 3 reprises, avec une activité de chasse localisée au nord du parc éolien et quelques vols de transit se rapprochant des éoliennes, notamment E5. Lors du suivi de **2022**, cette espèce a été observé **1 seule fois**, en transit.

Sur les 5 années de suivi, l'espèce est toujours présente au niveau du parc éolien et dans les alentours, avec majoritairement des comportements de chasse sur les milieux ouverts. Cette espèce se reproduit probablement plus à l'écart du parc, au niveau des villages, des haies arborées ou des boisements.

Le Faucon hobereau est une espèce classée quasi-menacée au niveau régional. Vigie-Nature indique un déclin de 31 % des populations en France depuis 2001, d'après les données issues du STOC. 32 cas de mortalité sont recensés en Europe (Dürr, 2021), pour une population en Europe de l'Ouest de plus de 24 000 couples.

Au niveau du parc éolien, l'espèce n'a pas été contactée en **2018, 2019, 2021 et 2022**. Une seule observation a été faite en **2020**, avec un individu en transit entre les éoliennes E2 et E3.

Sur les 5 années de suivi, cette espèce semble donc fréquenter le parc éolien ponctuellement pour des phases de transit, avec une activité reste relativement faible.

Le Milan noir est inscrit à l'annexe 1 de la directive Oiseaux, c'est-à-dire qu'il fait partie des espèces particulièrement menacées à l'échelle européenne. En revanche, il n'est pas menacé en France et dans la région. Vigie-Nature indique une augmentation modérée des populations de 29 % en France sur les 10 dernières années d'après les données issues du STOC. 170 cas de mortalité sont recensés en Europe (Dürr, 2022).

Au niveau du parc éolien, l'espèce n'a pas été contactée en **2018, 2019 et 2021**. Une seule observation a été faite en **2020**, avec un individu en chasse au-dessus d'un tracteur pendant des travaux agricoles. Cette espèce a été observé à nouveau en **2022 à 4 reprises**.

Sur cinq années de suivis, 2022 est l'année qui regroupe le plus grand nombre d'observations. Il est probable que le Milan noir se reproduise dans les environs du parc et que celui-ci passe en transit au niveau du parc. L'ensemble des vols sont orientés Sud-Nord. Cette espèce en grande majorité charognarde, apprécie les rivières et les zones humides, comme la vallée de la Théols jusqu'à Issoudun vers le nord du parc ou le plan d'eau du Moulin neuf au sud de la Forêt domaniale de Bommiers, qu'elle prospecte à la recherche de poissons morts.

Sur les 5 années de suivi, l'activité de cette espèce semble ponctuelle en partie influencée par la présence de travaux agricoles, rendant la zone ponctuellement très attractive.

Le Faucon pèlerin est inscrit à l'annexe 1 de la directive Oiseaux, c'est-à-dire qu'il fait partie des espèces particulièrement menacées à l'échelle européenne. Il n'est pas menacé en France avec un statut de préoccupation mineure mais il est classé en danger au niveau de l'ancienne région Centre. 41 cas de mortalité sont recensés en Europe (Dürr, 2022).

Cette espèce a été observée **une fois** durant le **suivi 2022**. C'est un oiseau de milieu rupestre qui peut occasionnellement nicher sur des bâtiments (églises, silos...). Cette espèce, après avoir frôlé l'extinction en France dans les années 60, est à nouveau sur une dynamique de population positive. De plus en plus d'oiseaux, souvent des immatures, sont observés dans des lieux qui semblent peu propice à leur installation. C'est le cas de cette observation où un subadulte a été observé dans la ripisylve du ruisseau du Liennet, proche de Vouillon. Cet oiseau est en erratisme, à la recherche des zones plus adaptées pour se reproduire à l'âge adulte.

La Chouette hulotte est contactée en **2021** dans les boisements de la ripisylves à l'ouest de l'éolienne E5. Il est probable que l'espèce soit nicheuse dans cette zone, malgré le peu de contact sur les quatre années, car aucun suivi de rapaces nocturnes n'a été effectué. L'espèce est peu sensible à la collision avec 9 cas de mortalité relevés en Europe (Dürr, 2021). Il n'y a pas eu d'observation en **2022**.

Figure 47 : Cliché d'un busard Saint-Martin observée sur le site le 18 avril 2018



Figure 48 : Carte des données brutes des rapaces en période de nidification sur le parc éolien de Champagne Berrichonne en 2018

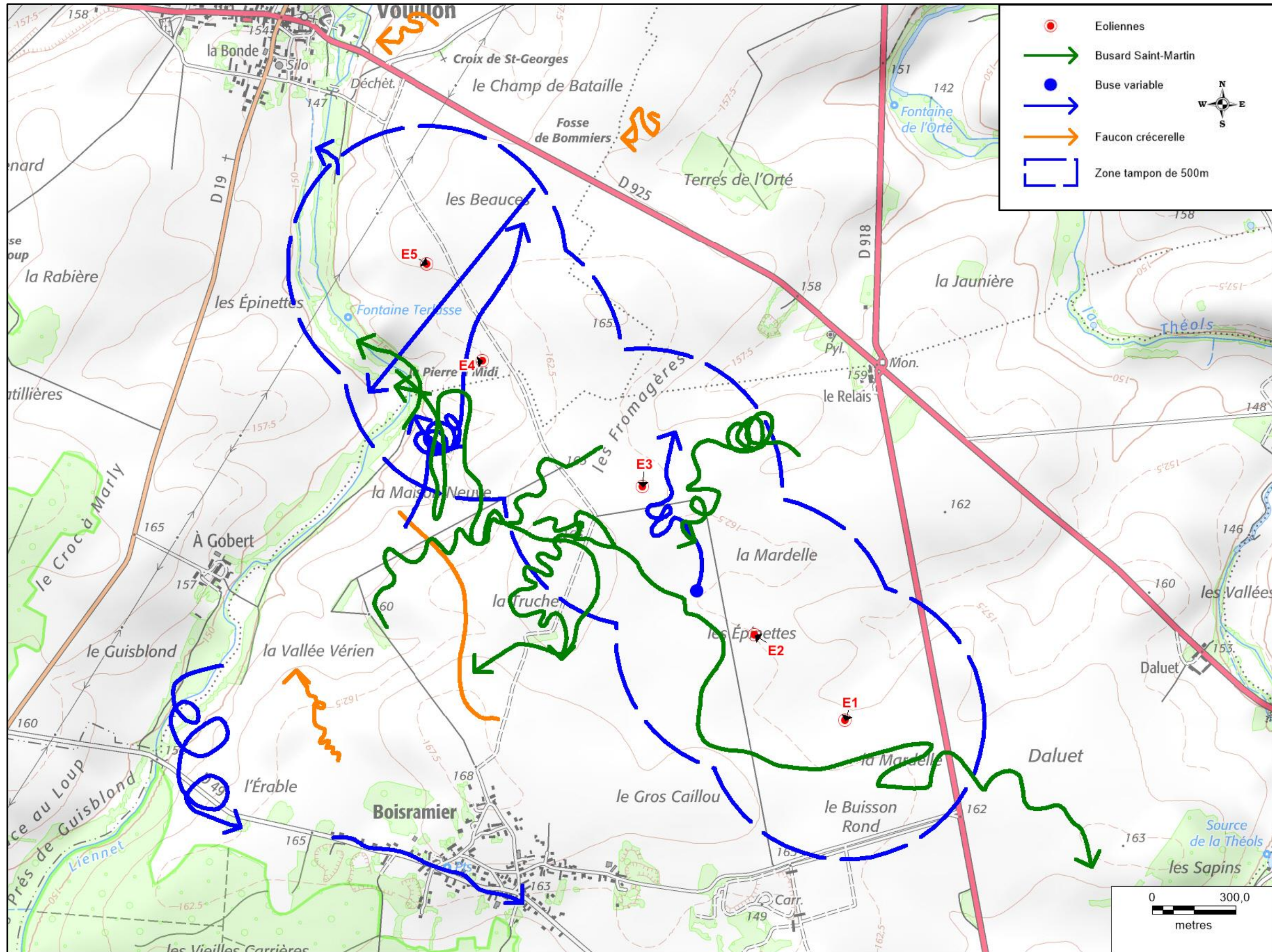


Figure 49 : Carte des données brutes des rapaces en période de nidification sur le parc éolien de Champagne Berrichonne en 2019

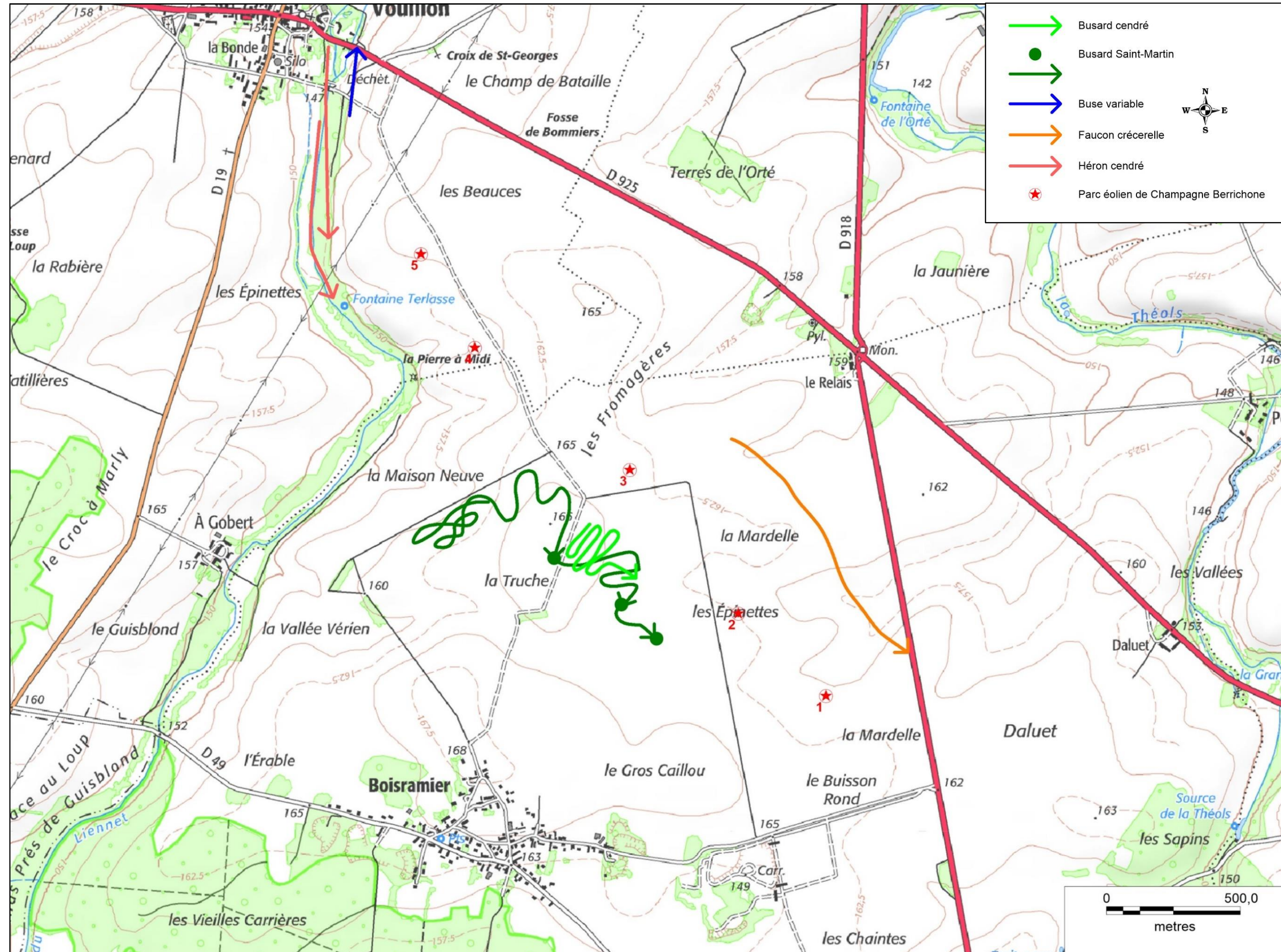


Figure 50 : Carte des données brutes des rapaces en période de nidification sur le parc éolien de Champagne Berrichonne en 2020

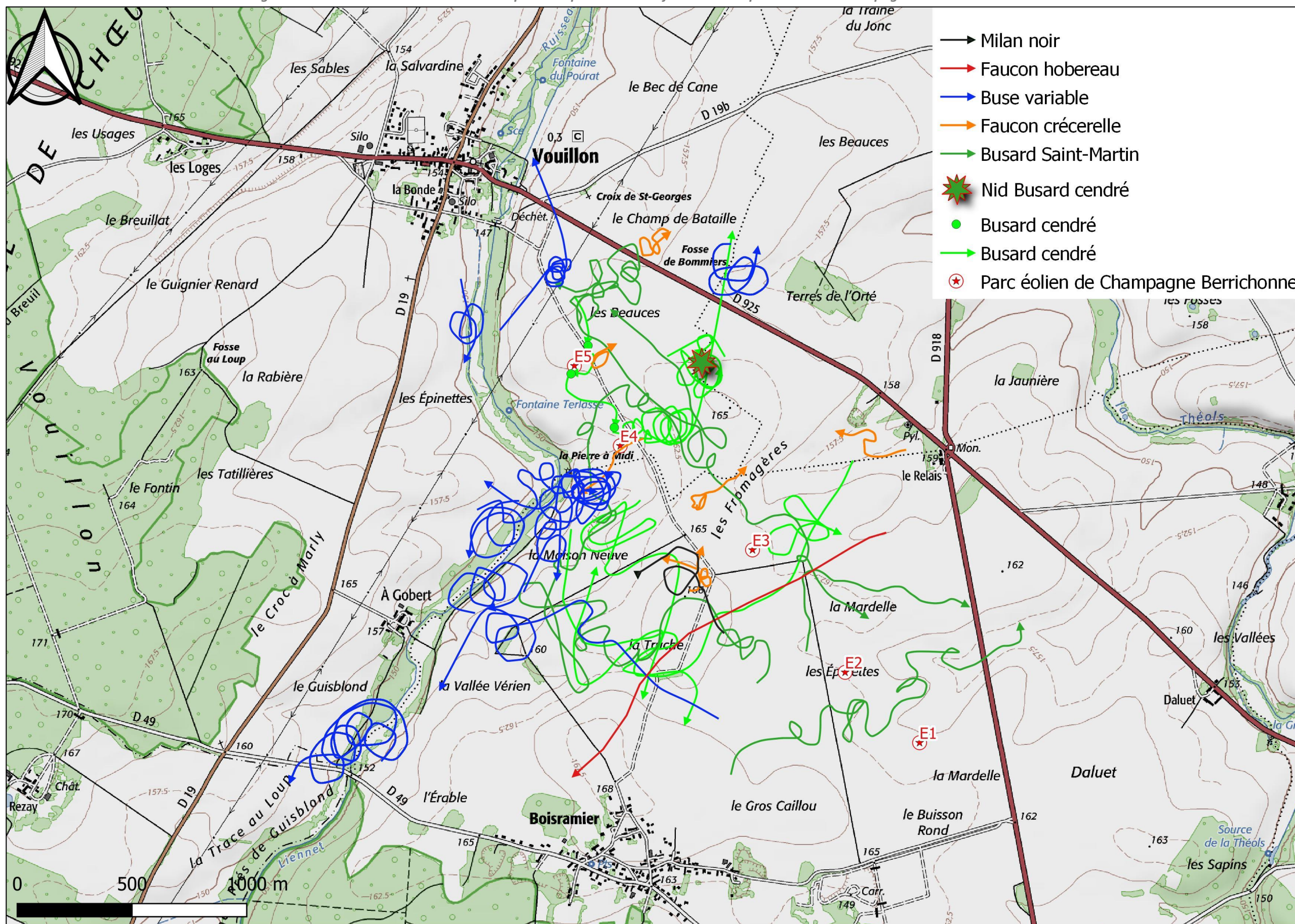


Figure 51 : Carte des données brutes des rapaces en période de nidification de 2021 sur le parc éolien de Champagne Berrichonne

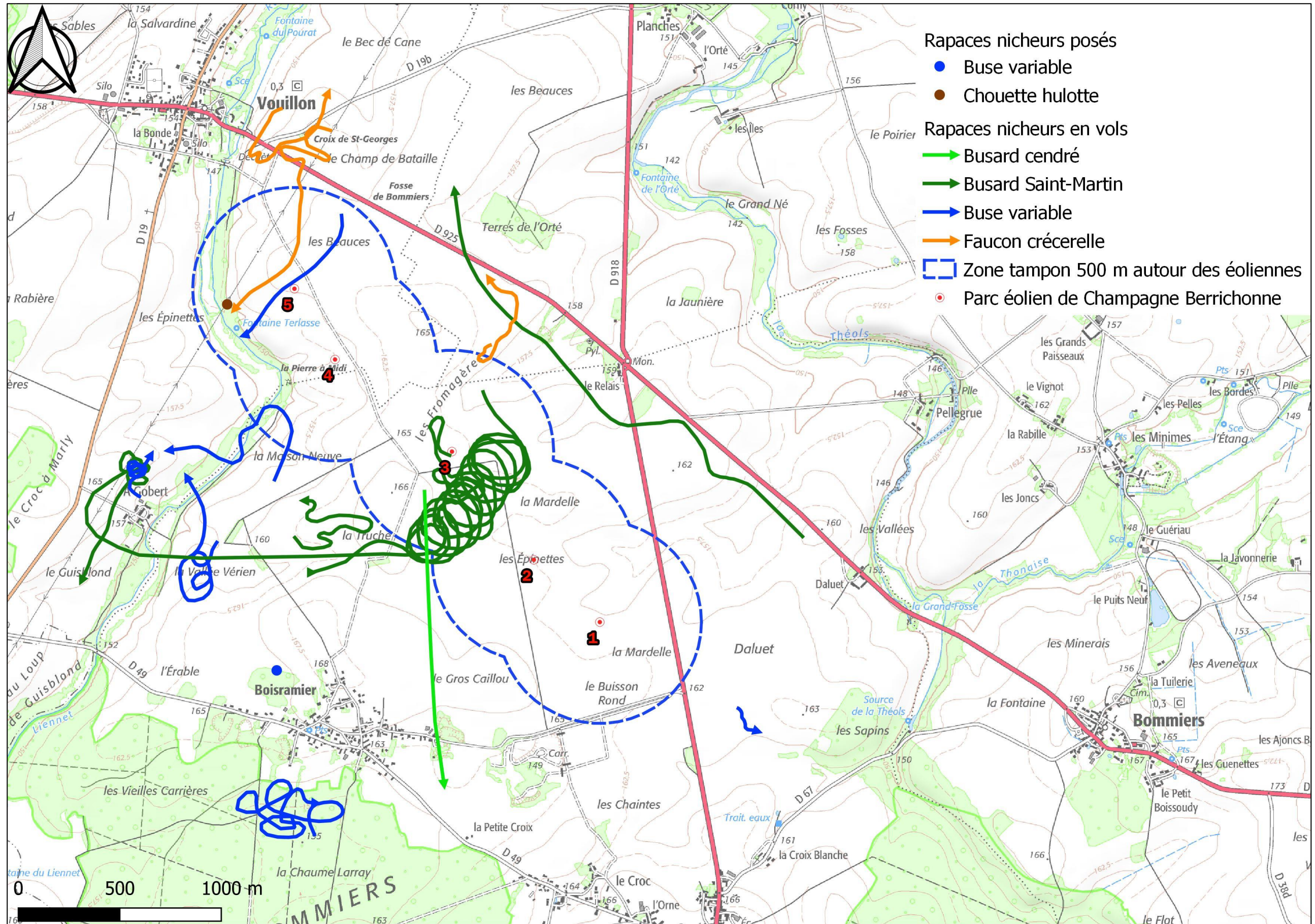
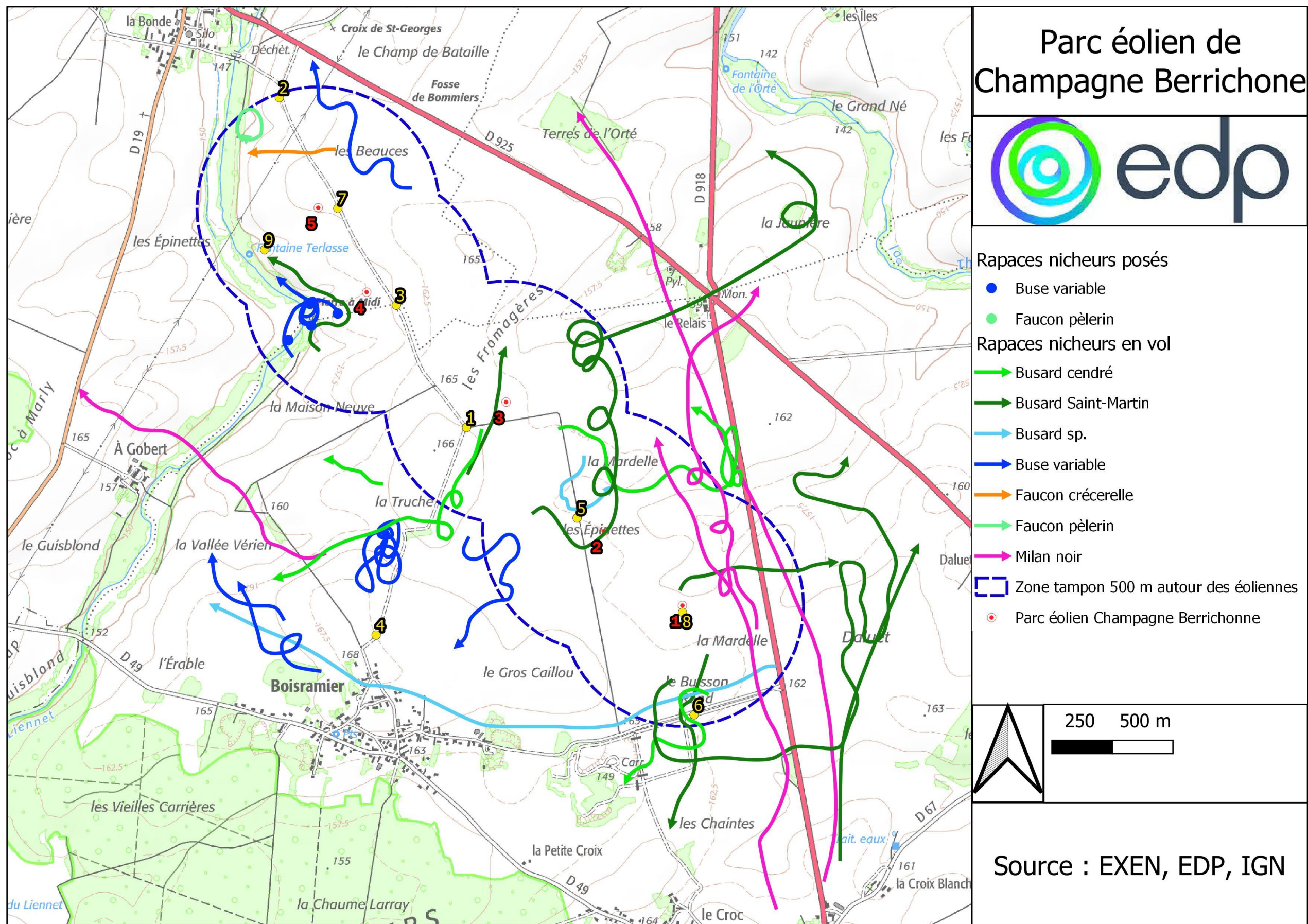


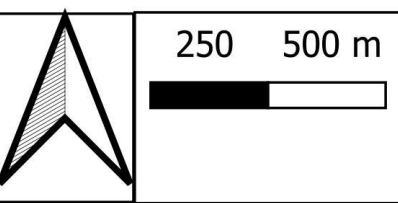
Figure 52 : Carte des données brutes des rapaces en période de nidification de 2022 sur le parc éolien de Champagne Berrichonne



Parc éolien de Champagne Berrichonne

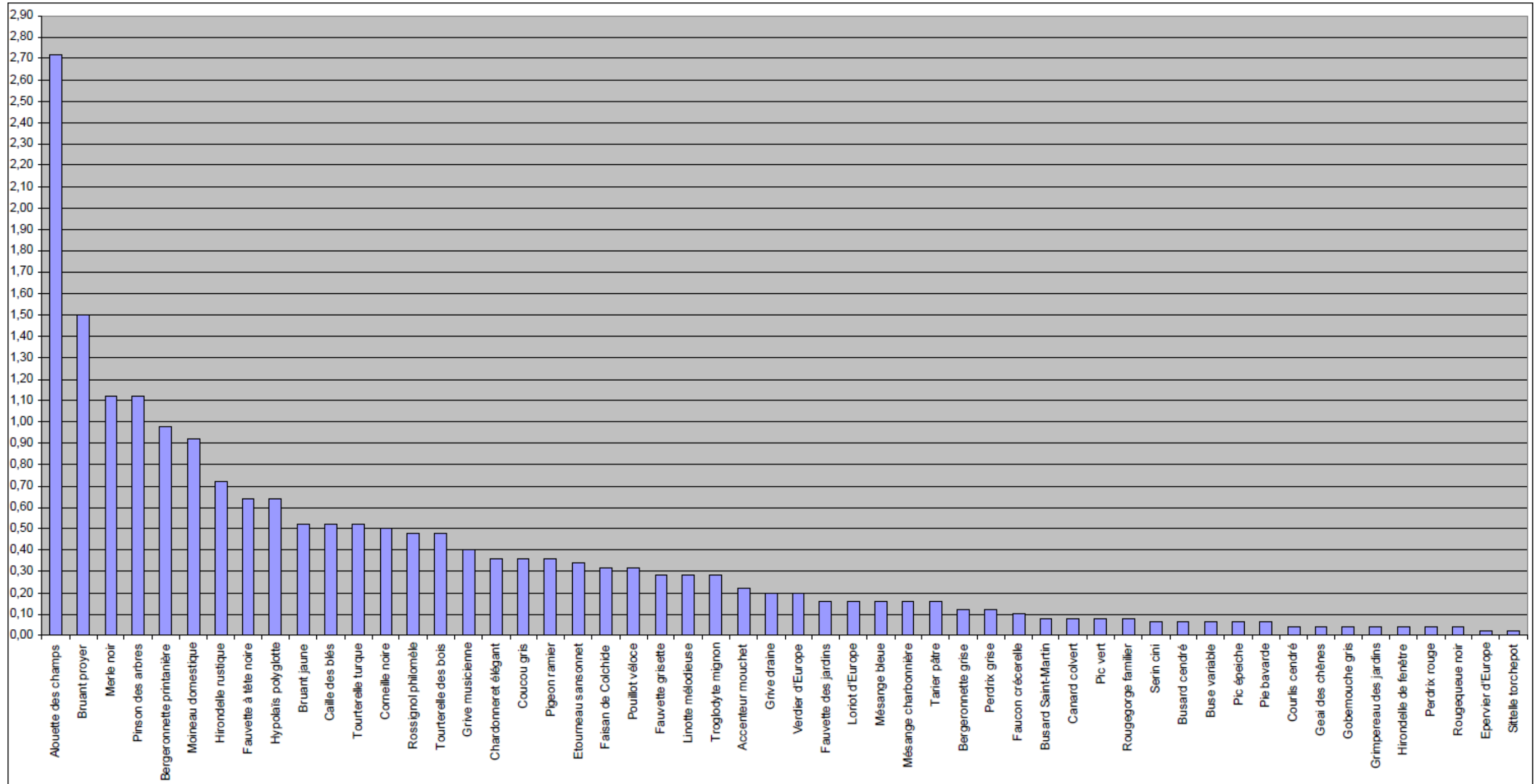


- Rapaces nicheurs posés**
- Buse variable
 - Faucon pèlerin
- Rapaces nicheurs en vol**
- ➔ Busard cendré
 - ➔ Busard Saint-Martin
 - ➔ Busard sp.
 - ➔ Buse variable
 - ➔ Faucon crécerelle
 - ➔ Faucon pèlerin
 - ➔ Milan noir
- ▭ Zone tampon 500 m autour des éoliennes
- Parc éolien Champagne Berrichonne



Source : EXEN, EDP, IGN

Figure 54 : Graphique des indices IPA moyens par espèce et par point d'observation lors de l'état initial de 2006



4.3.3.2 Résultats des suivis post-implantation entre 2018 et 2022

Les résultats d'inventaires issus des graphiques des pages suivantes témoignent d'un cortège peu contrasté, avec surtout des espèces de milieux ouverts et semi-ouverts :

- des espèces à grande valence écologique (Fauvette à tête noire, Merle noir, etc.) ;
- des espèces de milieux ouverts et bocager (Bruant proyer, Alouette des champs, Bruant jaune, Linotte mélodieuse, etc.).

En regardant les valeurs d'IPA cumulés, de densité et de fréquences relatives, les espèces patrimoniales qui sont les plus répandues sont l'**Alouette des champs** et le **Bruant proyer** en **2018, 2019, 2020, 2021 et 2022**. Ces espèces sont contactées sur l'ensemble des points d'écoute lors des 5 ans de suivi (sauf en 2020 pour l'Alouette des champs, qui est un peu moins répandue). 3 autres espèces plus communes sont également bien représentées, il s'agit du Pigeon ramier, de la Corneille noire et de la Bergeronnette printanière.

Au niveau des graphiques des pages suivantes, lorsque le profil de la fréquence relative présente un creux par rapport à celui de la densité, cela sous-entend une concentration des représentants de l'espèce de façon localisée. Lorsque le secteur sur lequel est observé cette densité importante présente une particularité d'habitats isolés, cela peut supposer la présence d'une niche écologique pour l'espèce en question, à moins que ces regroupements reflètent plutôt un comportement d'espèce grégaire.

Au niveau du parc éolien, c'est le cas du Moineau domestique en 2018 et 2020, du Pigeon ramier et de la Tourterelle turque en 2019, et de l'Alouette des champs, du Martinet noir et de l'Etourneau sansonnet en 2020 et 2021. Cependant, toutes ces espèces ont un caractère grégaire, ce qui explique le nombre important d'individus sur certains points IPA. Aucune niche écologique n'est donc localisée au sein du site. En 2022, la Linotte mélodieuse est présente de manière très importante sur certains points d'observations, ce qui explique cette différence entre densité et fréquence relative, en plus du fait qu'il s'agisse d'une espèce grégaire.

En **2018**, la richesse spécifique varie entre 8 espèces (point 5) et 25 espèces (point 2).

En **2019**, le constat est similaire, avec une richesse spécifique qui varie entre 9 espèces au niveau du point 5 et 26 espèces au niveau du point 2.

En **2020**, les résultats sont à nouveaux cohérents avec les années précédentes, avec une richesse spécifique qui varie entre 14 espèces au point 5 et 26 espèces au point 2.

En **2021**, les résultats sont similaires une nouvelle fois, avec une richesse spécifique maximale de 28 espèces au point 2. En revanche, un minimum de 10 espèces a été recensé au point 1, et 12 au point 5.

En **2022**, les résultats sont similaires aux années précédentes, avec une richesse spécifique maximale de 28 espèces au point 2 et un minimum de 9 espèces a été recensé au point 1, et 16 au point 7.

Sur les 5 ans de suivi, la richesse spécifique varie entre 8 espèces au minimum et 28 espèces au maximum. Les 5 années de suivi montrent des résultats similaires, avec une richesse spécifique la plus élevée au point 2 au nord du parc éolien et une richesse spécifique moins élevée au sein du parc à proximité des éoliennes E2 et E3. Ce constat s'explique par un milieu hétérogène au niveau du point 2, avec des lisières, des cultures, et des habitations, qui permet l'expression d'un cortège d'espèces plus diversifié. Les habitats sont plus homogènes au niveau des points 1 et 5, avec seulement des grandes cultures. Ainsi, seules les espèces inféodées à ce type de milieux sont observées.

Figure 55 : Cliché d'un bruant proyer observée sur le site le 15 mai 2020



Figure 56 : Tableau des IPA par points d'écoute et par espèce lors du suivi de 2018

Espèce	1	2	3	4	5	6	7	IPA cumulé	Densité	Fréquence relative (%)
Alouette des champs	5	2	4	3	4	2	2	22,00	3,14	100,00
Bergeronnette grise						0,5		0,50	0,07	14,29
Bergeronnette printanière	4	2	2		1	1	1	11,00	1,57	85,71
Bruant jaune		1					1	2,00	0,29	28,57
Bruant proyer	2	3	5	1	3	2	2	18,00	2,57	100,00
Busard Saint-Martin	1							1,00	0,14	14,29
Buse variable	0,5	0,5	0,5					1,50	0,21	42,86
Cornelle noire	2,5	1	1	1	2	1	3,5	12,00	1,71	100,00
Coucou gris	1				1			2,00	0,29	28,57
Etourneau sansonnet		1					0,5	1,50	0,21	28,57
Faisan de Colchide	1	1	1	0,5			1,5	5,00	0,71	71,43
Faucon crécerelle	0,5		0,5	0,5			0,5	2,00	0,29	57,14
Fauvette à tête noire	1	1	1	1		1	1	6,00	0,86	85,71
Fauvette grisette		1	2					3,00	0,43	28,57
Grimpereau des jardins		1	1					2,00	0,29	28,57
Grive musicienne		1	1				1	3,00	0,43	42,86
Hirondelle rustique		0,5		2,5				3,00	0,43	28,57
Hypolaïs polyglotte		1						1,00	0,14	14,29
Linotte mélodieuse			1,5	1	0,5		2	5,00	0,71	57,14
Loriot d'Europe			1					1,00	0,14	14,29
Martinet noir	2,5			1,5				4,00	0,57	28,57
Merle noir		2	1	2,5		1	1	7,50	1,07	71,43
Mésange bleue		1		0,5				1,50	0,21	28,57
Mésange charbonnière		1	1	1				3,00	0,43	42,86
Moineau domestique				10				10,00	1,43	14,29
Perdrix grise							0,5	0,50	0,07	14,29
Pic vert		0,5						0,50	0,07	14,29
Pie bavarde				0,5				0,50	0,07	14,29
Pigeon ramier	0,5	3	1,5	2	2	1	1,5	11,50	1,64	100,00
Pinson des arbres	1	1	1	1		1	2	7,00	1,00	85,71
Pouillot véloce		1		1			1	3,00	0,43	42,86
Rossignol philomèle				1		2	1	4,00	0,57	42,86
Rougegorge familial		1						1,00	0,14	14,29
Rougequeue noir				1				1,00	0,14	14,29
Tarier pâtre						0,5		0,50	0,07	14,29
Tourterelle des bois	0,5	1				1		2,50	0,36	42,86
Tourterelle turque	1	1		2	1	1		6,00	0,86	71,43
Troglodyte mignon		2					1	3,00	0,43	28,57
Verdier d'Europe				1				1,00	0,14	14,29
Points d'obs	1	2	3	4	5	6	7			
Richesse spécifique	15	25	17	21	8	13	18			

Figure 57 : Graphique des IPA moyens et fréquence relative par espèce en 2018

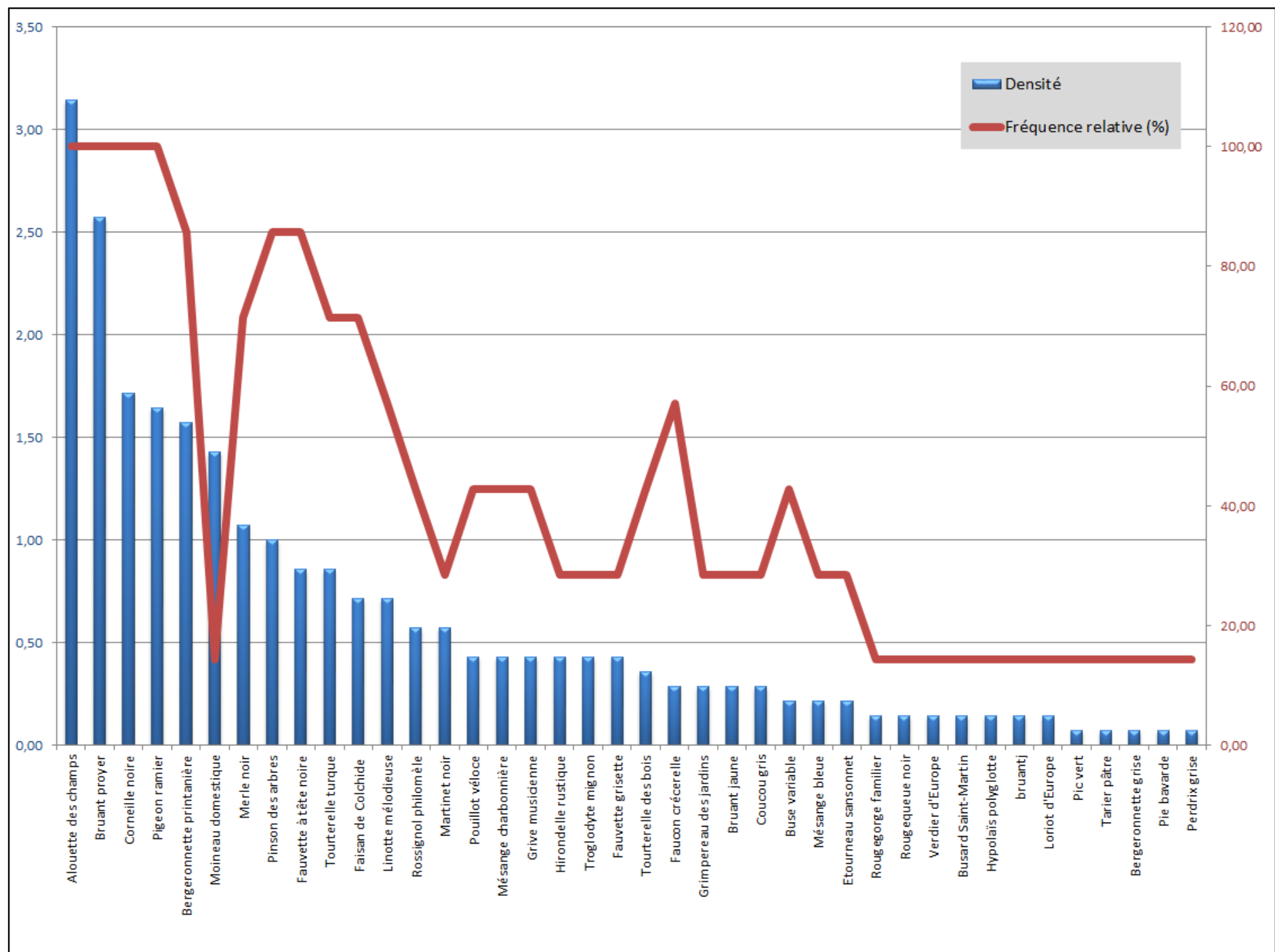


Figure 58 : Tableau des IPA par points d'écoute et par espèce lors du suivi de 2019

Espèce	1	2	3	4	5	6	7	IPA cumulé	Densité	Fréquence relative (%)
Alouette des champs	3	1	2	2	2	2	2	14,00	2,00	100,00
Pigeon ramier	1	2,5	1,5	0,5	4	4		13,50	1,93	85,71
Bergeronnette printanière	1,5	1	2	2	2	1	2	11,50	1,64	100,00
Corneille noire	4,5	1	1	1	2,5	0,5	1	11,50	1,64	100,00
Bruant proyer	3	1	1	1	2	2	1	11,00	1,57	100,00
Fauvette à tête noire	1	2		1		1	1	6,00	0,86	71,43
Hirondelle rustique	1,5	2		1,5		1		6,00	0,86	57,14
Merle noir		2		1		1	1	5,00	0,71	57,14
Pinson des arbres		1		2		1	1	5,00	0,71	57,14
Tourterelle turque		2		3				5,00	0,71	28,57
Linotte mélodieuse					2,5	0,5	1	4,00	0,57	42,86
Chardonneret élégant			1	1	0,5		1	3,50	0,50	57,14
Rossignol philomèle		1				1	1	3,00	0,43	42,86
Caille des blés	1		1	1				3,00	0,43	42,86
Etourneau sansonnet	2,5	0,5						3,00	0,43	28,57
Grive musicienne		1					1	2,00	0,29	28,57
Rougegorge familier		1		1				2,00	0,29	28,57
Mésange charbonnière		1		1				2,00	0,29	28,57
Fauvette grisette					1	1		2,00	0,29	28,57
Pouillot véloce		2						2,00	0,29	14,29
Pic épeiche	0,5	0,5	0,5					1,50	0,21	42,86
Moineau domestique		1		0,5				1,50	0,21	28,57
Bergeronnette grise	0,5	1						1,50	0,21	28,57
Perdrix rouge	1					0,5		1,50	0,21	28,57
Mésange bleue				1				1,00	0,14	14,29
Troglodyte mignon		1						1,00	0,14	14,29
Coucou gris				1				1,00	0,14	14,29
Bruant jaune	1							1,00	0,14	14,29
Canard colvert	1							1,00	0,14	14,29
Tourterelle des bois	1							1,00	0,14	14,29
Faisan de Colchide	1							1,00	0,14	14,29
Geai des chênes	1							1,00	0,14	14,29
Bruant zizi				1				1,00	0,14	14,29
Pic vert				0,5				0,50	0,07	14,29
Verdier d'Europe				0,5				0,50	0,07	14,29
Faucon crécerelle					0,5			0,50	0,07	14,29
Pie bavarde				0,5				0,50	0,07	14,29
Héron cendré		0,5						0,50	0,07	14,29
Tarier pâtre						0,5		0,50	0,07	14,29
Perdrix grise			0,5					0,50	0,07	14,29
Busard cendré				0,5				0,50	0,07	14,29
Grive draine			0,5					0,50	0,07	14,29
Points d'obs	1	2	3	4	5	6	7			
Richesse spécifique	11	26	10	23	9	14	11			

Figure 59 : Graphique des IPA moyens et fréquence relative par espèce en 2019

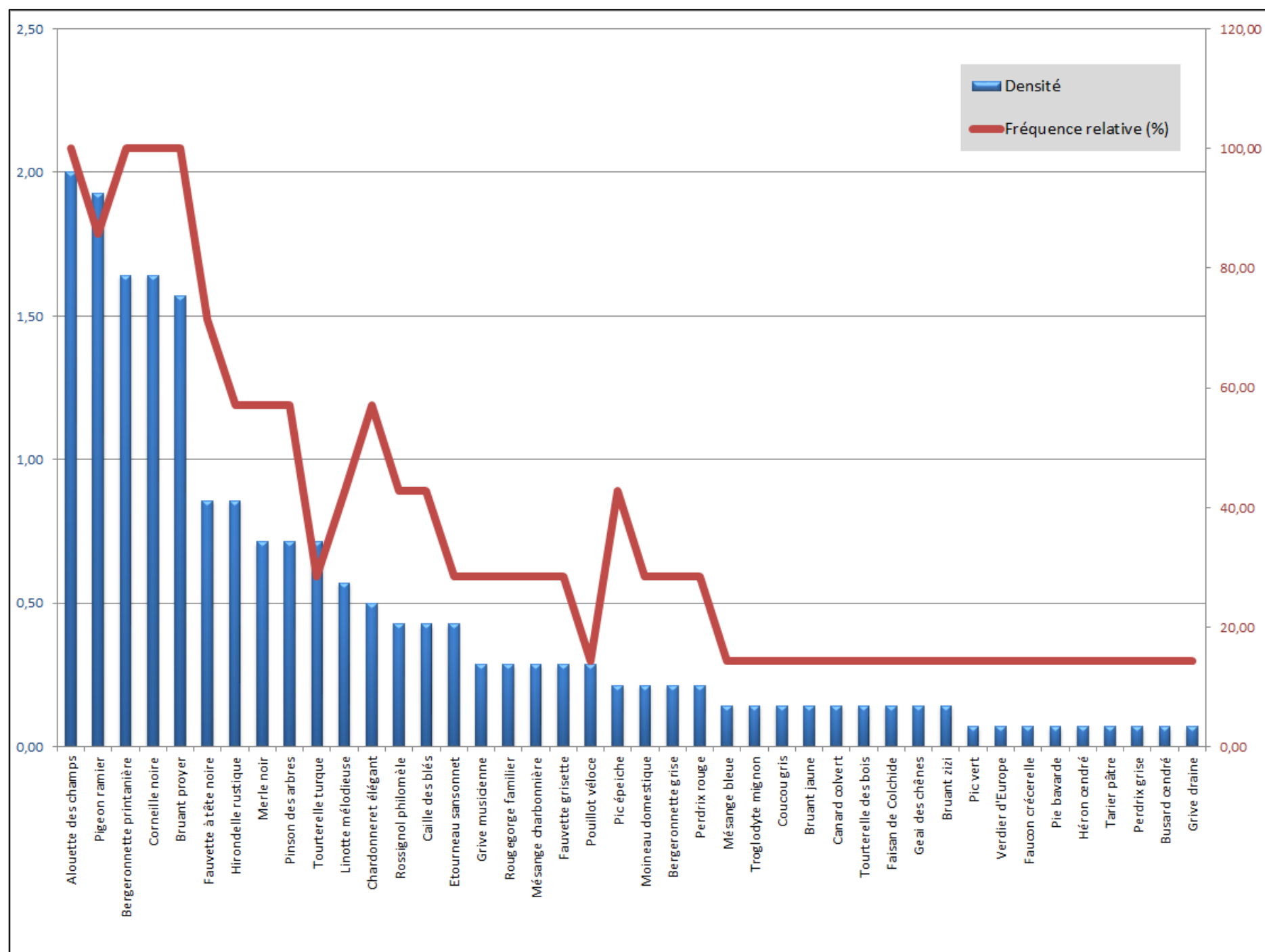


Figure 60 : Tableau des IPA par points d'écoute et par espèce lors du suivi de 2020

Espèce	1	2	3	4	5	6	7	IPA cumulé	Densité	Fréquence relative (%)
Alouette des champs	5		4,5	4	5,5	3		22,00	3,14	71,43
Moineau domestique	7,5	1		6		2	3,5	20,00	2,86	71,43
Bergeronnette printanière	4	1	4	1	3	2	4	19,00	2,71	100,00
Bruant proyer	3	2	3	1	2	4	2	17,00	2,43	100,00
Etourneau sansonnet		2	2,5	1		1	9	15,50	2,21	71,43
Pigeon ramier	0,5	2	1	1	1	2	1	8,50	1,21	100,00
Merle noir	1	2		2	1	1	1	8,00	1,14	85,71
Corneille noire	1,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	0,5	7,50	1,07	100,00
Fauvette grisette		3	1			1	1	6,00	0,86	57,14
Rossignol philomèle		1	1	1		1	1	5,00	0,71	71,43
Chardonneret élégant		1	2	1			1	5,00	0,71	57,14
Fauvette à tête noire		1	1	1		1		4,00	0,57	57,14
Bergeronnette grise		1		1		2		4,00	0,57	42,86
Pinson des arbres		1		1		1	1	4,00	0,57	57,14
Linotte mélodieuse	1,5				0,5	2		4,00	0,57	42,86
Oedicnème criard	1		1			2		4,00	0,57	42,86
Busard cendré			0,5	0,5	0,5		2	3,50	0,50	57,14
Hirondelle rustique		0,5		2,5				3,00	0,43	28,57
Tourterelle des bois		1			1	1		3,00	0,43	42,86
Tourterelle turque		1		1	0,5			2,50	0,36	42,86
Perdrix rouge	1		0,5			0,5	0,5	2,50	0,36	57,14
Pouillot véloce		1					1	2,00	0,29	28,57
Faucon crécerelle	0,5	0,5	0,5		0,5			2,00	0,29	57,14
Hypolaïs polyglotte				1		1		2,00	0,29	28,57
Pie bavarde		1		1				2,00	0,29	28,57
Faisan de Colchide					1	1		2,00	0,29	28,57
Buse variable	0,5	0,5	0,5					1,50	0,21	42,86
Verdier d'Europe		1		0,5				1,50	0,21	28,57
Troglodyte mignon		1						1,00	0,14	14,29
Rougegorge familial		1						1,00	0,14	14,29
Rougequeue noir				1				1,00	0,14	14,29
Busard Saint-Martin	0,5		0,5					1,00	0,14	28,57
Bruant jaune		1						1,00	0,14	14,29
Grimpereau des jardins		1						1,00	0,14	14,29
Tarier pâtre						1		1,00	0,14	14,29
Perdrix grise					1			1,00	0,14	14,29
Martinet noir	1							1,00	0,14	14,29
Pic épeiche				1				1,00	0,14	14,29
Alouette lulu					1			1,00	0,14	14,29
Mésange charbonnière		0,5						0,50	0,07	14,29
Milan noir	0,5							0,50	0,07	14,29
Pie-grièche écorcheur	0,5							0,50	0,07	14,29
Grand Cormoran		0,5						0,50	0,07	14,29
Pic noir			0,5					0,50	0,07	14,29
Points d'obs	1	2	3	4	5	6	7			
Richesse spécifique	16	26	16	21	14	20	14			

Figure 61 : Graphique des IPA moyens et fréquence relative par espèce en 2020

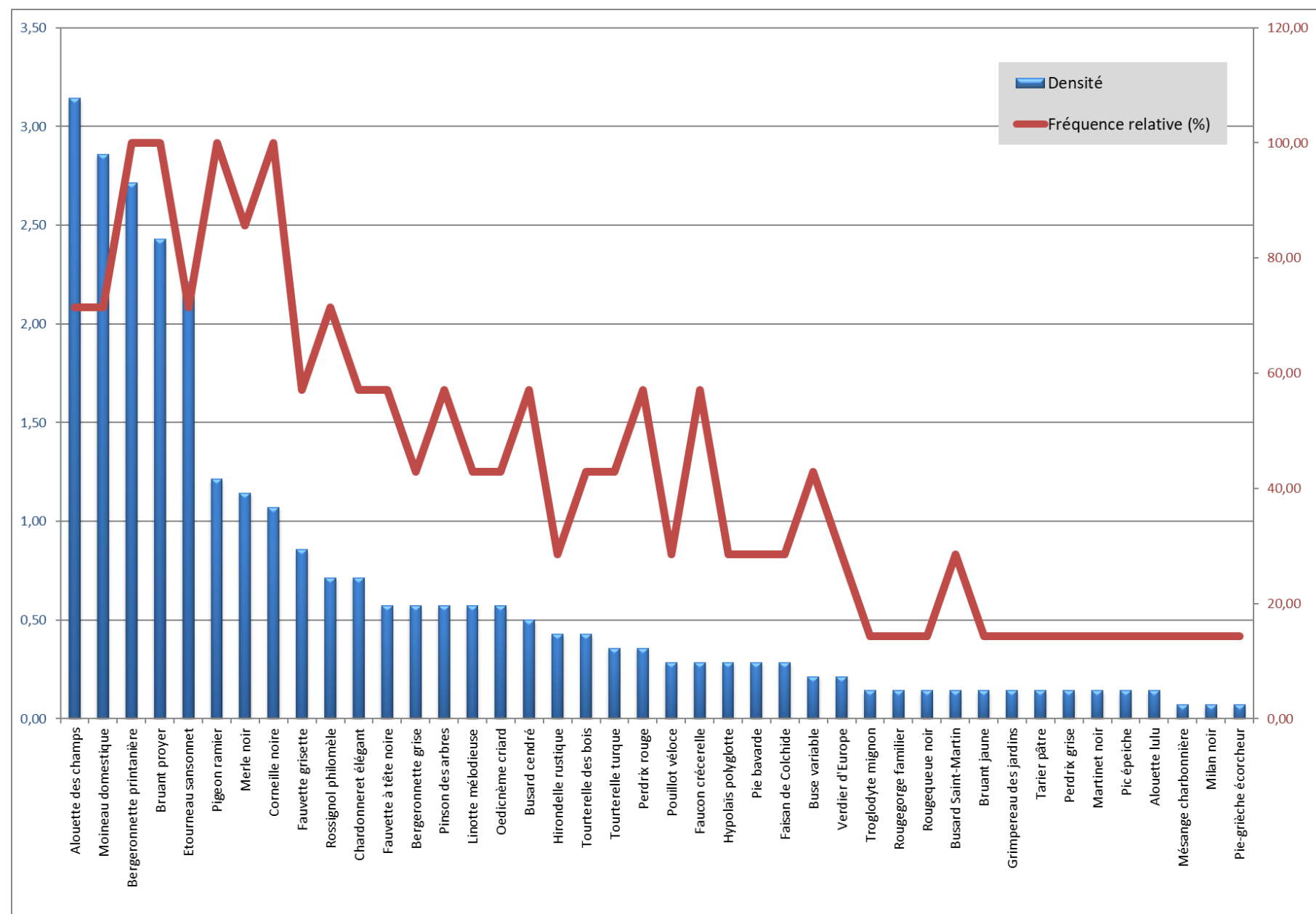


Figure 62 : Tableau des IPA par points d'écoute et par espèce lors du suivi de 2021

Espèce	1	2	3	4	5	6	7	IPA cumulé	Densité	Fréquence relative (%)
Accenteur mouchet			1					1,00	0,14	14,29
Alouette des champs	4	2	3	6	5	5	2	27,00	3,86	100,00
Bergeronnette grise			1	0,5	1	0,5	0,5	3,50	0,50	71,43
Bergeronnette printanière	2	2	2	1	3,5	2	2	14,50	2,07	100,00
Bruant jaune		2				1	1	4,00	0,57	42,86
Bruant proyer	3	1	2	1	2	2	2	13,00	1,86	100,00
Busard cendré					0,5			0,50	0,07	14,29
Busard Saint-Martin					0,5		0,5	1,00	0,14	28,57
Buse variable		0,5			0,5			1,00	0,14	28,57
Chardonneret élégant		1	1					2,00	0,29	28,57
Cornelle noire	1	1	1,5	1,5	2	1,5	1	9,50	1,36	100,00
Etourneau sansonnet	5	1	2	2				10,00	1,43	57,14
Faisan de Colchide			1				1	2,00	0,29	28,57
Faucon crécerelle		0,5						0,50	0,07	14,29
Fauvette à tête noire		1	1	1		1	1	5,00	0,71	71,43
Fauvette des jardins		1						1,00	0,14	14,29
Fauvette grisette		1	1			1	1	4,00	0,57	57,14
Grive musicienne		1		1		1	1	4,00	0,57	57,14
Hirondelle rustique	0,5	2,5		2	0,5	5		10,50	1,50	71,43
Hypolaïs polyglotte						1		1,00	0,14	14,29
Linotte mélodieuse	1		1,5	1	1	0,5	0,5	5,50	0,79	85,71
Loriot d'Europe				1		1	1	3,00	0,43	42,86
Martinet noir					2,5			2,50	0,36	14,29
Merle noir		2	1	1		1	1	6,00	0,86	71,43
Mésange charbonnière		1						1,00	0,14	14,29
Moineau domestique				1		2		3,00	0,43	28,57
Oedicnème criard		1	1	0,5				2,50	0,36	42,86
Perdrix grise		1	1				2	4,00	0,57	42,86
Pic épeiche		0,5				0,5	0,5	1,50	0,21	42,86
Pigeon ramier	0,5	2	1,5	1,5	1	1	1	8,50	1,21	100,00
Pinson des arbres		1	1	1			1	4,00	0,57	57,14
Pipit des arbres		1						1,00	0,14	14,29
Pipit farlouse		0,5		0,5	0,5			1,50	0,21	42,86
Pouillot véloce				1			1	2,00	0,29	28,57
Rosignol philomèle	1	2	2	1		1	1	8,00	1,14	85,71
Rougegorge familier		1					1	2,00	0,29	28,57
Rougequeue noir						1		1,00	0,14	14,29
Tarier pâtre		1				1		2,00	0,29	28,57
Tourterelle des bois	1	1	0,5			1		3,50	0,50	57,14
Tourterelle turque				1				1,00	0,14	14,29
Troglodyte mignon			1				1	2,00	0,29	28,57
Points d'obs	1	2	3	4	5	6	7			
Richesse spécifique	10	28	19	20	12	22	22			

Figure 63 : Graphique des IPA moyens et fréquence relative par espèce en 2021

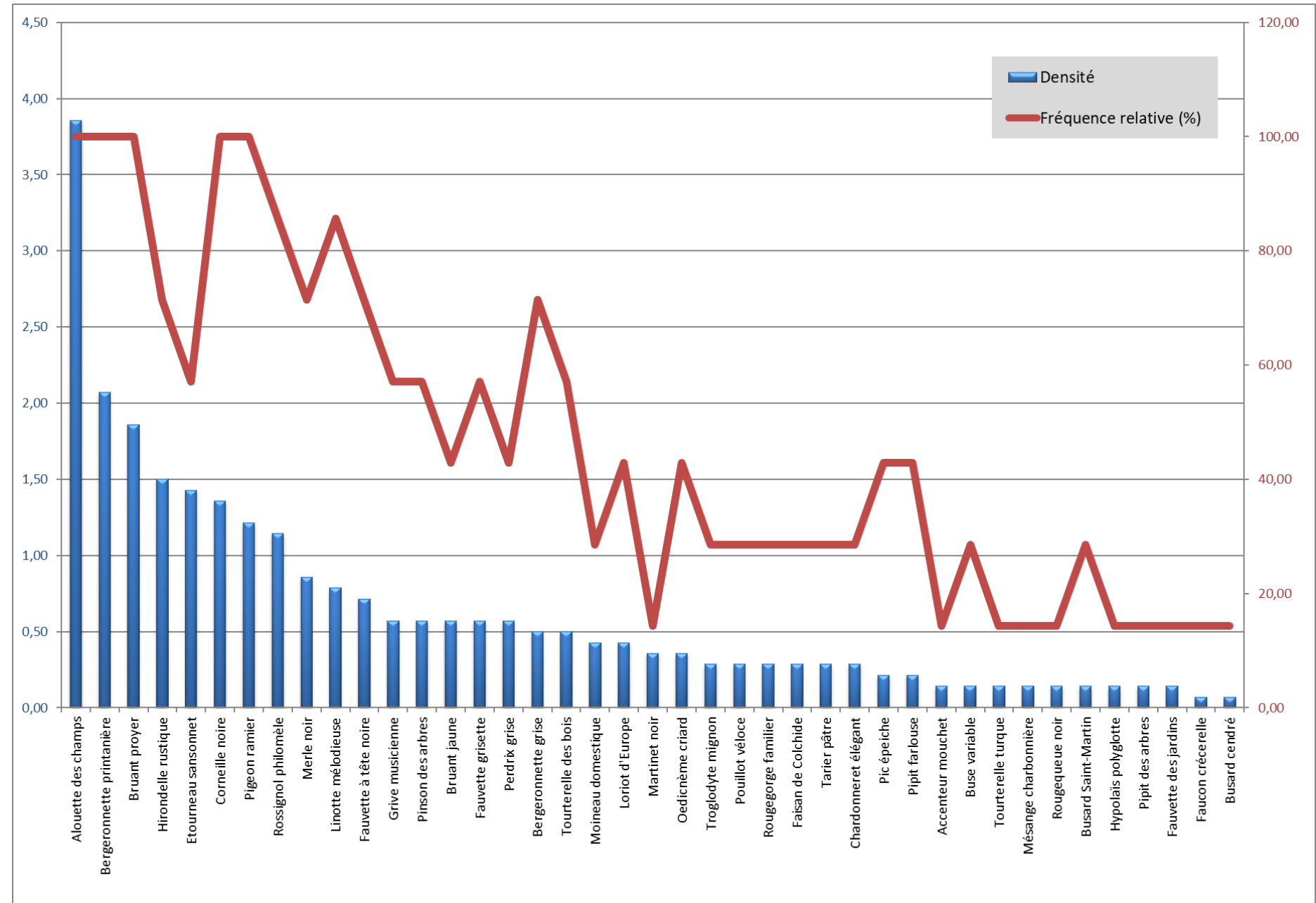
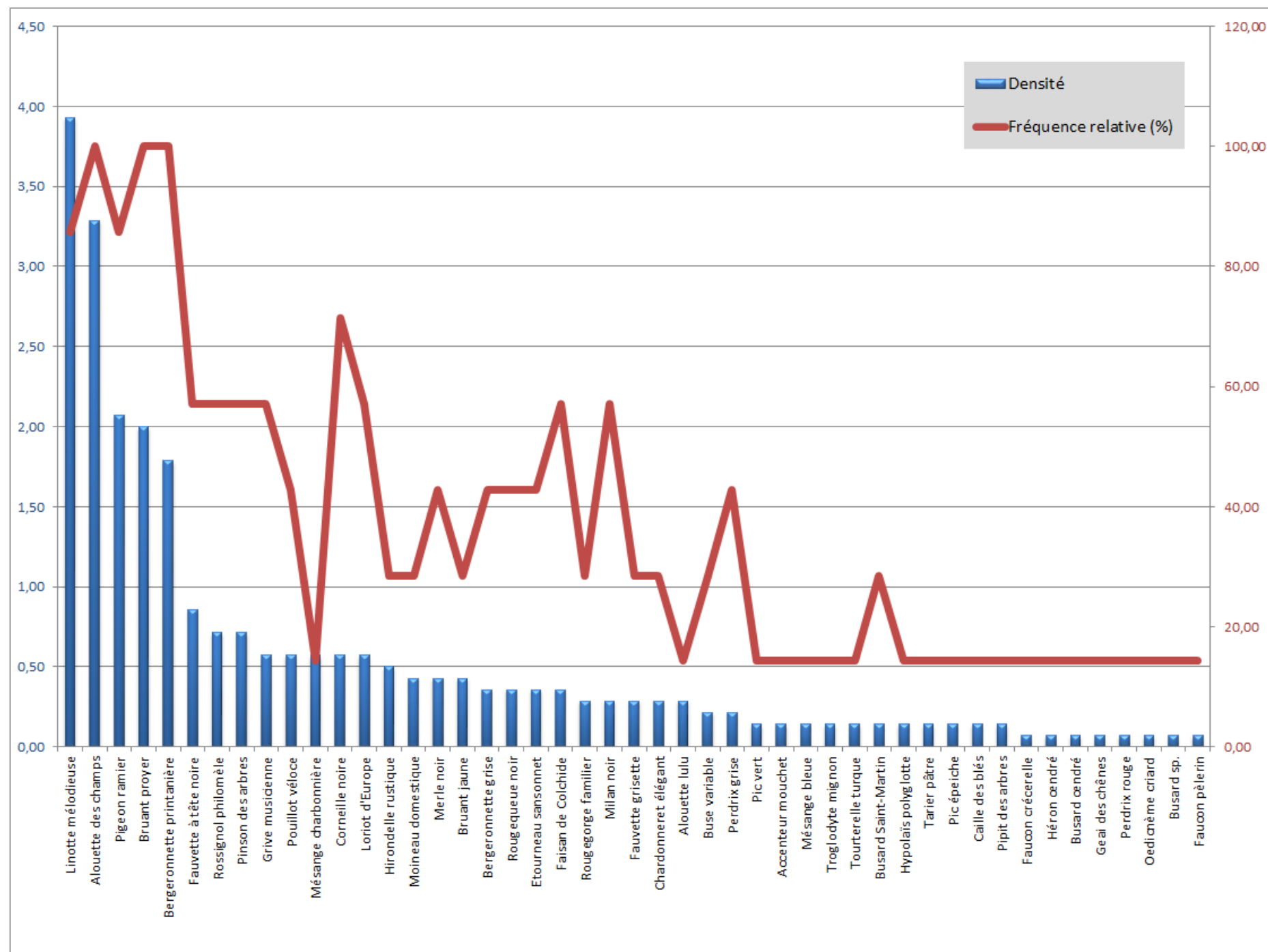


Figure 64 Tableau des IPA par points d'écoute et par espèce lors du suivi de 2022

Espèce	1	2	3	4	5	6	7	IPA cumulé	Densité	Fréquence relative (%)
Accenteur mouchet			1					1,00	0,14	14,29
Alouette des champs	4	3	3	4	3	4	2	23,00	3,29	100,00
Alouette lulu				2				2,00	0,29	14,29
Bergeronnette grise				0,5	1	1		2,50	0,36	42,86
Bergeronnette printanière	1	1	2	2	1,5	3	2	12,50	1,79	100,00
Bruant jaune		2					1	3,00	0,43	28,57
Bruant proyer	3	2	3	1	2	2	1	14,00	2,00	100,00
Busard cendré					0,5			0,50	0,07	14,29
Busard Saint-Martin						0,5	0,5	1,00	0,14	28,57
Busard sp.					0,5			0,50	0,07	14,29
Buse variable			0,5	1				1,50	0,21	28,57
Caille des blés				1				1,00	0,14	14,29
Chardonneret élégant				1		1		2,00	0,29	28,57
Cornille noire	0,5	1	0,5	1			1	4,00	0,57	71,43
Etourneau sansonnet		1		1		0,5		2,50	0,36	42,86
Faisan de Colchide		1	0,5	0,5			0,5	2,50	0,36	57,14
Faucon crécerelle		0,5						0,50	0,07	14,29
Faucon pèlerin		0,5						0,50	0,07	14,29
Fauvette à tête noire		3		1		1	1	6,00	0,86	57,14
Fauvette grisette		1				1		2,00	0,29	28,57
Geai des chênes		0,5						0,50	0,07	14,29
Grive musicienne		1	1	1			1	4,00	0,57	57,14
Héron cendré		0,5						0,50	0,07	14,29
Hirondelle rustique		0,5		3				3,50	0,50	28,57
Hypolais polyglotte		1						1,00	0,14	14,29
Linotte mélodieuse	2,5	0,5	4,5	9	8,5	2,5		27,50	3,93	85,71
Loriot d'Europe	1		1	1			1	4,00	0,57	57,14
Merle noir		1		1		1		3,00	0,43	42,86
Mésange bleue		1						1,00	0,14	14,29
Mésange charbonnière		4						4,00	0,57	14,29
Milan noir	0,5				0,5	0,5	0,5	2,00	0,29	57,14
Moineau domestique				2		1		3,00	0,43	28,57
Oedicnème criard					0,5			0,50	0,07	14,29
Perdrix grise	0,5			0,5	0,5			1,50	0,21	42,86
Perdrix rouge						0,5		0,50	0,07	14,29
Pic épeiche		1						1,00	0,14	14,29
Pic vert		1						1,00	0,14	14,29
Pigeon ramier	4	2,5	4	1	0,5	2,5		14,50	2,07	85,71
Pinson des arbres		2		1		1	1	5,00	0,71	57,14
Pipit des arbres			1					1,00	0,14	14,29
Pouillot véloce		2		1			1	4,00	0,57	42,86
Rossignol philomèle		2	1	1			1	5,00	0,71	57,14
Rougegorge familial		1					1	2,00	0,29	28,57
Rougequeue noir		1		1			0,5	2,50	0,36	42,86
Tarier pâtre						1		1,00	0,14	14,29
Tourterelle turque				1				1,00	0,14	14,29
Troglodyte mignon							1	1,00	0,14	14,29
Points d'obs	1	2	3	4	5	6	7			
Richesse spécifique	9	28	23	25	19	25	16			

Figure 65 Graphique des IPA moyens et fréquence relative par espèce en 2022



4.3.4 Comparaison des cortèges d'espèces nicheuses entre l'état initial et les suivis post-implantation de 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022

D'après le tableau suivant :

- **48 espèces** d'oiseaux nicheurs ont été contactées **avant et après implantation des éoliennes** ;
- **6 espèces** n'ont été contactées **qu'avant implantation des éoliennes** ;
- **16 espèces** n'ont été contactées **qu'après la mise en place des éoliennes**.

Figure 66 : Liste des espèces contactées avant et / ou après implantation des éoliennes suite au suivi de 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022

Espèces contactées avant et après implantation des éoliennes		Espèces contactées uniquement avant implantation des éoliennes	Espèces contactées uniquement après implantation des éoliennes
Accenteur mouchet	Hirondelle rustique	Courlis cendré	Alouette lulu
Alouette des champs	Hypolaïs polyglotte	Epervier d'Europe	Bruant zizi
Bergeronnette grise	Linotte mélodieuse	Gobemouche gris	Chouette hulotte
Bergeronnette printanière	Loriot d'Europe	Hirondelle de fenêtre	Faucon hobereau
Bruant jaune	Merle noir	Serin cini	Faucon pèlerin
Bruant proyer	Mésange bleue	Sitelle torchepot	Grand Cormoran
Busard cendré	Mésange charbonnière		Héron cendré
Busard Saint-Martin	Moineau domestique		Martinet noir
Buse variable	Perdrix grise		Milan noir
Caille des blés	Perdrix rouge		Oedicnème criard
Canard colvert	Pic épeiche		Pic noir
Chardonneret élégant	Pic vert		Pie-grièche écorcheur
Corneille noire	Pie bavarde		Pipit des arbres
Coucou gris	Pigeon ramier		Pipit fralouse
Etourneau sansonnet	Pinson des arbres		Pouillot Fitis
Faisan de Colchide	Pouillot véloce		Torcol fourmilier
Faucon crécerelle	Rosignol philomèle		
Fauvette à tête noire	Rougegorge familier		
Fauvette des jardins	Rougequeue noir		
Fauvette grisette	Tarier pâle		
Geai des chênes	Tourterelle des bois		
Grimpereau des jardins	Tourterelle turque		
Grive draine	Troglodyte mignon		
Grive musicienne	Verdier d'Europe		

4.3.4.1 Espèces nicheuses contactées avant et après implantation des éoliennes

Cela concerne la grande majorité des espèces, dont certaines patrimoniales (en orange dans le tableau précédent).

Passereaux et assimilés

L'Alouette des champs est bien représentée lors de l'état initial avec en moyenne 2,72 couples recensés par point d'écoute sur l'ensemble de l'aire d'étude en 2006. En 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022, l'espèce est également bien présente dans les zones ouvertes autour des éoliennes, avec en moyenne 3,14 couples par point d'écoute en 2018, 2 couples par point en 2019, à nouveau 3,14 couples en 2020, 3,86 couples en 2021 et 3,29 couple par point en 2022. Les résultats sont donc comparables entre les différentes années de suivi, que ce soit avant ou après implantation des éoliennes. La présence des éoliennes ne semble donc pas avoir engendré un dérangement ou une perte d'habitat pour cette espèce peu farouche et toujours présentes autour des éoliennes. Cependant, l'Alouette des champs devient donc plus sensible au risque de collision, notamment pendant les parades comportant des vols chantés.

Le Bruant jaune est recensé sur 8 des 25 points suivis lors de l'état initial en 2006 (en moyenne 0,52 couple par point d'écoute), dans divers milieux (hameaux, ripisylves, lisières). Il est notamment présent au nord et au sud du parc éolien, où le bocage est présent, ainsi que vers le hameau de Boisramier. Entre 2018 et 2022, les observations sont surtout concentrées au nord-ouest du parc éolien, au niveau de la ripisylve et du réseau de haies (en moyenne 0,29 couple par point d'écoute en 2018, 0,14 couple en 2019 et 2020, 0,57 couple 2021 et 0,43 couple par point en 2022) Un contact a également été localisé dans le secteur au sud du parc éolien en 2021 et 2022. Ces secteurs sont donc fréquentés avant et après implantation, alors que l'espèce n'est pas recontactée vers le hameau de Boisramier lors des 4 années de suivi post-implantation. La présence des éoliennes ne semble donc pas avoir engendré un dérangement ou une perte d'habitat pour cette espèce peu farouche et toujours au nord-ouest et au sud du parc éolien. En revanche, le nombre de couples a diminué entre 2006 et les 3 premières années de suivi post-implantation (2018 à 2020), avec 2 secteurs qui ne semblent plus fréquentés (au sud du parc éolien et vers le hameau Boisramier). En 2021 et 2022, le secteur sud est à nouveau fréquenté, et la densité augmente à 0,57 couple par point, correspondant plus aux résultats de 2006, avant implantation des éoliennes. Pour cette espèce peu farouche aux éoliennes, il est peu probable que ce soient les machines qui aient fait désertier l'espèce dans certains secteurs, mais il s'agit plus probablement d'une modification des habitats au fil des années.

Le Bruant proyer est bien présent sur l'ensemble de l'aire d'étude lors de l'état initial en 2006, avec en moyenne 1,5 couple par point d'écoute. Lors du suivi post-implantation, il est aussi bien représenté sur l'ensemble des cultures du parc éolien avec 2,57 couples en moyenne par point d'écoute en 2018, 1,57 couple par point d'écoute en 2019, 2,43 couples en 2020, 1,86 couple en 2021 et 2 couples par point par an en 2022. La présence des éoliennes ne semble donc pas avoir engendré un dérangement ou une perte d'habitat pour cette espèce peu farouche, avec des effectifs en augmentation entre l'état initial et les 4 années de suivi post-implantation.

Le Chardonneret élégant est contacté sur 6 des 25 points d'écoute suivis lors de l'état initial en 2006 (en moyenne 0,36 couple par point d'écoute). En 2018, l'espèce n'a pas été contactée alors qu'en 2019, 2020

et 2021, elle a été notée à plusieurs reprises près des éoliennes E4 et E5 (avec en moyenne 0,5 couple par point en 2019, 0,71 couple en 2020 et 3,86 couples en 2021). En 2022, l'espèce a seulement été notée au Sud du parc, avec une moyenne de 0,29 couple par an. Il est donc toujours possible de supposer un dérangement lors de la 1^{ère} année d'exploitation en 2018, et avec un retour progressif de l'espèce à partir de 2019. Néanmoins, pour cette espèce peu farouche et observée à proximité des éoliennes (avec une densité plus importante qu'en 2006), il est plus probable que l'absence de l'espèce en 2018 et la baisse des effectifs en 2022 soit plus liée à la quantité de ressources alimentaires ou à l'absence d'habitat favorable ces années-là.

La Fauvette des jardins a été contactée 3 fois en 2006, mais sur des zones à l'écart du parc éolien actuel. Cette espèce a été recontactée, mais uniquement en 2021, au nord-ouest de l'éolienne E5. Avec cette faible activité et des nicheurs localisés plus à l'écart du parc éolien, il est difficile d'estimer un impact du parc éolien.

L'Hirondelle rustique est présente un peu partout sur l'aire d'étude lors de l'état initial en 2006 (avec en moyenne 0,72 couple par point d'écoute). Concernant la zone où se trouvent actuellement les éoliennes, elle est notée surtout au niveau des hameaux. Entre 2018 et 2022, elle est également contactée au niveau des hameaux avec quelques comportements de chasse au niveau des zones ouvertes du parc éolien (avec en moyenne 0,43 couple par point en 2018 et 2020, 0,86 couple en 2019, 1,5 couples en 2021 et 0,5 couple en 2022). Là encore, la mise en place du parc éolien ne semble pas avoir influencé la présence de cette espèce qui se reproduit dans les hameaux aux alentours du parc et qui vient chasser au sein des milieux ouverts.

La Linotte mélodieuse a été contactée sur 6 points d'écoute lors de l'état initial en 2006, dont 3 autour du parc éolien actuel, avec en moyenne 0,28 couple par point d'écoute. Entre 2018 et 2022, elle est toujours contactée (avec en moyenne 0,71 couple par point en 2018, 0,57 couple en 2019 et 2020, 0,79 couple en 2021 et 3,93 couples en 2022), même à proximité des éoliennes. La présence des éoliennes ne semble donc pas avoir engendrée un dérangement ou une perte d'habitat pour cette espèce grégaire, peu farouche et toujours présente autour des éoliennes.

La Perdrix grise a été contactée sur plusieurs points d'écoute, mais dans la partie nord de l'aire d'étude utilisée lors de l'étude d'impact (en moyenne 0,12 couple par point d'écoute). Aucune observation n'avait été faite au niveau du parc éolien actuel. Entre 2018 et 2022, l'espèce est contactée chaque année (avec en moyenne 0,07 couple par point en 2018 et 2019, 0,14 couple en 2020, 0,57 couple en 2021 et 0,21 couple en 2022), avec des individus sur les plateformes des éoliennes et une reproduction certaine. Même si l'espèce n'a pas été observée au niveau du projet éolien en 2006, la présence des éoliennes ne semble pas avoir engendrée un dérangement ou une perte d'habitat.

Le Tarier pâtre a été observé sur deux points différents lors de l'état initial en 2006 (en moyenne 0,16 couple par point d'écoute), dont un point situé au sud-ouest du parc éolien actuel où 3 couples ont été notés. Ce point n'a pas été suivi après implantation des éoliennes, mais un couple a été observé chaque année entre 2018 et 2022 au sud-est de la ligne d'éoliennes (avec en moyenne 0,07 couple par point en 2018 et 2019, 0,14 couple en 2020 et 2022 et 0,29 couple en 2021). La présence des éoliennes ne semble donc pas avoir engendrée un dérangement ou une perte d'habitat pour cette espèce, qui se reproduit surtout au sud du parc éolien par rapport au potentiel des habitats qui lui sont favorables.

La Tourterelle des bois a été contactée sur 10 des 25 points d'écoute suivis lors de l'état initial en 2006 (en moyenne 0,48 couple par point d'écoute). Elle était présente dans un bosquet au sud du parc éolien, comme en 2018 après implantation des éoliennes. Elle fréquente aussi la ripisylve au nord-ouest du parc entre 2018 et 2021. La Tourterelle des bois n'a pas été recontactée. L'espèce ne semble donc pas être impactée par la présence des éoliennes sur l'utilisation du milieu pour la nidification.

Le Verdier d'Europe a été contacté sur 4 des 25 points étudiés lors de l'état initial en 2006 (en moyenne 0,20 couple par point d'écoute). Deux couples ont été notés au niveau du hameau de Boisramier. Entre 2018 et 2020, ce secteur reste toujours fréquenté chaque année. En revanche, l'espèce n'est pas recontactée en 2021 et 2022. La présence des éoliennes ne semble donc pas avoir engendrée un dérangement ou une perte d'habitat pour cette espèce qui se reproduit plus vers les hameaux.

Rapaces

Le Busard cendré a été observé sur 3 points d'observation lors de l'état initial en 2006, deux étant situés au nord de l'aire d'étude et un autre étant localisé au sud de l'éolienne E1, vers le lieu-dit « le Buisson ». Il est supposé qu'un couple niche dans les alentours de l'aire d'étude, mais sans aucun indice de nidification. L'analyse comportementale précédente montre que l'espèce a progressivement recoloniser le site, avec une absence de l'espèce en 2018, une faible activité (de chasse) en 2019 jusqu'à une reproduction certaine à environ 500 m des éoliennes E4 et E5 en 2020. Il est donc possible que l'espèce ait été dérangée ponctuellement lors des travaux et de la 1^{ère} année d'exploitation, mais avec un retour progressif et une accoutumance qui permet à l'espèce de refréquenter les milieux, jusqu'à s'y reproduire. Il est donc possible qu'il y ait eu une perte d'habitat ponctuelle, mais qui n'est plus valable aujourd'hui pour cette espèce peu farouche et qui niche à proximité des éoliennes. En 2021 et 2022, l'activité de cette espèce est de nouveau faible, sans indice de reproduction. L'activité et la nidification de cette espèce est également dépendante de l'assolement, avec une espèce qui change de nid tous les ans. Ce facteur semble important à prendre en compte, maintenant que l'espèce semble accoutumée à la présence des éoliennes.

Le Busard Saint-Martin, lors de l'état initial en 2006, a été contacté sur 4 points d'observation. Trois des points étaient situés dans la zone nord de l'aire d'étude et le dernier est situé au sud-est du parc éolien actuel. Lors des 5 années de suivi post-implantation (2018 à 2022), l'espèce est toujours présente, avec un comportement principalement de chasse. La seule observation avec un indice de reproduction (parade) a été faite sur le parc éolien en 2018. C'est également cette année-là où l'espèce est la plus contactée. Il semblerait donc que le parc éolien n'ait pas engendré de dérangement ou de perte d'habitat pour cette espèce. Elle fréquente les habitats du parc éolien principalement pour la chasse, mais potentiellement aussi pour venir s'y reproduire.

Le Faucon crécerelle a été contacté sur 4 points d'écoute lors de l'état initial en 2006, dont un situé au niveau du parc éolien actuel (près de l'éolienne E4). Lors des 5 années de suivi post-implantation (2018 à 2022), l'espèce est toujours présente, avec des comportements de chasse sur les milieux ouverts. L'espèce n'est donc pas farouche à la présence des éoliennes, et elle semble toujours utiliser ponctuellement le site pour chasser ou se déplacer. Aucun dérangement ou perte d'habitat n'a été constaté pour cette espèce.

4.3.4.2 Espèces nicheuses recensées uniquement avant implantation des éoliennes

Le Courlis cendré a été contacté sur un seul point d'écoute situé en ripisylve tout au nord de l'aire d'étude utilisée lors de l'état initial en 2006. Le secteur étant assez éloignée de l'aire d'étude actuelle, aucun impact du parc éolien ne peut être établi.

L'Hirondelle de fenêtre a été observée uniquement au niveau du hameau de Boisramier lors de l'état initial en 2006. Un seul couple est estimé. C'est une espèce qui niche dans les hameaux, les villes ou les villages et se nourrit d'insectes dans les zones ouvertes. Avec une seule observation en 2006, l'espèce fréquente ponctuellement les alentours du hameau, mais une activité relativement faible. L'absence de l'espèce entre 2018 et 2022 peut difficilement être liée à la présence du parc éolien. L'espèce est peu farouche et présente ponctuellement.

Le Serin cini a été observé sur deux points lors de l'état initial en 2006, dont un au niveau du hameau de Boisramier. Comme pour l'Hirondelle de fenêtre, un seul couple y est estimé. Vu la distance entre le hameau et la ligne d'éoliennes, il paraît peu probable que la présence du parc éolien de Champagne Berrichonne ait impacté la présence de cette espèce.

4.3.4.3 Espèces nicheuses recensées uniquement après implantation des éoliennes

Le Martinet noir a été observé chaque année entre 2018 et 2021, en particulier au niveau du hameau de Boisramier qui peut être favorable à la nidification de cette espèce, ainsi qu'au niveau des zones ouvertes du parc éolien où il peut venir chasser. Même si l'espèce n'a pas été observée en 2006, la présence des éoliennes ne semble pas générer un dérangement pour cette espèce qui se reproduit à l'écart dans les hameaux, qui est peu farouche, et qui vient s'alimenter sur les milieux ouverts du parc éolien.

Les espèces suivantes n'ont été contactées qu'à partir de 2020 :

- **l'Alouette lulu**, avec une activité ponctuelle, de passage au niveau du parc éolien. Cette espèce est peu farouche et plutôt sensible au risque de collision. Le parc éolien n'engendre donc pas de dérangement pour cette espèce ;
- **le Faucon hobereau**, avec une activité faible et ponctuelle en phase de transit. Le parc éolien n'engendre pas de dérangement pour cette espèce peu farouche, plus sensible à la collision ;
- **Le Faucon pèlerin**, avec une observation d'un individu erratique, le parc ne semble donc pas déranger cette espèce, observée pour la première fois en 2022.
- **le Grand Cormoran**, avec une activité ponctuelle de transit à l'ouest du parc éolien, le long de la ripisylves. Cette espèce est généralement farouche aux éoliennes. La distance entre la ripisylves et les éoliennes ne l'empêche pas de transiter ;
- **le Milan noir**, qui a également une activité ponctuelle et plus liée aux travaux agricoles. Le parc éolien n'engendre donc pas non plus de dérangement pour cette espèce peu farouche, plus sensible à la collision ;
- **l'Œdicnème criard**, avec des indices de reproduction en 2020 et 2021. L'hypothèse d'un dérangement ponctuelle du parc éolien pour cette espèce farouche avait été émise. Néanmoins, elle n'a pas été observée non plus lors de l'état initial de 2006, ce qui permet de rejeter cette

hypothèse. Il s'agit plus probablement d'un potentiel d'habitat qui s'est révélé être plus favorable en 2020 et 2021 par rapports aux années précédentes. Le parc éolien n'a donc pas engendré de perte d'habitat pour cette espèce ;

- **le Pic noir**, avec un seul contact au niveau de la ripisylves à l'ouest du parc éolien. Cette espèce niche généralement dans des boisements assez denses, elle est donc probablement de passage ponctuellement dans les alentours du parc éolien. Son activité plutôt faible est liée au potentiel d'habitat et non à un effarouchement particulier pour cette espèce peu sensible ;
- **la Pie-grièche écorcheur**, avec une activité très ponctuelle, voir un comportement de halte migratoire. Le parc éolien n'engendre pas de dérangement pour cette espèce peu farouche ;
- **le Pipit farlouse**, contacté en 2021, avec des individus en vol autour des éoliennes E2 et E3. Cette espèce est peu farouche, aucun dérangement n'a été constaté au niveau du parc éolien. La reproduction de cette espèce est dépendante des habitats présents ;
- **le Pouillot fitis**, présent dans département du Cher de façon hétérogène, ne semble pas être affecter par le présence du parc.
- **le Torcol fourmilier**, avec un seul contact dans la ripisylve en 2020. Cet indice de reproduction montre que le parc éolien n'engendre pas de dérangement pour cette espèce peu farouche.

4.3.5 Hauteur de vol de l'avifaune nicheuse entre 2018 et 2022

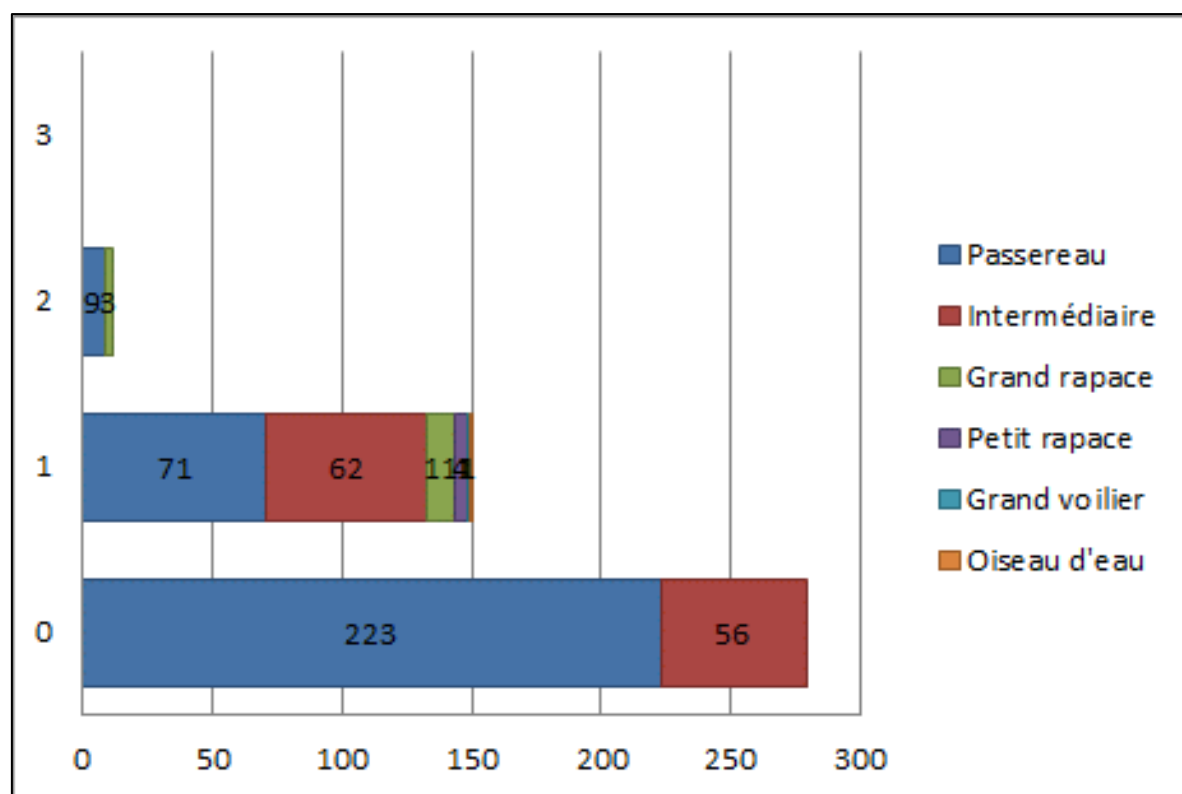
En 2018, 63 % des 441 oiseaux observés sont posés à **hauteur de vol H0**. Ce constat est logique puisque la majorité des espèces réduisent leurs déplacements en période nuptiale, qui s'apparentent uniquement à de la recherche de nourriture localement et au nourrissage des jeunes. Cela concerne uniquement les passereaux et les oiseaux de taille intermédiaire qui ont des territoires assez restreints.

Au niveau des oiseaux observés à **hauteur de vol H1** (sous le champ de rotation des pales), ce sont également majoritairement des passereaux et les oiseaux de taille intermédiaire qui effectuent des déplacements limités et qui n'ont donc pas forcément besoin de prendre de la hauteur. Cette hauteur de vol concerne également plusieurs espèces de rapaces (Faucon crécerelle, Buse variable, Busard Saint-Martin), d'oiseaux d'eau (Canard colvert) et de grands voiliers (Héron cendré).

Pour des contacts d'oiseaux évoluant à différentes hauteurs sur une même trajectoire, **la classe H2** (au niveau du rotor) la plus défavorable est prise en compte si celle-ci est utilisée au moins une fois. 12 observations se rapportent à cette hauteur. Au niveau des passereaux, il s'agit de l'Alouette des champs, ce qui est cohérent avec son vol chanté. Concernant les rapaces, il s'agit de la Buse variable et du Busard Saint-Martin, avec des vols de transit et des prises d'ascendances.

Enfin, aucune observation n'a été faite au-dessus du niveau des pales des éoliennes (**H3 et H4**).

Figure 67 : Graphique du nombre d'individus en fonction de la hauteur de vol en période nuptiale de 2018



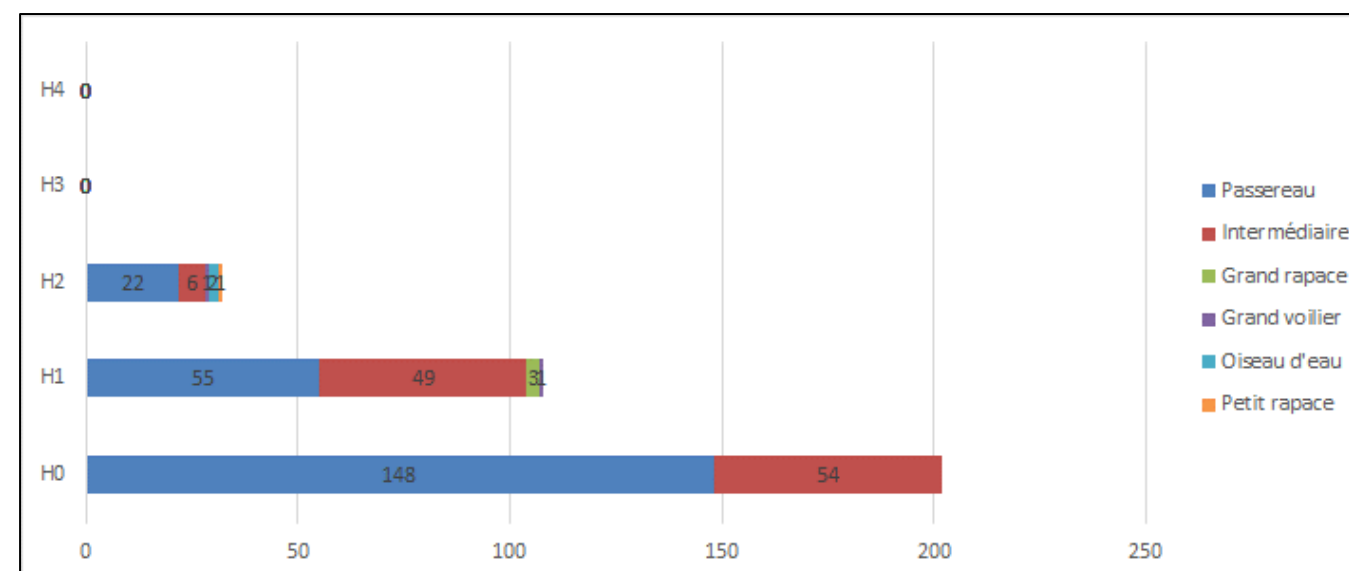
En 2019, 60 % des 342 oiseaux observés sont posés (**H0**). Comme en 2018, cela concerne uniquement les passereaux et les oiseaux de taille intermédiaire.

Au niveau des oiseaux observés à **hauteur de vol H1**, ce sont à nouveau des passereaux et des oiseaux de taille intermédiaire qui sont concernés, ainsi que plusieurs espèces de rapaces (Busard cendré, Buse variable, Busard Saint-Martin) et de grands voiliers (Héron cendré).

32 observations concernent la **hauteur de vol H2**. Au niveau des passereaux et des oiseaux de taille intermédiaire, il s'agit à nouveau de l'Alouette des champs, mais aussi de la Corneille noire et d'une observation de la Linotte mélodieuse. Concernant les rapaces, il s'agit de la Buse variable, du Faucon crécerelle et du Busard Saint-Martin. Le Héron cendré est toujours observé à hauteur H2, ainsi que le Canard colvert.

Enfin, comme en 2018, aucune observation n'a été faite au-dessus du niveau des pales des éoliennes (**H3 et H4**).

Figure 68 : Graphique du nombre d'individus en fonction de la hauteur de vol en période nuptiale de 2019



En 2020, sur les 507 observations, les oiseaux posés (**H0**) représentent plus de 65 % des effectifs. La majorité des oiseaux sont des passereaux et des oiseaux de taille intermédiaire.

Au niveau des oiseaux observés à **hauteur de vol H1**, ce sont à nouveau des passereaux et des oiseaux de taille intermédiaire qui sont concernés, ainsi que quelques espèces de rapaces (Buse variable, Faucon crécerelle, Busard cendré et Busard Saint-Martin).

40 observations concernent la **hauteur de vol H2**. Au niveau des passereaux et des oiseaux de taille intermédiaire, il s'agit à nouveau de l'Alouette des champs, mais aussi de la Corneille noire et de l'Édicnème criard. Cette hauteur de vol n'est pas la plus fréquente chez cette espèce, qui vole généralement à hauteur H1. Concernant les rapaces, il s'agit de la Buse variable, du Faucon crécerelle, du Faucon hobereau et du Milan noir. Le Grand Cormoran est également observé à cette hauteur de vol.

Comme les années précédentes, aucune observation n'a été faite au-dessus du niveau des pales des éoliennes (**H3 et H4**).

Figure 69 : Graphique du nombre d'individus en fonction de la hauteur de vol en période nuptiale de 2020

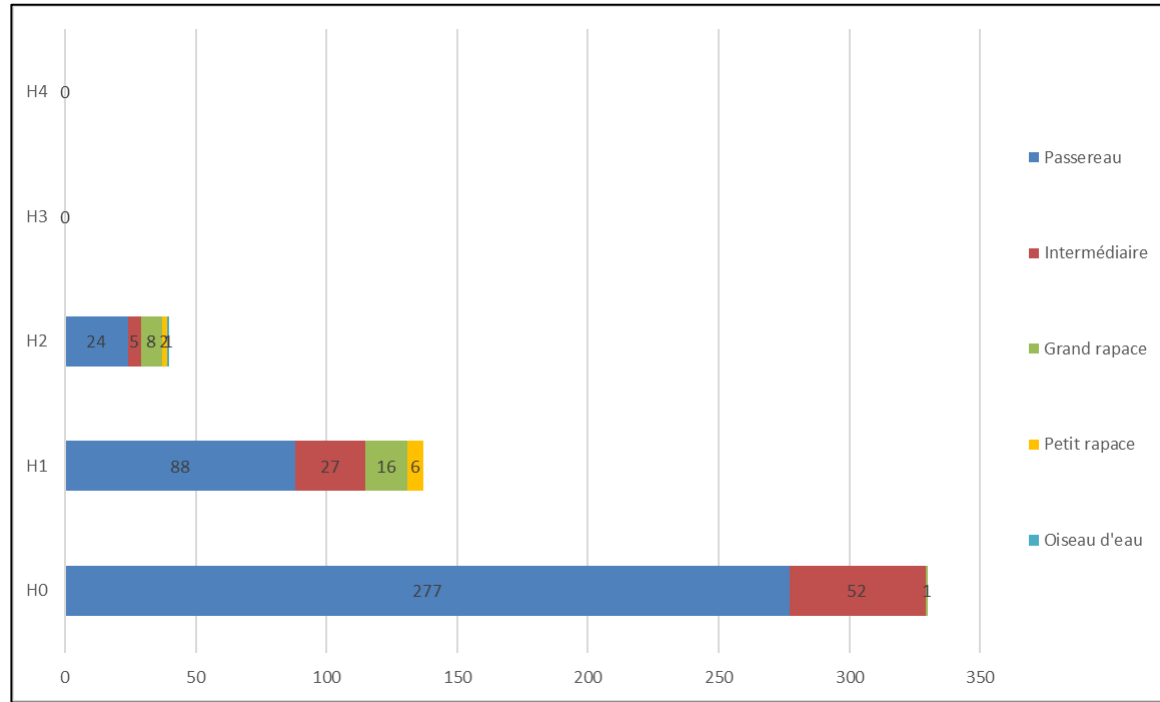
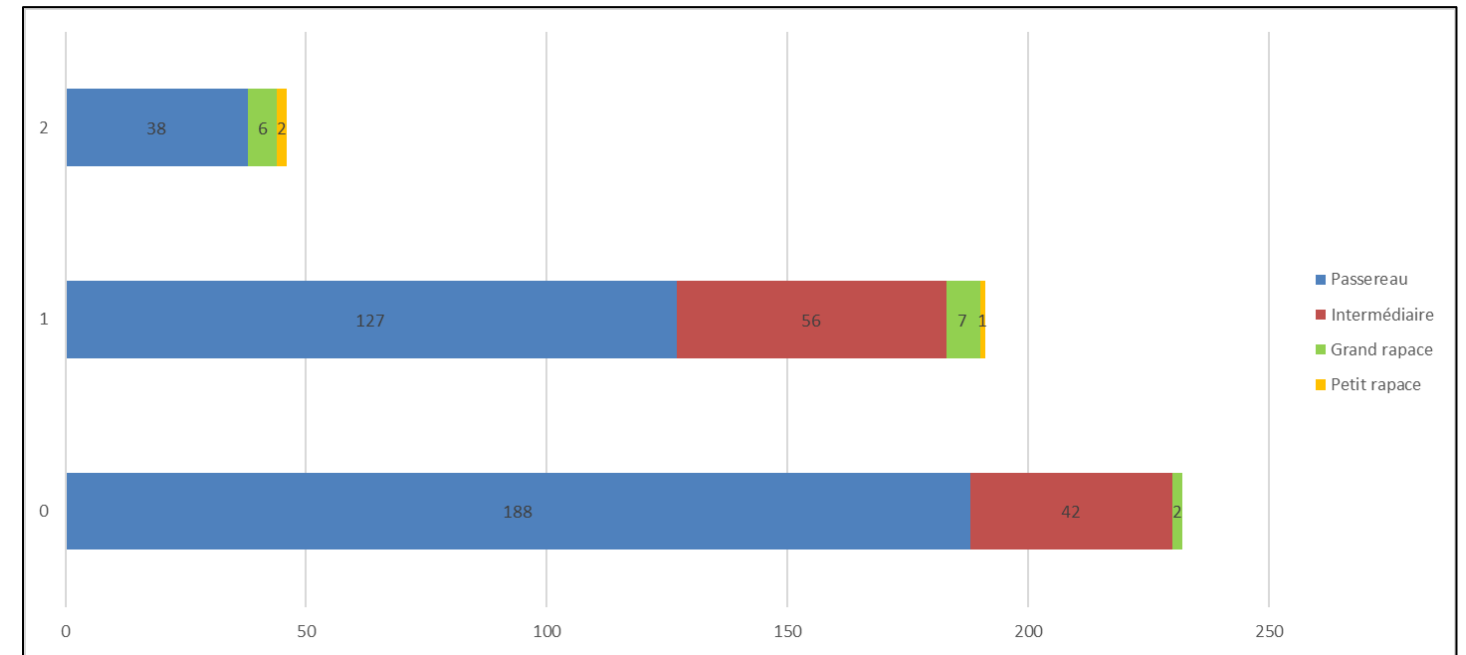


Figure 70 : Répartition du nombre d'individus par hauteur de vol en période nuptiale de 2021



Le tableau suivant montre une augmentation des vols à hauteur H2 au niveau du rotor des éoliennes, mais qui est aussi probablement liée à une augmentation de l'activité de l'avifaune.

Figure 71 : Tableau de la répartition du nombre d'individus en fonction de la hauteur de vol en période nuptiale sur 4 années de suivi entre 2018 et 2021

Hauteur de vol	Nombre d'observations par année			
	2018	2019	2020	2021
H0	282	202	330	232
H1	150	108	137	191
H2	12	32	40	46
H3	0	0	0	0
H4	0	0	0	0
Total	444	342	507	469

En 2021, sur les 469 observations, les oiseaux posés (**H0**) représentent 49,5 % des effectifs. La majorité des oiseaux sont à nouveau des passereaux et des oiseaux de taille intermédiaire.

Au niveau des oiseaux observés à hauteur de vol **H1**, ce sont des passereaux et des oiseaux de taille intermédiaire qui sont concernés, ainsi que quelques espèces de rapaces (Buse variable, Faucon crécerelle et Busard Saint-Martin), qui sont les mêmes que les années précédentes.

46 observations concernent la hauteur de vol **H2 (9,8 %)**. Au niveau des passereaux, il s'agit à nouveau de l'Alouette des champs. Concernant les rapaces, il s'agit de la Buse variable, et ponctuellement des autres espèces comme les busards et le Faucon crécerelle en phase de transit.

Comme les années précédentes, aucune observation n'a été faite au-dessus du niveau des pales des éoliennes (**H3 et H4**).

Concernant les rapaces, la Buse variable est la plus observée à cette hauteur de vol **H2** (12 individus entre 2018 et 2021, soit 44,4 %), alors que c'est plus ponctuelle pour les autres espèces. Cette hauteur de vol H2 est surtout utilisée pour des phases de transit ou de prises d'ascendances, comme au niveau de la ripisylve.

La hauteur de vol H1 est plus liée à des comportements de chasse sur les milieux ouverts du parc éolien.
 Les cartes suivantes permettent de visualiser la hauteur de vol des rapaces en 2020 et 2021.

Figure 72 : Carte des hauteurs de vol des rapaces en période nuptiale de 2020

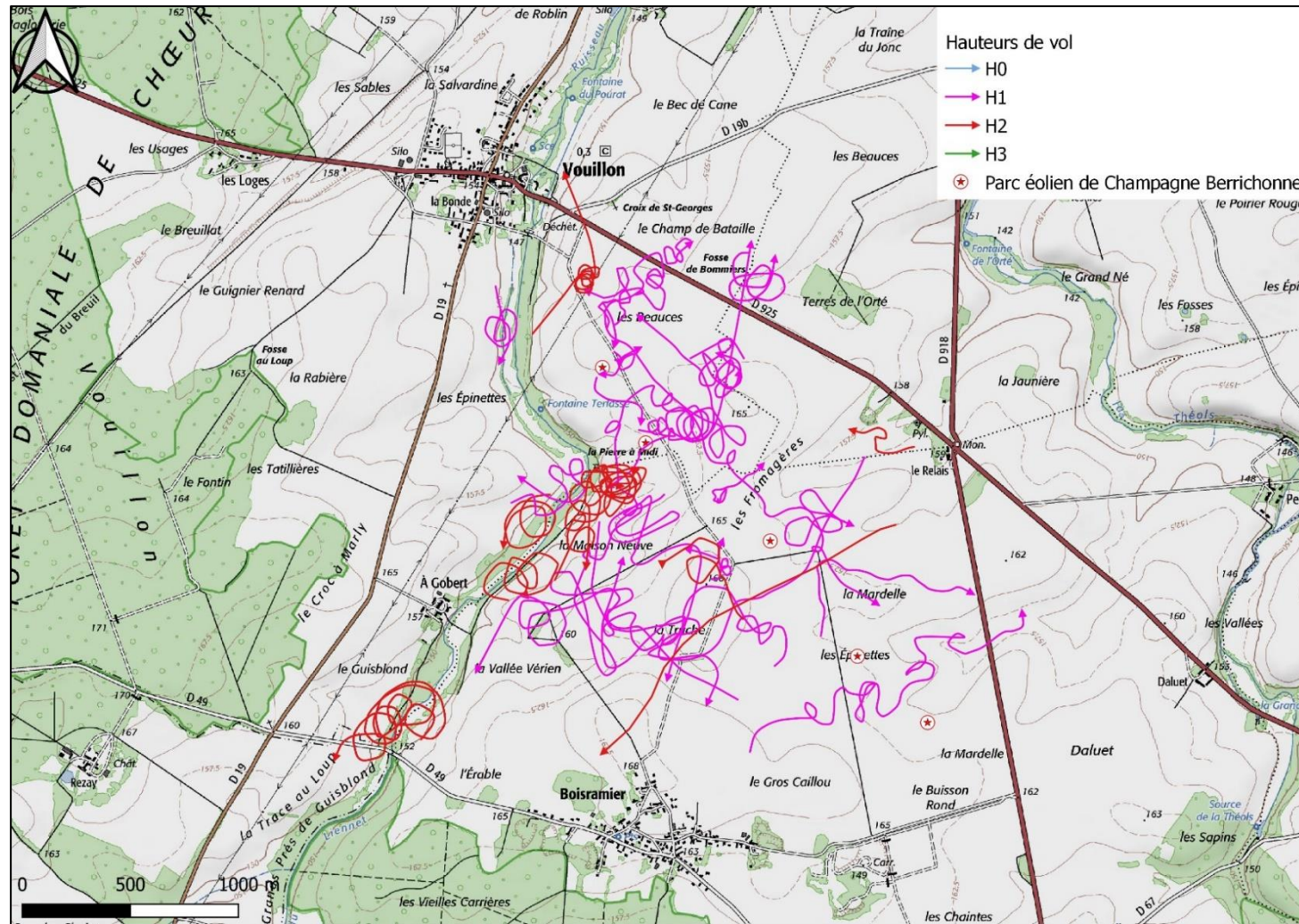
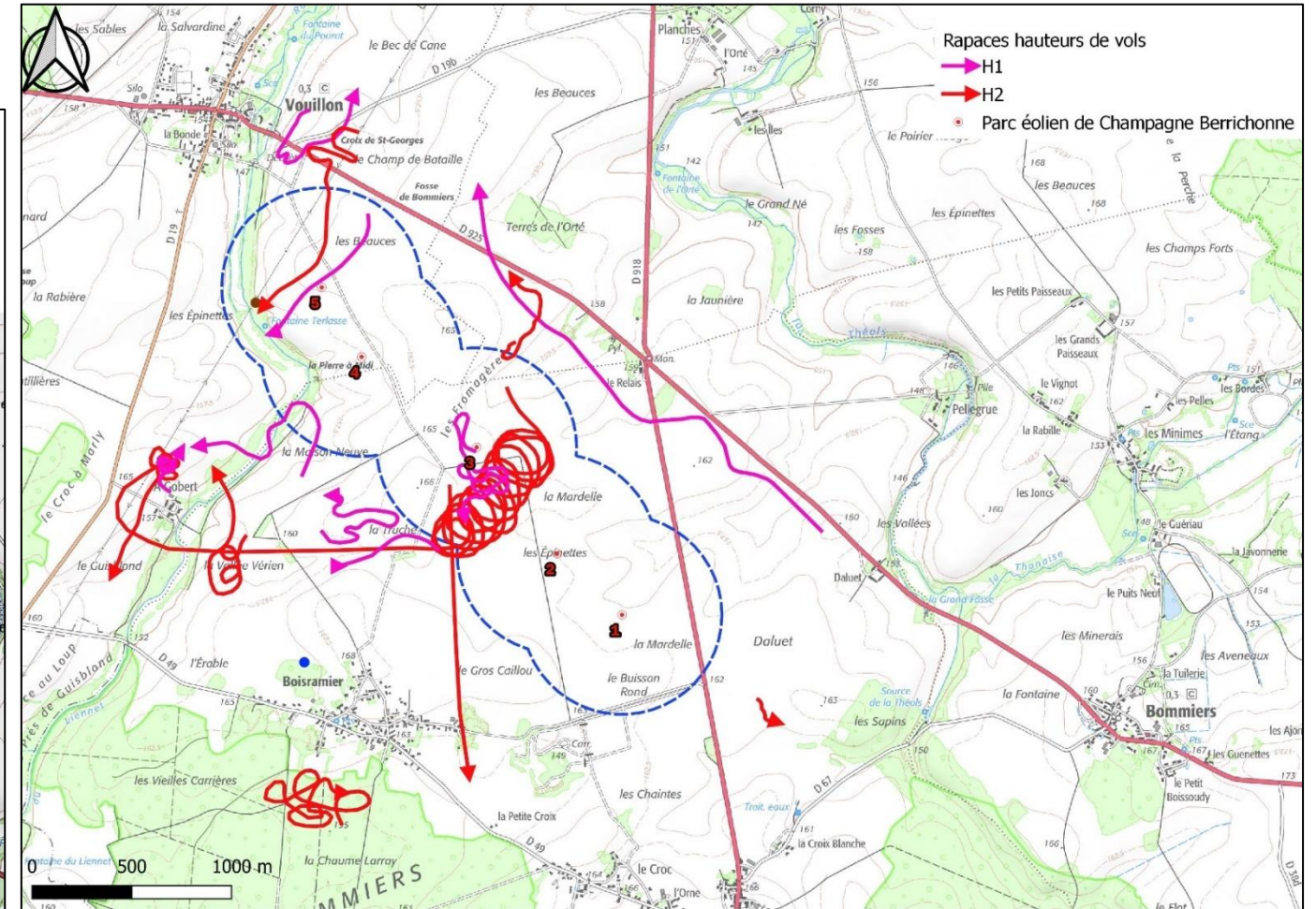


Figure 73 : Carte des hauteurs de vol des rapaces en période nuptiale de 2021



En 2022, sur les 596 individus observés, les oiseaux posés (H0) représentent 52,5 % des effectifs. La majorité des oiseaux sont des passereaux et des oiseaux de taille intermédiaire.

Au niveau des oiseaux observés à hauteur de vol H1 (43,3% des observations), ce sont des passereaux et des oiseaux de taille intermédiaire qui sont concernés, ainsi que quelques espèces de rapaces (Buse variable, Faucon crécerelle et Busard Saint-Martin), qui sont les mêmes que les années précédentes.

13 observations concernent la hauteur de vol H2 (2,2 %). Au niveau des passereaux, il s'agit à nouveau de l'Alouette des champs et de l'Etourneau sansonnet. Concernant les rapaces, il s'agit de la Buse variable, et ponctuellement des autres espèces comme le Busard saint-Martin et le Milan noir en prise d'ascendance ou lors de transits.

Comme les années précédentes, aucune observation n'a été faite au-dessus du niveau des pales des éoliennes (H3 et H4).

Figure 74 : Graphique du nombre d'individus en fonction de la hauteur de vol en période nuptiale de 2022

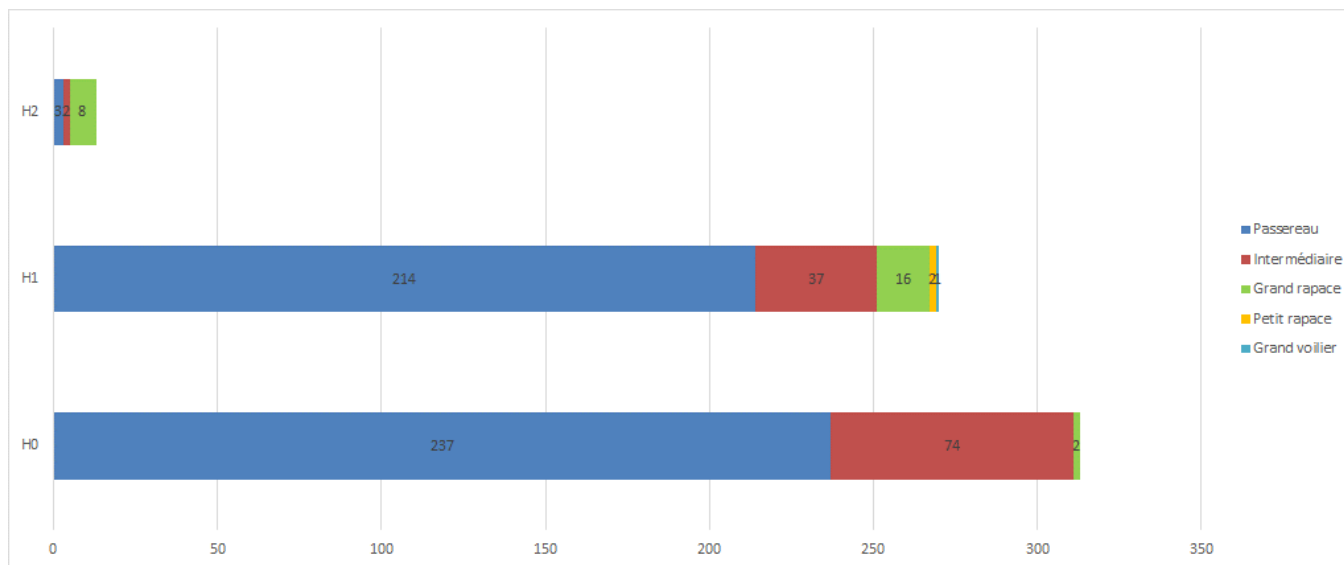


Figure 75 Carte des hauteurs de vol d'oiseaux en période nuptiale de 2022

Le tableau suivant montre une augmentation des vols à hauteur H2 au niveau du rotor des éoliennes, mais qui est aussi probablement liée à une augmentation de l'activité de l'avifaune et ce jusqu'à 2021. La fréquentation baisse en 2022, probablement dû à une campagne de suivi moins importante.

Figure 76 Tableau de la répartition du nombre d'individus en fonction de la hauteur de vol en période nuptiale sur 4 années de suivi entre 2018 et 2022

Hauteur de vol	Nombre d'observations par année				
	2018	2019	2020	2021	2022
H0	282	202	330	232	313
H1	150	108	137	191	270
H2	12	32	40	46	13
H3	0	0	0	0	0
H4	0	0	0	0	0
Total	444	342	507	469	596

Concernant les rapaces, la Buse variable est la plus observée à cette hauteur de vol H2 (12 individus entre 2018 et 2021, soit 44,4 %), alors que c'est plus ponctuel pour les autres espèces. Cette hauteur de vol H2 est surtout utilisée pour des phases de transit ou de prises d'ascendances, comme au niveau de la ripisylve.

4.4 Conclusions sur le suivi de l'activité de l'avifaune

D'une façon générale, les observations sont assez similaires entre l'état initial avant implantation de 2006 et les suivis post-implantation de 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022 avec :

- **48 espèces** d'oiseaux nicheurs contactées **avant et après implantation des éoliennes** ;
- **6 espèces** contactées **qu'avant implantation des éoliennes** ;
- **16 espèces** contactées **qu'après la mise en place des éoliennes**.

Les IPA montrent qu'il y a peu de changement au niveau de la diversité et de la densité des passereaux.

Les résultats des 5 années de suivi post-implantation montrent généralement que la présence d'éoliennes n'a pas engendré de dérangement ou de perte d'habitat. Certaines hypothèses de dérangement ont tout de même été relevées pour quelques espèces :

- il est possible que l'installation des éoliennes ait dérangé le **Busard cendré**, présent en 2006, mais absent en 2018, et avec un retour progressif de l'activité jusqu'à une reproduction certaine en 2020. Cette espèce aurait pu désertier le site lors de la mise en place du parc éolien en 2018, pour revenir chasser sur les milieux ouverts en 2019, mais avec une faible activité et enfin pour revenir se reproduire à environ 500 m des éoliennes en 2020. 3 ans après la mise en service du parc éolien, cette espèce ne montre plus d'effarouchement particulier. En revanche, la reproduction n'est pas confirmée en 2021 ni en 2022, avec une activité de l'espèce de nouveau faible. Cette espèce qui niche au sol et qui change de nid tous les ans, est aussi dépendante de l'assolement et des habitats. L'hypothèse du dérangement ponctuel de l'espèce semble réelle, mais le potentiel des habitats est également un facteur important à prendre en compte pour la localisation des zones de reproduction ;
- cette même hypothèse a été émise pour d'autres espèces de passereaux comme le **Chardonneret élégant**. En revanche, pour cette espèce peu farouche, il s'agit plus d'un potentiel d'habitats favorables qui a mis du temps à se développer au niveau du parc éolien après le chantier qu'un effet d'effarouchement ou de dérangement ;
- enfin, certaines espèces, même farouches, ont été observées qu'après la mise en place du parc éolien, comme le **Œdicnème criard**. L'absence de cette espèce en 2006 permet d'exclure l'hypothèse d'une perte d'habitat. Il s'agit plus probablement d'un potentiel d'habitats favorables qui a vu le jour qu'à partir de 2020 et d'une dynamique de population positive à l'échelle régionale

Finalement, mise à part pour le Busard cendré, qui est revenu se reproduire au niveau du parc éolien qu'en 2020, **le parc éolien de Champagne Berrichonne n'a pas engendré d'impact significatif sur le comportement de l'avifaune local.**

Le suivi de 2020 montre que l'activité des rapaces a été plus importante que les années précédentes, en particulier pour la Buse variable, le Busard Saint-Martin, le Busard cendré et le Faucon crécerelle. Des zones de pompes, des zones de chasses et une zone de reproduction ont été constatées.

Le suivi de 2021 et 2022 montre que la présence du Busard cendré n'est pas que dépendante des éoliennes et d'une certaine accoutumance, mais également de l'assolement et du potentiel des habitats pour se reproduire. L'activité de la Buse variable est surtout concentrée au niveau de la ripisylve, avec des comportements de transit au niveau du parc éolien. Concernant les passereaux et assimilés, comme l'Œdicnème criard, les constats sont similaires à 2020.

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

5.1 Objectifs du suivi de la mortalité

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

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

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

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

De façon plus générale, idéalement, les résultats du suivi de la mortalité doivent être analysés en parallèle des résultats d'activité des chauves-souris. Le tableau de synthèse général des données brutes de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux retrouvés lors du suivi 2022 est présenté en Annexe 3 page 157.

5.2 Méthodologie

5.2.1 Choix d'une méthode standardisée

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

- de faire l'économie de biais méthodologiques déjà expérimentés ailleurs, et d'aboutir sur des résultats pertinents et parfaitement exploitables dès le début de l'étude,
- d'éviter une modification trop importante du protocole d'une année sur l'autre pour permettre une analyse efficace de l'évolution des résultats dans le temps.

- d'être en mesure de comparer les résultats obtenus avec ceux d'autres suivis réalisés sous d'autres parcs éoliens et sur d'autres types de milieux (regards croisés).

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

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

5.2.2 Choix des périodes de suivis et fréquence des visites

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

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

Dans notre cas précis, il s'agissait d'un **suivi de la mortalité complémentaire** (conformément aux prescriptions données à l'issue du suivi post-implantation de 2021), **basé sur 32 visites réalisées entre début août et mi-novembre, soit 16 semaines suivies sur la base de 2 visites par semaine.**

L'effort de prospection est donc supérieur à ce qui est préconisé par le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres de 2018 : « le suivi de mortalité des oiseaux et chiroptères sera constitué au minimum de 20 prospections, réparties entre les semaines 20 et 43 (mi-mai à octobre), en fonction des risques identifiés dans l'étude d'impact, de la bibliographie et de la connaissance du site ».

Figure 77 : Calendrier des dates de visites effectuées lors du suivi de 2022

	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Activité "classique" des chauves souris	Transits et mises bas jusqu'à envol des jeunes			Comportements de swarming et transits d'automne			
Périodes à risque pour les espèces migratrices patrimoniales (Minioptère, Grande noctule, Sérotine bicolore, Pipistrelle de Nathusius...)	Mise bas	Envol jeunes	Transits migratoires d'automne (+ swarming)			Entrée hivern.	
Facteurs d'influence théoriques selon les années	Essaimages d'insectes + orages		Essaimages d'insectes + orages				
Activité "classique" des oiseaux	Nicheurs tardifs			Migrations automnales			Hivernants

	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Nombre de visites ciblées sur le suivi de la mortalité oiseaux et chauves souris			2	2	2	2	2
Réalisation des tests pour calcul des coefficients correcteurs du taux de mortalité (2 demi-jours en binome)			1			1	

5.2.3 Choix des éoliennes suivies

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

5.2.4 Organisation des parcours de prospection

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

Les carrés de prospection sont définis pour faire en sorte qu'une surface d'un rayon d'au moins 50 m autour des mâts des éoliennes soit couverte, correspondant au moins à la zone de survol des pales (pour des pales de 50 m). 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.

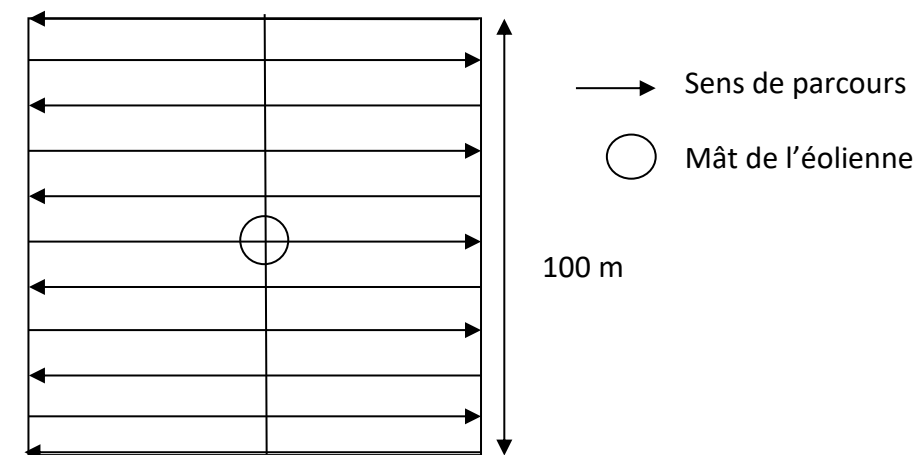
Les prospections doivent se faire en journée, lorsque la lumière naturelle est suffisante pour voir les éventuels cadavres et non rasante pour ne pas éblouir le chercheur.

La phase de prospection suit une méthodologie visant à limiter le risque de non découverte. Un parcours de prospection (transect) a donc été établi au cours de la première visite afin d'avoir autant que possible une pression de prospection égale pour chaque zone de prospection (en temps et en linéaire parcouru), et pour pouvoir faire des comparaisons pertinentes au sein du parc éolien. Ce sera d'autant plus facile

que les surfaces prospectables sont très homogènes d'une éolienne à l'autre. La recherche de cadavres sous les éoliennes se fait donc par transects parallèles plus ou moins espacés (2-3 m dans les zones moyennement ou difficilement prospectables, et 5 m ou plus dans les zones de gravier ou de végétation rase).

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

Figure 78 : Schéma représentatif du transect de prospection théorique

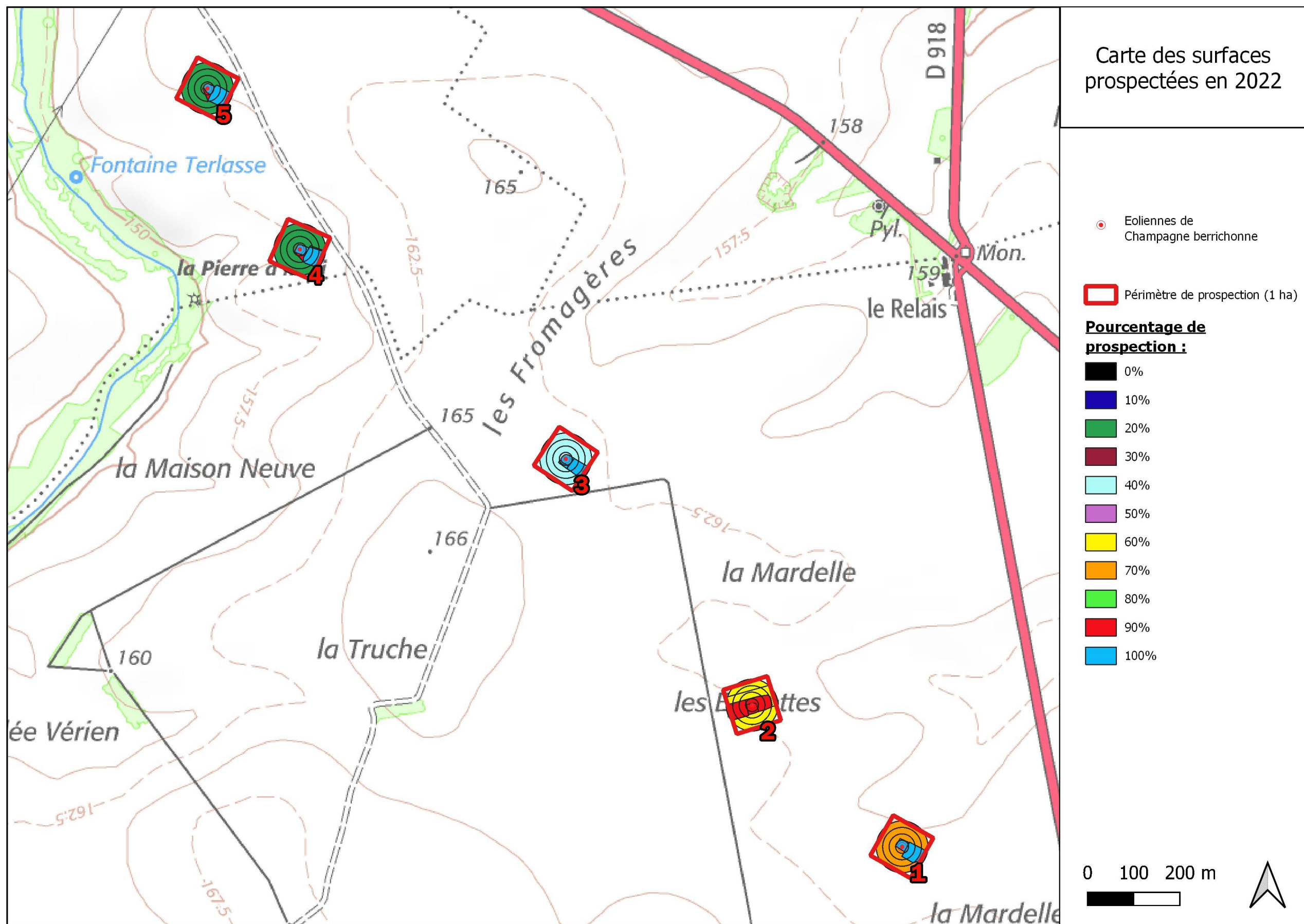


Tout au long de la période de suivi, nous avons noté la proportion (sous chaque éolienne suivie) des différents niveaux de difficulté de prospection. Ainsi, l'évolution de la hauteur de végétation sera prise en compte dans l'estimation des taux de mortalité.

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

Les surfaces prospectées au cours des suivis par rapport aux surfaces totales à prospecter sont aussi pris en compte dans le calcul du coefficient surfacique. La Figure 79 de la page suivante propose de visualiser les surfaces prospectées et celles non prospectées.

Figure 79 : Cartes de l'orientation des carrés et de la surface prospectée lors du suivi mortalité sous les éoliennes de Champagne berrichonne en 2022



5.2.5 Recueil des données et destination des cadavres

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

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

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

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

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

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

La fiche type de saisie de données de terrain est présentée en Annexe 1 de la page 140.

Figure 80 : Clichés des principaux critères utilisés pour la détermination des chauves-souris



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

Comme le protocole d'étude était basé en 2022 sur 2 visites par semaine, 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 3-4 jours (2 visites par semaine),
- parfois plus pour les cadavres qui n'auraient été trouvés qu'après plusieurs passages des équipes de chercheurs.

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

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

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

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

Figure 81 : Cliché d'exemple d'enfouissement d'une Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) par un couple de Nécrophore chasseur (*Nicrophorus investigator*), sous un autre parc



5.2.6 Détermination des coefficients correcteurs

5.2.6.1 Organisation générale

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

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

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

En 2022, deux tests ont été menés le 8 août et 26 septembre pour le taux de détection et le taux de persistance.

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

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

Deux tests de détection sont effectués au cours du suivi de la mortalité, répartis sur des saisons différentes. Ces derniers sont faits grâce à des peluches de taille et de couleur différente afin de mimer des cadavres de chauves-souris et d'oiseaux. Les peluches souris miment les chauves-souris, les peluches oiseaux (petite autruche et moineaux) miment les passereaux et les peluches de grande taille (type rapace) miment les rapaces (cf. Figure 82). Autrement dit, les coefficients correcteurs utilisés pour calculer le taux de mortalité des chiroptères se baseront sur les résultats de test liés aux souris. Pour les oiseaux, ils se baseront sur les résultats de test liés aux petites peluches d'oiseaux (type passereaux) et ceux liés aux plus grands oiseaux (type rapace). Au total et pour chaque test de détection, 10 peluches souris, 7 peluches oiseaux et 3 gros gabarits de peluches oiseaux sont dispersés (soit un total de 10 peluches pour mimer les chauves-souris et 10 peluches pour mimer les oiseaux). Les résultats de ces différents tests seront développés plus bas.

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

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

Les peluches doivent être dispersées 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 82 : Clichés des peluches utilisées pour la réalisation des tests de détection (sur un autre site)



Figure 83 : 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).

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

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

2 tests sont effectués au cours de la période de suivi. Environ 10 cadavres-tests sont disposés sous les éoliennes, pour chaque test. Ce choix se justifie par la nécessité d'avoir assez de données pour avoir une idée précise du taux de prédation sur le site.

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

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

Afin d'être plus représentatif et afin d'éviter l'effet selon lequel un seul prédateur pourrait prélever l'ensemble des cadavres déposés sous une seule éolienne, les cadavres ont été dispersés sous l'ensemble du parc pour tester cette persistance en fin de test d'efficacité du chercheur. Pas plus de 3 cadavres tests sont disposés sous la même éolienne.

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

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

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

5.2.7 Estimation du taux de mortalité

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

Néanmoins pour l'analyse des résultats, la formule de Winkelmann paraît moins adaptée que d'autres développées plus récemment au niveau international dans le cadre de suivis de la mortalité sous des parcs éoliens (HUSO, JONES, ERICKSON...), puisque cette formule surestime le taux de mortalité. Les résultats seront donc présentés pour chacune des 5 formules disponibles à ce jour à notre connaissance.

4 à 5 formules sont proposées par la littérature spécialisée pour permettre d'estimer, au regard des découvertes de cadavres et des résultats de coefficients correcteurs, la mortalité que le parc aura pu générer par éolienne et par an. Les différentes formules que nous utilisons sont les suivantes : Winkelmann, Erickson, Huso et Jones. Mais devant les nombreux biais à prendre en compte dans le cadre d'un exercice d'estimation d'une mortalité annuelle, sans vouloir préjuger de la pertinence mathématique de chaque formule, et pour faciliter des comparaisons pertinentes et objectives entre les résultats avec d'autres résultats de suivis des mortalités menés sur d'autres parcs éoliens, nous présenterons les résultats obtenus avec chacune des formules. Nous proposerons également une moyenne entre ces formules qui sera la base de la comparaison interannuelle des résultats.

5.2.7.1 Les formules utilisées

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

- le taux de persistance d'un cadavre (c'est-à-dire la probabilité que l'observateur trouve le cadavre après un laps de temps donné),
 - l'efficacité de l'observateur (c'est-à-dire la probabilité qu'un cadavre tombé sur le sol sans être prédaté soit découvert par l'observateur).
- Winkelmann (LPO 2005)

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

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

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

C : Le nombre de cadavres comptés,

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

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

a : Coefficient de correction surfacique.

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

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

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

- Erickson (2000)

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

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

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

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

C : Le nombre de cadavres comptés,

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

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

a : Coefficient de correction surfacique.

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

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

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

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

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

C : Le nombre de cadavres comptés,

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

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

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

a : Coefficient de correction surfacique.

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

- Jones (2009)

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

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

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

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

D'où :

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

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

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

C : Le nombre de cadavres comptés,

a : Coefficient de correction surfacique,

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

\hat{I} : Intervalle effectif,

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

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

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

D'où :

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

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

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

C : Le nombre de cadavres effectivement découverts,

a : Coefficient de correction surfacique,

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

\hat{I} : Intervalle effectif,

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

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

t_m : 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.

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

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

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

- Le taux de détection est toujours issu d'une pondération entre les taux de détection sur chacun des types de végétation et le pourcentage de prospection de ces types de végétation selon la période considérée.
- Les paramètres p et tm sont aussi issu d'une pondération entre le calcul de ces mêmes paramètres selon le type de végétation et le pourcentage de prospection de ces types de végétation selon la période considérée.

5.2.7.2 EolApp (Besnard et Bernard, 2018)

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

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

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

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

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

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

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

5.2.8 Evaluation des impacts du parc éolien de Champagne berrichonne

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 86).

Le risque d'occurrence de la mortalité est défini sur la base du croisement entre la sensibilité de l'espèce à l'éolien (définie elle-même sur la liste de T. DÜRR 2022) et le nombre de mortalités retrouvées au cours du suivi (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Figure 84 : 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
Nombre de Mortalité	1	Très faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré
	2	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré
	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	Modéré à fort
	5	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort
	6	Modéré	Modéré	Modéré à fort	Modéré à fort	Fort	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

Figure 85 : Grille de calcul pour la définition du niveau d'impact théorique (Patrimonialité*Risque d'occurrence)

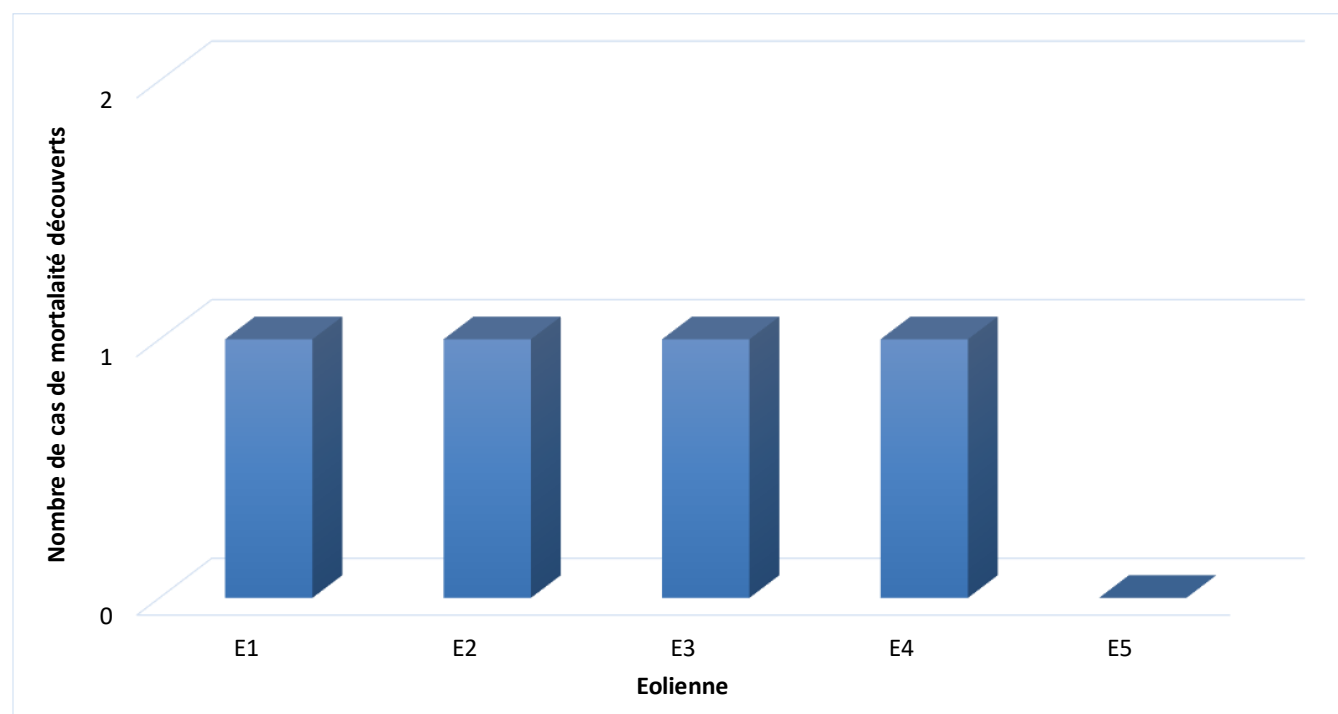
		Patrimonialité								
		Très faible	Faible	Faible à modéré	Modéré	Modéré à fort	Fort	Fort	Très fort	
Occurrence du risque de mortalité	Très faible	Très faible	Très faible	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible à modéré	Modéré	Modéré	Modéré à fort
	Faible	Très faible	Faible	Faible	Faible à modéré	Faible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

5.3 Bilan de la mortalité des chauves-souris

5.3.1 Bilan des mortalités par éolienne

4 chauves-souris ont été retrouvées sous les éoliennes du parc de Champagne Berrichonne au cours de la campagne de suivi menée entre le 1^{er} août et le 18 novembre 2022. Pour 32 visites de recherches réalisées au cours de cette période de 3,5 mois, cela représente une moyenne de 1,14 chauve-souris découverte par mois pour l'ensemble du parc (soit 5 éoliennes).

Figure 86 : Bilan des mortalités de chauves-souris constatées en 2022 et répartition par éolienne

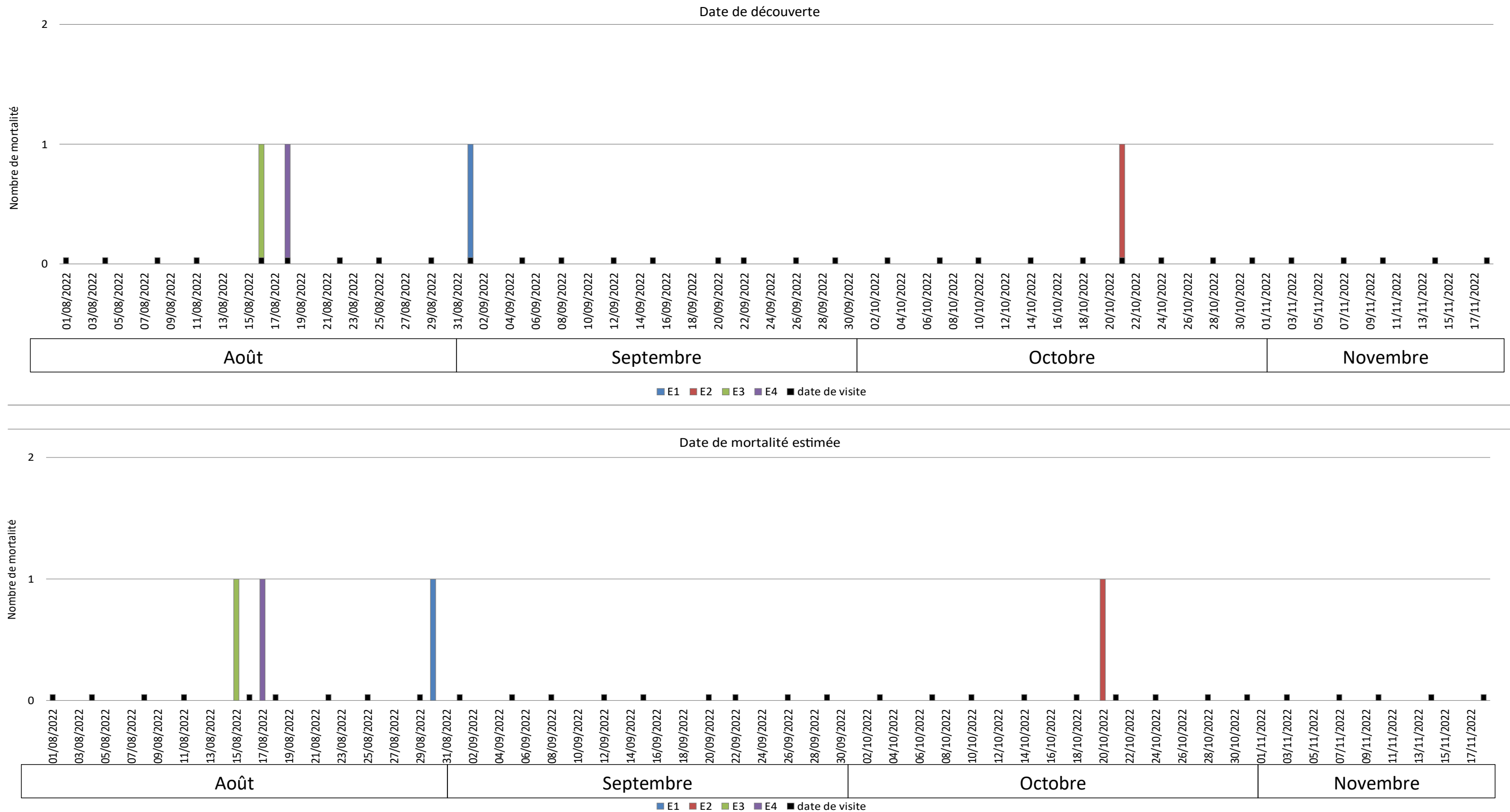


La figure ci-dessus permet de constater que seule l'éolienne E5 n'a été à l'origine d'une mortalité durant le suivi. Les autres éoliennes se caractérisent par une mortalité brute chacune.

5.3.2 Chronologies constatées et corrigées des mortalités de chauves-souris

Le premier graphique de la figure ci-dessous représente la chronologie des découvertes de cadavres de chauves-souris sur l'ensemble du parc éolien en 2022. Le second représente la chronologie des cadavres découverts en fonction de la date de mortalité estimée et par éolienne.

Figure 87 : Chronologie des mortalités de chauves-souris (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne en 2022

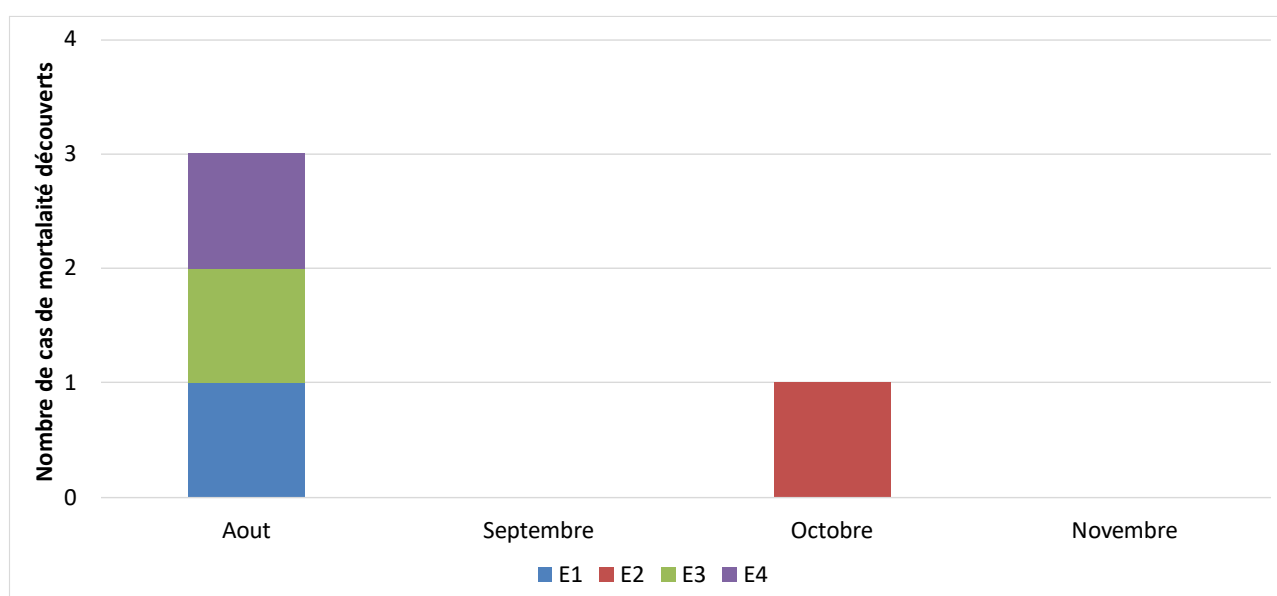


En ce qui concerne les rapports entre chronologie des mortalités et les éoliennes, nous relevons une légère concentration des mortalités avec 2 cas relevés à 2 jours d'intervalle sous l'éolienne E3 et E4 (le 15 et le 17 août 2022). Les 2 autres cas de mortalité sont plus espacés dans le temps.

L'analyse fine des données acoustique pourra nous renseigner sur l'activité relevée en hauteur liée ou non à ces mortalités. Nous analyserons par la suite à quelle phénologie du cycle biologique des espèces correspondent ces périodes de mortalités et dans quelles conditions météorologiques générales elles ont pu avoir lieu.

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

Figure 88 : Chronologie des mortalités de chauves-souris estimées (corrigées) par mois en 2022



5.3.3 Typologie des cadavres découverts

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

Les espèces impactées en 2022 furent la Pipistrelle commune et la Noctule commune.

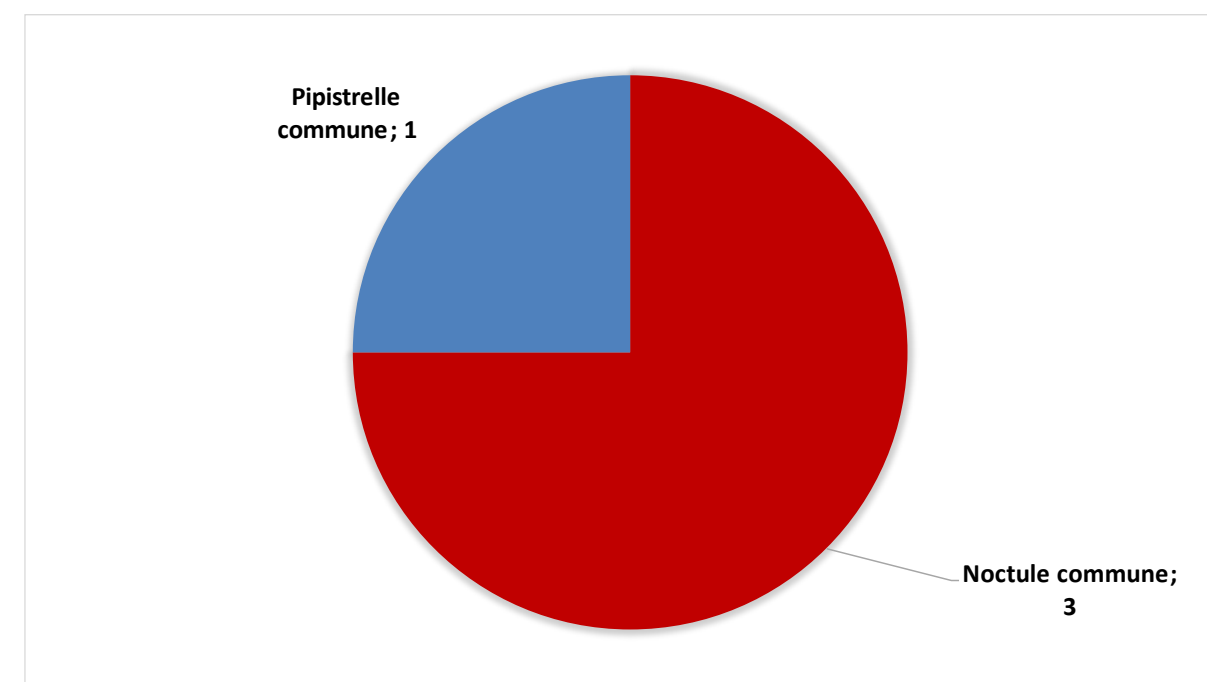
Le tableau ci-dessous présente les statuts de protection et de conservation des espèces retrouvées sous les éoliennes.

Figure 89 : Tableau représentant les statuts de protection et de conservation des espèces de chauves-souris retrouvées sous les éoliennes

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

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

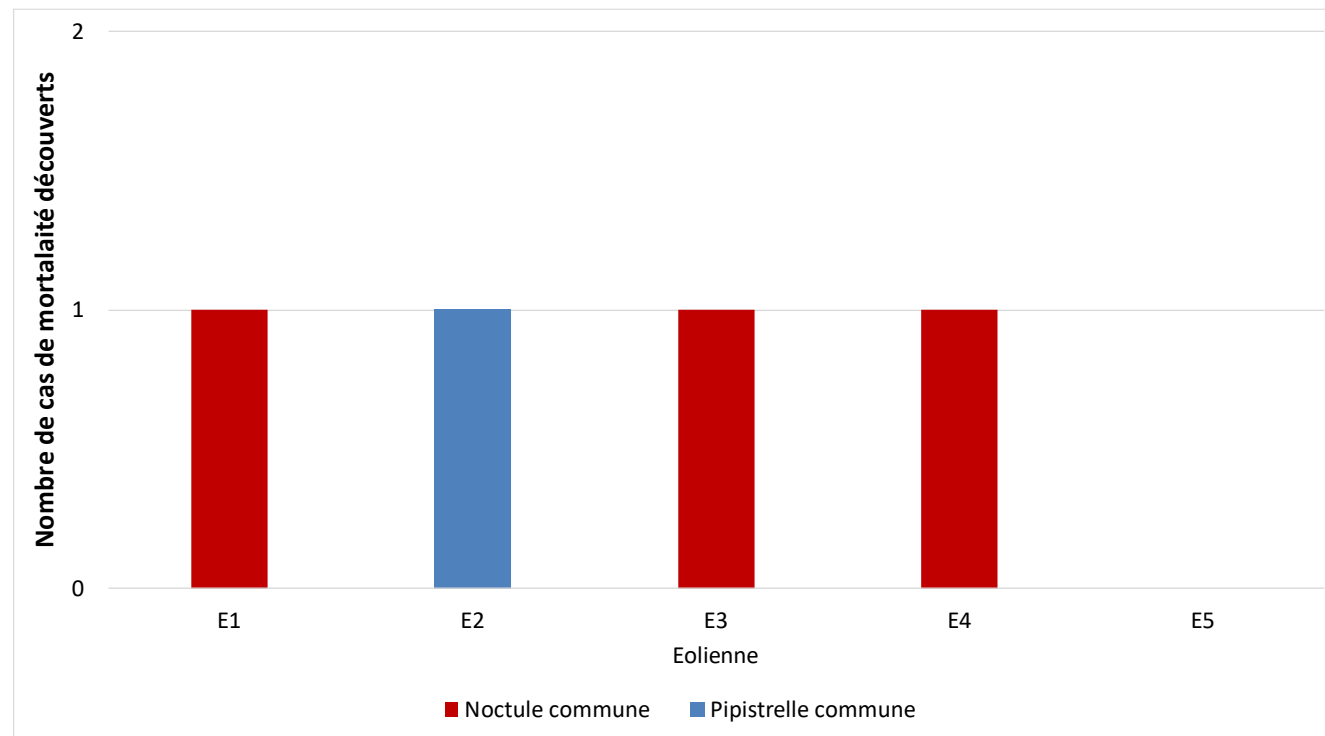
Figure 90 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèce (effectifs constatés) en 2022



5.3.4 Relation espèce / éolienne et type de vol / éolienne

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

Figure 91 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2022

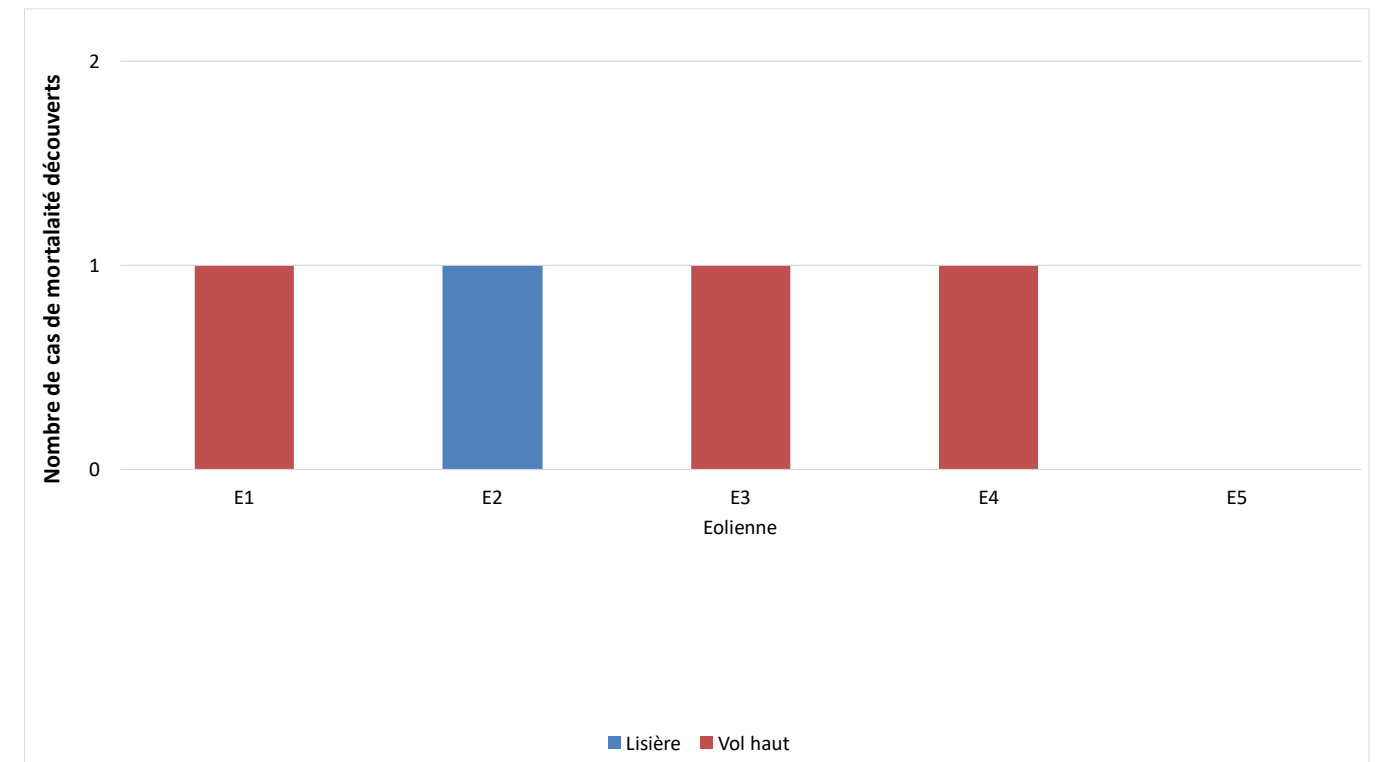


Le graphique précédent semble montrer une homogénéité des mortalités sur le parc puisque qu’ hormis l’éolienne E5, les 4 autres éoliennes ont été responsables de la mortalité d’un chiroptère durant le suivi. Trois noctules communes ont été retrouvées sous E1, E3 et E4 et une Pipistrelle commune a été retrouvée sous E2.

Le graphique suivant représente, pour chaque cas de mortalité, le type de vol de l’espèce concernée, de manière à y rechercher l’expression de certaines explications phénologiques (migration, dispersion des jeunes...) ou comportementales (chasse en groupe, comportements sociaux...) par éolienne. On considère ainsi que les pipistrelles sont des espèces de lisières et les noctules, des espèces de vol haut.

Le graphique montre que le parc impacte principalement des espèces de vol haut.

Figure 92 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2022 en fonction du type de vol



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

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

Deux types de mortalité peuvent être définie :

- La mortalité dite « régulière » correspond à une mortalité étalée sur la période de suivi et qui apparait par hasard due à une activité régulière (mais très faible) des chiroptères en hauteur,
- Les pics de mortalité sont, quant à eux, brefs dans le temps et correspondent à plusieurs cas de mortalité consécutifs. Il s'agit d'une forte mortalité très ponctuelle qui est due à plusieurs facteurs météorologiques dont la durée dans le temps ne dépasse pas quelques minutes ou

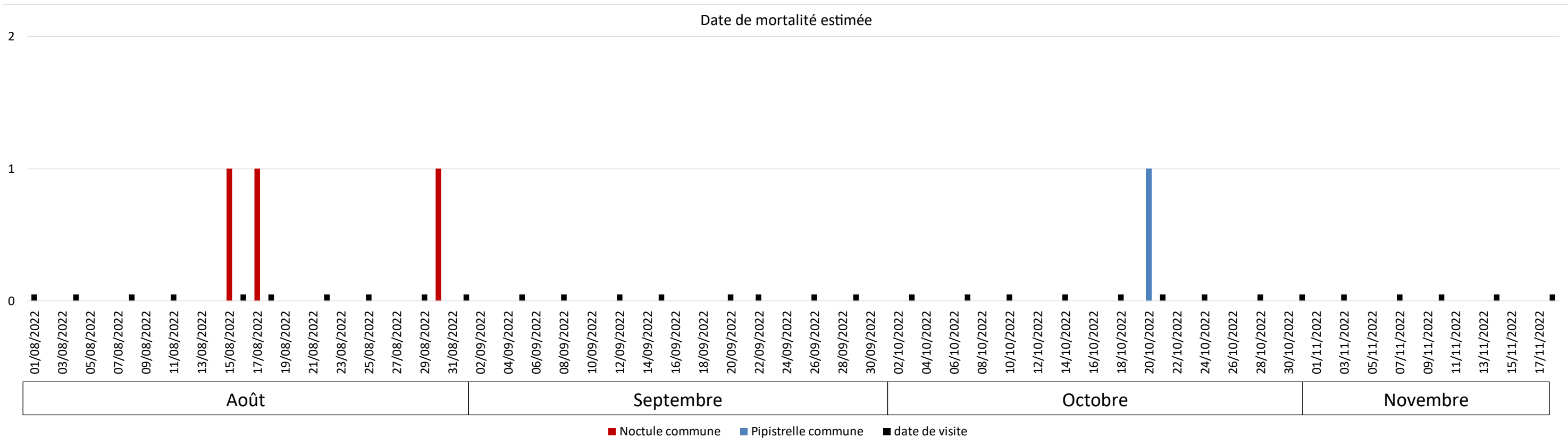
quelques heures et qui augmente le risque de mortalité pour les chiroptères (conditions orageuses, essaimages d'insectes...).

Sur le suivi de 2022, un pic de mortalité est noté en août avec 2 cas de mortalité de noctules relevés à quelques jours d'intervalle. Cette période correspond habituellement à la fin de la période de mise-bas et d'élevage des jeunes et au début de la période de transit automnal des chiroptères. Un autre cas de mortalité de Noctule commune a été retrouvé 15 jours plus tard, correspondant à la même période de cycle biologique.

Un autre cas de mortalité est relevé mais il est plus espacé dans le temps et correspond à une mortalité dite « régulière ».

Pour la Pipistrelle commune, considérée comme une espèce sédentaire, la piste de comportements de chasse est plutôt privilégiée pour expliquer ce cas de mortalité.

Figure 93 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèce (effectifs constatés) en 2022



5.3.6 Interprétation par espèce

➤ **Noctule commune (3 cas de mortalités)**

3 cadavres Noctules communes (*Nyctalus noctula*) ont été découverts le 15, le 18 août et le 1^{er} septembre 2022 sous E3, E4 et E1.

C'est une espèce protégée en France, inscrite sur l'annexe 2 de la convention de Berne. Elle est classée vulnérable en France et dans la région Centre Val de Loire.

Espèce de dite de haut vol, elle fréquente très régulièrement le plein ciel. Ces cas de mortalité sont intervenus en période d'élevage des jeunes et en période de déplacements automnaux.

Figure 94 : Clichés des noctules communes découvertes le 18 août sous l'éolienne E4 et le 1^{er} septembre 2022 sous l'éolienne E1

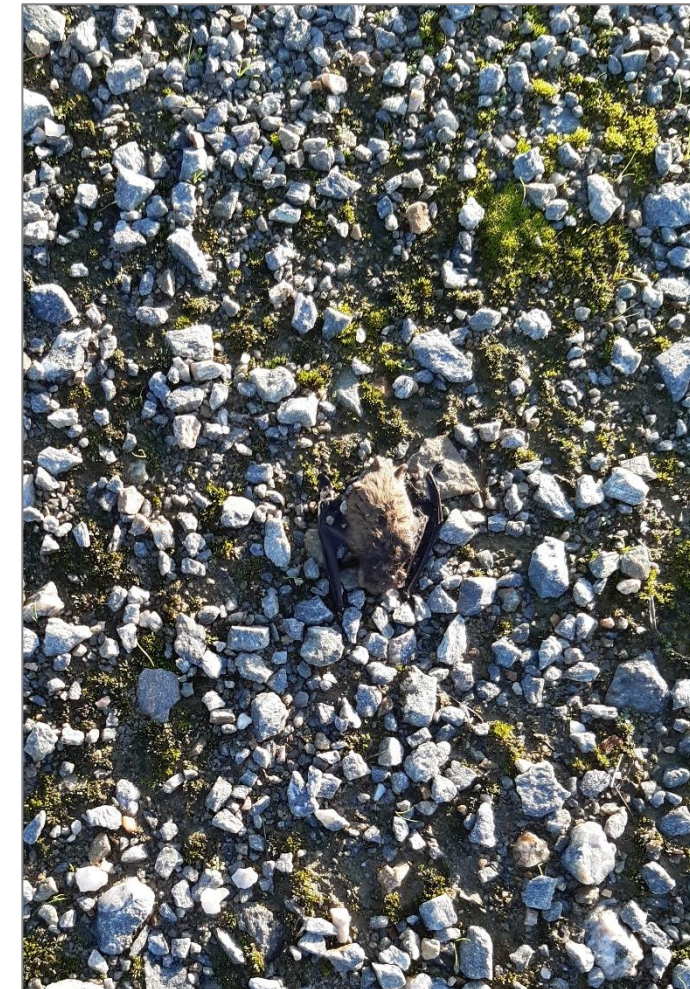


1 cadavre de Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) a été découvert le 21 octobre 2022 sous l'éolienne E2

Espèce considérée comme sédentaire à cette période de l'année, il peut aussi bien s'agir de mortalités liées à un comportement de chasse/transit, qu'à un comportement social.

C'est une espèce protégée en France et inscrite à l'annexe 2 de la convention de Berne ; elle est classée comme espèce Quasi-menacée en France et en région Centre Val de Loire.

Figure 95 : Cliché de la Pipistrelle commune découverte le 21 octobre sous l'éolienne E2



➤ **Pipistrelle commune (1 cas de mortalité)**

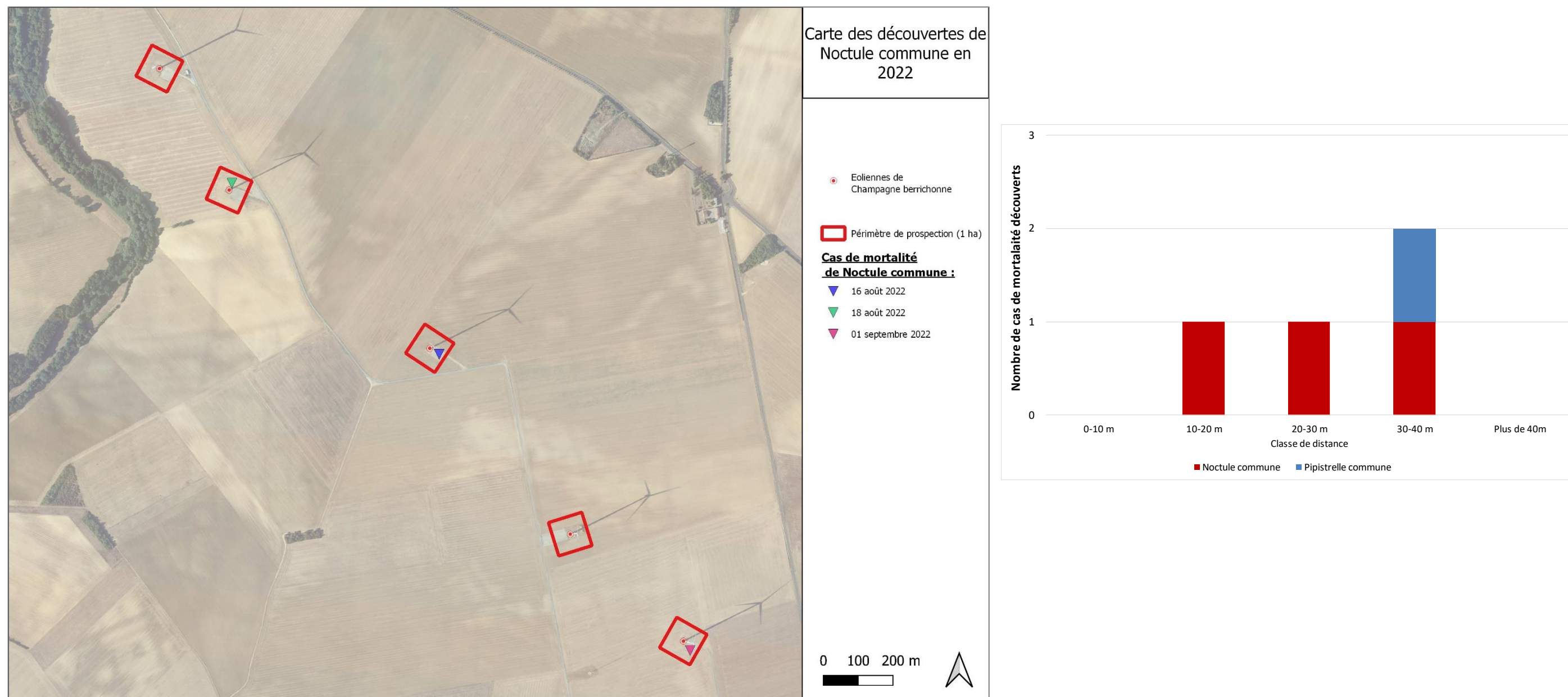
5.3.7 Dispersion des cadavres sous les éoliennes

L'expérience montre que la précision de la distance de dispersion des cadavres vis-à-vis des mâts des éoliennes peut permettre de préciser la nature des causes de mortalité.

Lors du suivi de 2022, le graphique ci-dessous témoigne d'une dispersion assez homogène selon les différentes classes de distance. Aucune problématique particulière ne semble se dessiner. De même, en se focalisant sur le lieu de découverte des noctules communes, celui-ci ne permet pas non plus de mettre

en évidence une problématique particulière. Ces derniers ont été relevés par différentes directions au mât, pour des éoliennes plus ou moins proches de la ripisylve à l'ouest, etc.

Figure 96 : Graphique de répartition des cadavres de Noctule commune en 2022 par classe de distances vis-à-vis du mât de l'éolienne



5.3.8 Taux de mortalité des chauves-souris

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

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

4 niveaux de difficulté de prospection ont donc été créés :

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

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

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

Trois périodes ont été créées pour prendre en compte l'évolution de la hauteur de végétation au cours de la période de suivi.

Figure 97 : Tableau récapitulatif des proportions (%) de chaque niveau de difficulté de prospection parmi les secteurs prospectables et de la mortalité constatée pour chaque visite (en fin de tableau : moyenne des proportions de chaque niveau de difficulté de prospection sur la période de suivi)

Date des visites	Période	Végétation			Mortalité chauves-souris
		Type 1	Type 2	Type 3	
1-août	Période 1	13,98	82,41	3,61	
4-août	Période 1	17,35	78,31	4,34	
8-août	Période 1	15,56	81,90	2,54	
11-août	Période 1	32,68	7,84	59,48	
16-août	Période 1	0,00	91,30	8,70	1
18-août	Période 1	15,18	83,86	0,96	1
22-août	Période 1	14,50	85,00	0,50	
25-août	Période 1	18,91	77,73	3,36	
29-août	Période 2	34,43	63,93	1,64	
01-sept	Période 2	14,65	62,56	22,79	1
05-sept	Période 2	34,05	8,11	57,84	
08-sept	Période 2	24,90	29,64	45,45	
12-sept	Période 2	18,64	75,44	5,92	
15-sept	Période 2	20,12	77,51	2,37	
20-sept	Période 2	64,50	11,54	23,96	
22-sept	Période 2	18,64	29,59	51,78	
26-sept	Période 2	18,64	80,77	0,59	
29-sept	Période 2	20,12	78,99	0,89	
03-oct	Période 2	23,51	75,00	1,49	
07-oct	Période 2	25,44	73,37	1,18	
10-oct	Période 2	15,68	81,66	2,66	
14-oct	Période 3	67,98	31,62	0,40	
18-oct	Période 3	24,90	73,91	1,19	
21-oct	Période 3	24,90	73,91	1,19	1
24-oct	Période 3	26,14	71,24	2,61	
28-oct	Période 3	39,22	59,80	0,98	
31-oct	Période 3	75,49	24,51	0,00	
03-nov	Période 3	80,63	19,37	0,00	
07-nov	Période 3	61,76	38,24	0,00	
10-nov	Période 3	66,67	33,33	0,00	
14-nov	Période 3	61,76	38,24	0,00	
18-nov	Période 3	28,34	71,66	0,00	
Moyenne		31,85	58,51	9,64	4,00
Période 1		16,02	73,55	10,44	2,00
Période 2		25,64	57,55	16,81	1,00
Période 3		50,71	48,71	0,58	1,00

5.3.8.2 Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules)

En 2022, deux tests ont été menés le 8 août et 26 septembre pour le taux de détection et le taux de persistance.

Taux de détection

Figure 98 : 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	7	0,37
Type 1	Moyenne	Moyenne	6	3	0,50
Type 2	Moyenne	Moyenne	8	3	0,38
Type 3	Moyenne	Moyenne	5	1	0,20
Moyen	E2	08/08/2022	9	3	
Type 1	E2	08/08/2022	3	1	
Type 2	E2	08/08/2022	4	2	
Type 3	E2	08/08/2022	2	0	
Moyen	E2	26/09/2022	10	4	
Type 1	E2	26/09/2022	3	2	
Type 2	E2	26/09/2022	4	1	
Type 3	E2	26/09/2022	3	1	

	d	Pourcentage de prospection		
		Type 1	Type 2	Type 3
Moyenne	0,40	31,85	58,51	9,64
Période 1	0,38	16,02	73,55	10,44
Période 2	0,38	25,64	57,55	16,81
Période 3	0,44	50,71	48,71	0,58

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

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

Le taux de détection étant logiquement lié à la hauteur de végétation, et de façon plus générale à la difficulté de prospection, nous avons pondéré les calculs en fonction de ces 3 niveaux de difficulté vus précédemment.

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

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

$$d = 0,50 * (31,85/100) + 0,38 * (58,51/100) + 0,20 * (9,64/100) = 0,37$$

Autrement dit, 37% des peluches dispersées ont été retrouvées.

Rappelons qu'au niveau de ces calculs relatifs aux chauves-souris, ne sont utilisés que les résultats obtenus à partir des peluches-test de petite taille (souris). Ceux obtenus à partir des cadavres de plus grande taille seront utilisés pour les calculs relatifs à la mortalité des oiseaux.

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

Taux de persistance

Figure 99 : Tableau des résultats des tests de persistance ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance

Type végétation	Eolienne	Date test	Dépôt	Nombre de jours après dépôt					Tm	p_moy en	p_péριο de 1	p_péριο de 2	p_péριο de 3
				1	3	7	8	11					
Moyen		Moyenne	30	22	12	1	1	0	1,70	0,35	0,35	0,35	0,35
Type 1		Moyenne	10	7	5	0	0	0	1,70	0,44	0,44	0,43	0,44
Type 2		Moyenne	10	8	3	0	0	0	1,40	0,26	0,26	0,26	0,26
Type 3		Moyenne	10	7	4	1	1	0	2,00	0,36	0,36	0,36	0,36
Moyen	Toutes	08/08/2022	15	9	4	0	0	0					
Type 1	Toutes	08/08/2022	5	2	2	0	0	0					
Type 2	Toutes	08/08/2022	5	4	1	0	0	0					
Type 3	Toutes	08/08/2022	5	3	1	0	0	0					
Moyen	Toutes	26/09/2022	15	13	8	1	1	0					
Type 1	Toutes	26/09/2022	5	5	3	0	0	0					
Type 2	Toutes	26/09/2022	5	4	2	0	0	0					
Type 3	Toutes	26/09/2022	5	4	3	1	1	0					

	Tm	p	Pourcentage de prospection		
			Type 1	Type 2	Type 3
Moyenne	1,70	0,35			
Période 1	1,51	0,30	16,02	73,55	10,44
Période 2	1,58	0,32	25,64	57,55	16,81
Période 3	1,56	0,35	50,71	48,71	0,58

Paramètre p (formules de Winckelmann + Erickson adaptée)

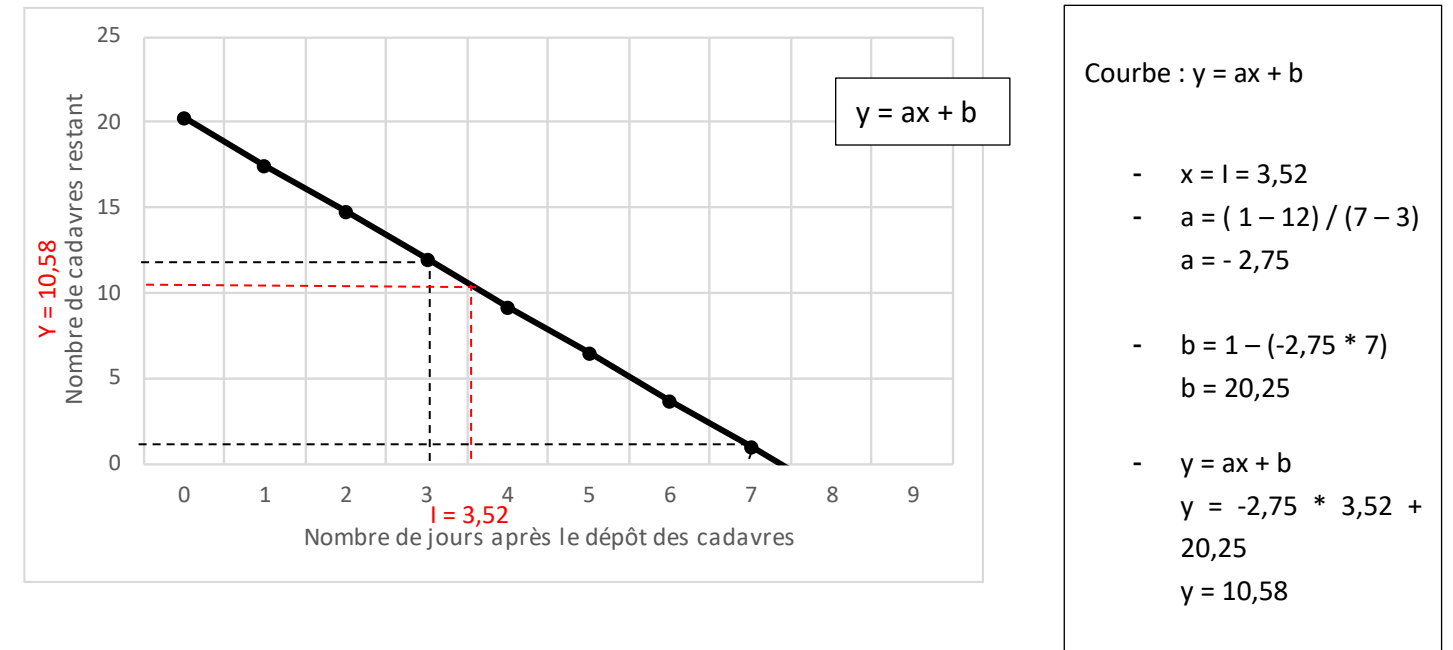
« p », utilisé pour la formule de Winckelmann (+ Erikson adaptée), caractérise un taux de persistance sur la base de l'intervalle de temps de retours moyen entre deux visites au cours de la campagne de suivi (I).

Dans notre cas précis, cet intervalle I moyen entre deux visites est calculé précisément en fonction du planning de suivi de l'année 2022 (cf. Figure 97 page 103). Le tableau suivant détaille ce calcul. On obtient un intervalle moyen de l'ordre de **I = 3,52**.

Durée intervalle (en jours)	Nombre d'intervalles	Total
1	0	0
2	2	4
3	13	39
4	14	56
5	2	10
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0
14	0	0
15	0	0
Total	31	109
Intervalle pondéré (tot)		3,52

En considérant que la diminution du nombre de cadavres est linéaire entre les retours tests de 1 à 11 jours, on estime le nombre de cadavres restant à I jours. Le schéma suivant montre les étapes de calcul du nombre de cadavres encore présents après I jours.

Figure 100 : Schéma de calcul du « nombre de cadavre encore présent après I jours »



De ce fait,

$$p = \frac{\text{Nombre de cadavres encore présents après } I \text{ jours}}{\text{Nombre de cadavres déposés au départ}} = \frac{10,58}{30} = 0,35$$

Ainsi, on obtient une valeur de **p = 0,35**. Selon les périodes, le coefficient p varie de 0,26 à 0,44.

Paramètre Tm (formules de Erickson + Jones + Huso)

Le paramètre Tm traduit la durée moyenne de persistance d'un cadavre. Tm se calcule sur la durée au bout de laquelle tous les cadavres test ont disparus. Dans notre cas précis, **Tm = 1,70**. Selon les périodes, on obtient un Tm variant entre 1,51 à 1,58.

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

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

▪ **Coefficient de correction surfacique**

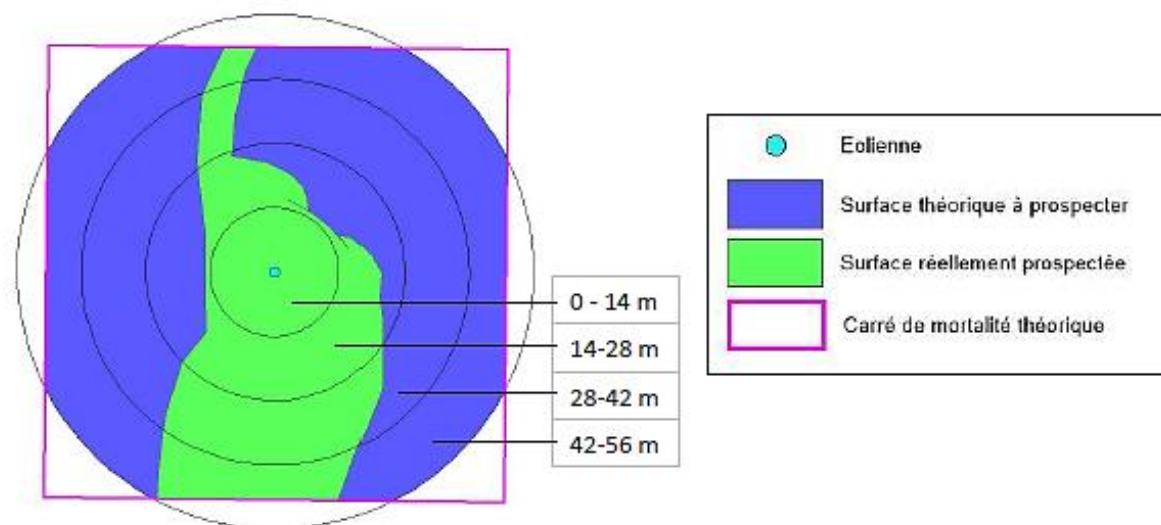
Le coefficient surfacique sert à corriger le fait que certaines zones autour des éoliennes (notamment les forêts) ne soient pas prospectées. Plusieurs formules peuvent être utilisées pour prendre en compte ce biais. Dans notre cas précis, la formule d'Arnett (2005) sera celle utilisée.

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

Avec

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

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



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

	Surface à prospecter par éolienne	Nombre d'éolienne suivie	Surface à prospecter totale	Surface réellement prospectée (toute éolienne confondues, en ha)	Pourcentage prospecté	Nombre de cadavre de chauve-souris
42m - 56m	0,4308	5	2,154	0,82	38,11	0
28m - 42m	0,3077	5	1,5385	0,81	52,54	2
14m - 28m	0,1846	5	0,923	0,55	59,51	2
0m - 14m	0,0615	5	0,3075	0,26	84,40	0

a = 1,79

5.3.8.3 Estimation de la mortalité avec la première méthode de calcul (méthode des « moyennes »)

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

Figure 101 : Paramètres de calcul des équations selon la première méthode de calcul

Paramètres	Valeurs	Explications
C	4,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
d	0,40	Valeur du taux de détection globale tout type de recouvrement confondu
p	0,35	Valeur du taux de persistance globale tout type de recouvrement confondu
tm	1,70	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain globale tout type de recouvrement confondu
I	3,52	Pas de temps du suivi
î	3,40	$\hat{i} = -\log(0.01) * tm$
ê	0,97	$\hat{e} = \text{Min}(I/\hat{i}) / I$
a	1,79	Coefficient de correction surfacique

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

Winkelmann :

$$N = \frac{C}{p \times d} \times a = \frac{4}{0,35 \times 0,40} \times 1,79 = \mathbf{51,07}$$

Erickson adaptée :

$$N = \frac{I \times (C - C \times p)}{tm \times d} \times a = \frac{3,52 \times (4 - 4 \times 0,35)}{1,70 \times 0,40} \times 1,79 = \mathbf{37,12}$$

Erickson réelle :

$$N = \frac{I \times C}{tm \times d} \times a = \frac{3,52 \times 4}{1,70 \times 0,40} \times 1,79 = \mathbf{37,25}$$

Jones :

$$N = \frac{C}{d \times \hat{e} \times e^{(-0,5 \times I/tm)}} \times a = \frac{4}{0,40 \times 0,97 \times e^{(-0,5 \times 3,52/1,70)}} \times 1,79 = \mathbf{50,63}$$

Huso :

$$N = \frac{C}{d \times \frac{tm \times (1 - e^{-I/tm})}{I}} \times a = \frac{4}{0,40 \times \frac{1,70 \times (1 - e^{-3,52/1,70})}{3,52}} \times 1,79 = \mathbf{43,08}$$

Tous ces résultats correspondent aux différentes estimations du nombre de chauves-souris mortes sur la période allant du 1^{er} août au 18 novembre 2022, et pour les 5 éoliennes suivies du parc. Ces résultats sont basés sur l'intégralité du parc éolien et sur 3 mois et demi, soit une partie de la période d'activité du cycle biologique des chiroptères. Même si ce raisonnement dépend bien sûr des espèces, on considère en effet que la phase d'activité des chiroptères s'étale en moyenne sur 8 mois/an sur le site de Champagne berrichonne.

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 3,5 (3,5 mois) → on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par mois**
- On multiplie par 8 → on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par an** (pour la période d'activité moyenne des chiroptères).
- On multiplie par 5 → on aura une estimation de la **mortalité pour le parc entier et par an** (pour la période d'activité moyenne des chiroptères).

Finalement, le tableau suivant synthétise les résultats pour chacune des formules utilisées. Il aboutit à un **résultat moyen de l'ordre de 20,04 mortalités par éolienne et par an (19,21 sans Winkelmann)**, avec une fourchette oscillant entre 19,97 et 23,34 mortalités par éolienne et par an selon les formules utilisées.

Figure 102 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2022 (première méthode de calculs)

	Winkelmann	Erickson		Jones	Huso	Moyenne	Moyenne (Sans Winkelmann)
		adaptée	réelle				
Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi	51,07	37,12	37,25	50,63	43,08	43,83	42,02
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	10,21	7,42	7,45	10,13	8,62	8,77	8,40
Mortalité par éolienne et par mois	2,92	2,12	2,13	2,89	2,46	2,50	2,40
Mortalité par éolienne et pour une année	23,34	16,97	17,03	23,15	19,69	20,04	19,21
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	116,72	84,85	85,15	115,73	98,47	100,18	96,05

5.3.8.4 Estimation de la mortalité avec la seconde méthode (méthode « pondérée »)

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

Figure 103 : Paramètres pour le calcul des équations selon la deuxième méthode de calcul

Paramètres	Valeurs	Explications
C	2,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
d	0,38	Valeur du taux de détection globale tout type de recouvrement confondu
p	0,30	Valeur du taux de persistance globale tout type de recouvrement confondu
tm	1,51	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain globale tout type de recouvrement confondu
l	3,50	Pas de temps du suivi
\hat{l}	3,02	$\hat{l} = -\log(0.01) * tm$
\hat{e}	0,86	$\hat{e} = \text{Min}(l/\hat{l}) / l$
a	1,79	Coefficient de correction surfacique

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

Le tableau aboutit à un résultat moyen de l'ordre de 22,59 mortalités par éolienne et par an (21,61 sans Winkelmann), avec une fourchette qui oscille entre 19,09 et 26,53 mortalités selon les formules utilisées avec prise en compte de la dispersion des cadavres dans le coefficient surfacique.

Figure 104 : Résultats des calculs du taux de mortalité 2022 des chauves-souris par la seconde méthode de calcul

	Winkelmann	Erickson		Jones	Huso	Moyenne	Moyenne (Sans Winkelmann)
		adaptée	réelle				
Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi	58,04	41,76	41,90	56,94	48,45	49,42	47,26
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	11,61	8,35	8,38	11,39	9,69	9,88	9,45
Mortalité par éolienne et par mois	3,32	2,39	2,39	3,25	2,77	2,82	2,70
Mortalité par éolienne et pour une année	26,53	19,09	19,15	26,03	22,15	22,59	21,61
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	132,66	95,46	95,76	130,15	110,75	112,96	108,03

5.3.8.5 Estimation de la mortalité avec l'application EolApp

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

Figure 105 : Paramètres à renseigner dans l'application EolApp

Paramètres	Valeur
Intervalle de temps entre les passages	3,52
Nombre de peluches déposées pour l'étude de détection	19
Nombre de peluches découvertes pour l'étude de détection	7
Pourcentage de la surface prospectée	0,50

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

Figure 106 : Sortie de l'application EolApp (IC : Intervalle de confiance)

Formule	Médiane	IC à 95%		IC à 80%	
		IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	44,10	8,96	136,80	18,04	94,64
Huso	50,76	10,56	153,14	21,19	105,94
Winkelmann	414,55	71,25	950,00	142,50	814,29
Jones	60,97	12,39	194,60	25,09	132,21
Moyenne par éolienne	28,52	5,16	71,73	10,34	57,35
Moyenne par éolienne (sans Winkelmann)	10,39	2,13	32,30	4,29	22,19

En considérant les 3 modèles (sans Winkelmann), il y a 80% de chance que le nombre réel de chauves-souris impactées se situe entre 4,29 à 22,19 cas de mortalité. De même, il y a 95% de chance que le nombre réel de chauves-souris impactées se situe entre 2,13 à 32,30 cas de mortalité. La médiane est de 10,39 mortalités par éolienne sur la période suivie.

Pour ramener ces résultats par an et par éolienne :

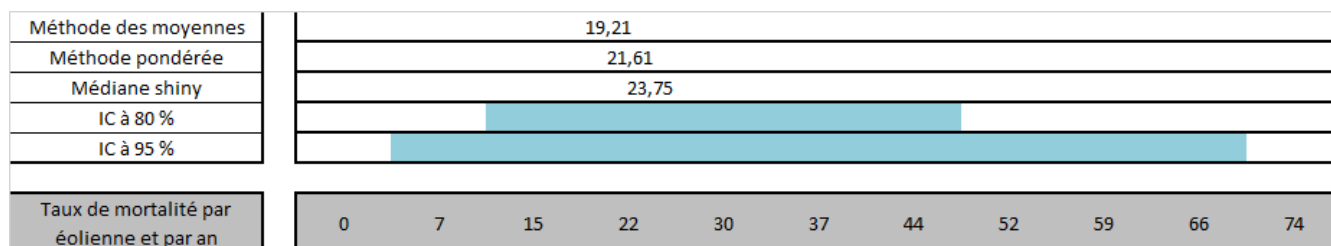
- on divise par 3,5 (3,5 mois) -> on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par mois**,
- on multiplie par 8 -> on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par an** (pour la période d'activité moyenne des chauves-souris).

On aboutit à un résultat à un intervalle de confiance de **95%** de l'ordre de **4,86 à 73,83 mortalités par éolienne et par an**. A un intervalle de confiance de **80%**, le résultat est de l'ordre de **9,80 à 50,71 par éolienne et par an**. **La médiane est de 23,75 mortalités par éolienne et par an**.

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

La fourchette de résultats fournie par l'application Shiny « Eol App » concorde avec nos calculs. Aussi, nous retiendrons que théoriquement **nous aboutissons à un résultat de l'ordre de 19,21 à 23,75 cas de mortalité par éolienne et par an, soit entre 96,05 à 118,75 mortalités par an pour le parc éolien de Champagne berrichonne**.

Figure 107 : Comparatif des taux de mortalité calculés en 2022 et intervalles de confiance à 80% et à 95%

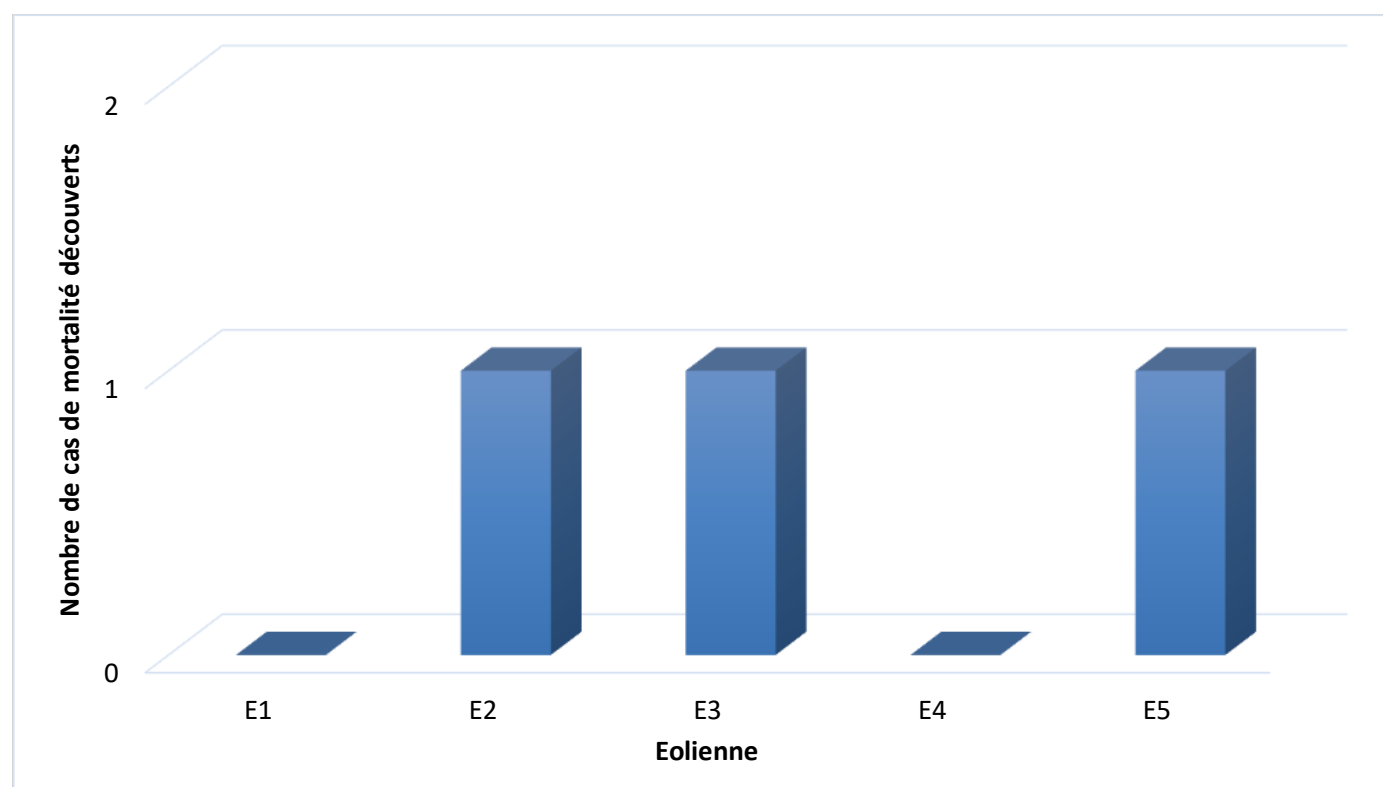


5.4 Bilan de la mortalité des oiseaux

5.4.1 Bilan des mortalités par éolienne

3 cadavres furent retrouvés sous les éoliennes au cours de la campagne de suivi menée entre le 1^{er} août et le 18 novembre 2022. Pour 32 visites de recherches réalisées au cours de cette période de 3,5 mois, cela représente une moyenne de 0,86 oiseau découvert par mois pour l'ensemble du parc éolien (soit 5 éoliennes).

Figure 108 : Bilan des mortalités des oiseaux constatées en 2022 et répartition par éolienne

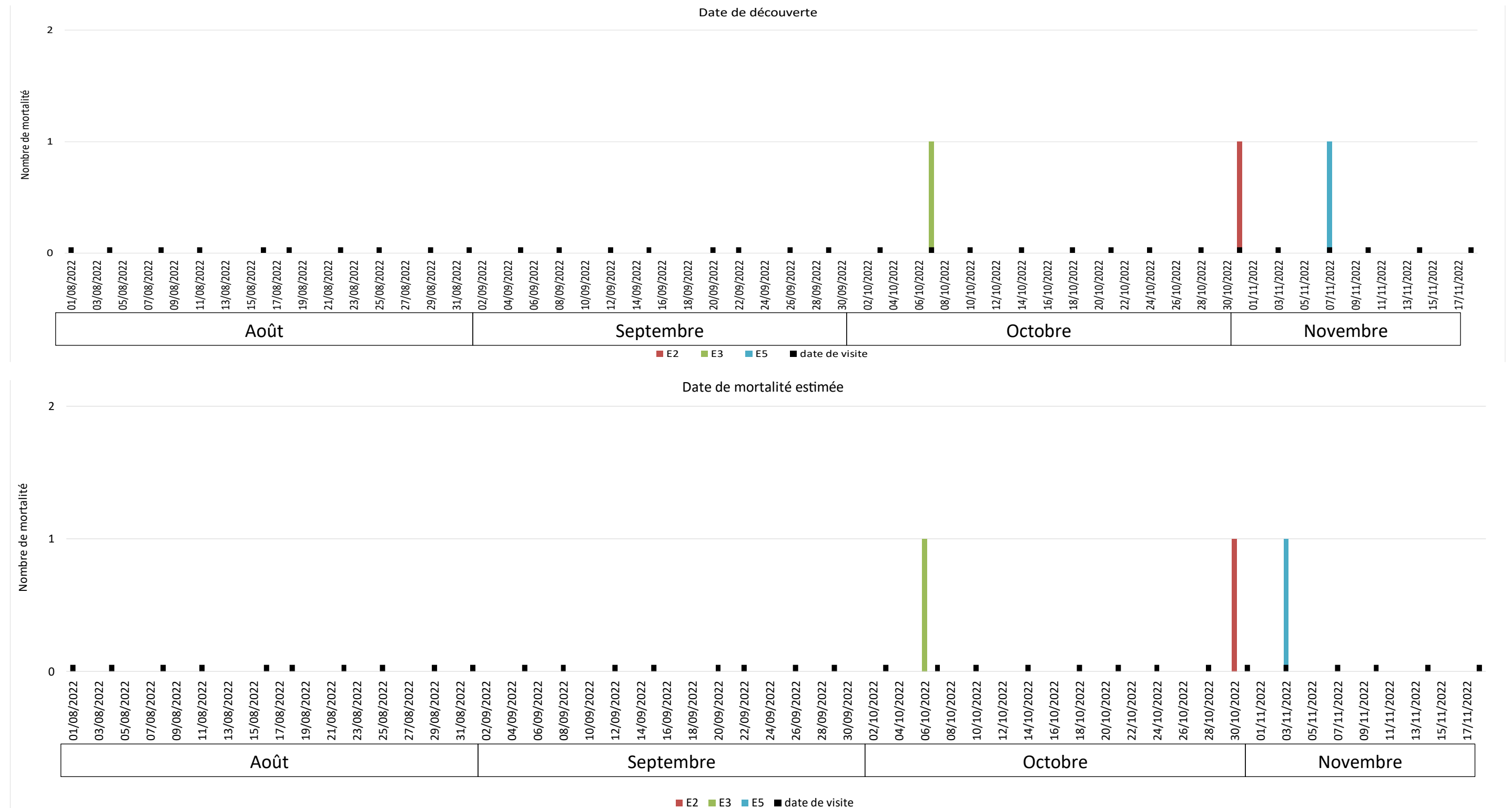


On note que 3 des 5 éoliennes ont été à l'origine de mortalités avérées en 2022. Les 3 éolienne sont à l'origine d'une mortalité chacune. Aucune mortalité n'a été relevée sous les autres éoliennes.

5.4.2 Chronologies constatées et corrigées des mortalités d'oiseaux

Le premier graphique de la Figure 109 page 111 représente la chronologie des découvertes des cadavres et des plumées d'oiseaux sur l'ensemble du parc éolien en 2022.

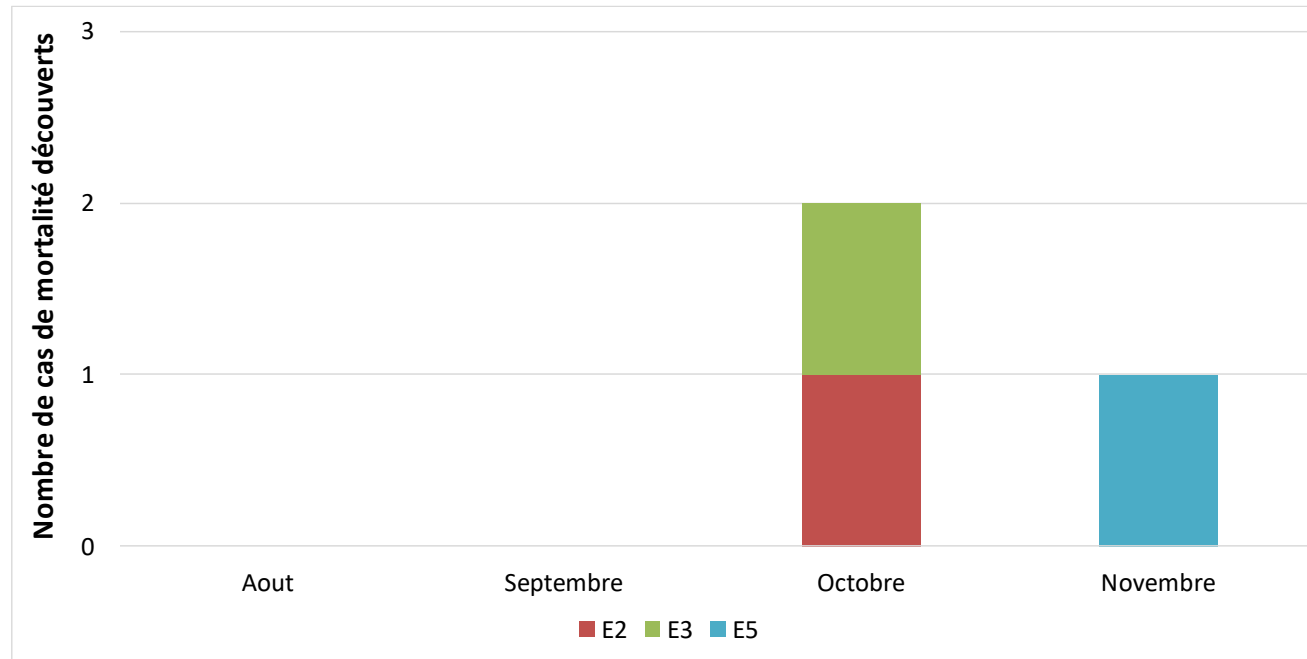
Figure 109 : Chronologie des mortalités des oiseaux (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne en 2022



En ce qui concerne les rapports entre les cas de mortalité et leur chronologie, et les éoliennes, il est possible de noter que 2 des 3 cas de mortalité ont été retrouvés fin octobre / début novembre.

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

Figure 110 : Chronologie des mortalités d'oiseaux estimées (corrigées) par mois en 2022



5.4.3 Typologie des cadavres découverts

La détermination des espèces n'est pas toujours aisée selon l'état des cadavres au moment de leur découverte. Ce ne fut pas le cas en 2022.

Le cortège d'espèces impactées en 2022 est assez diversifié puisque parmi les 3 mortalités découvertes, 2 espèces différentes sont représentées. Il s'agit d'une espèce de passereaux et d'un oiseau d'eau.

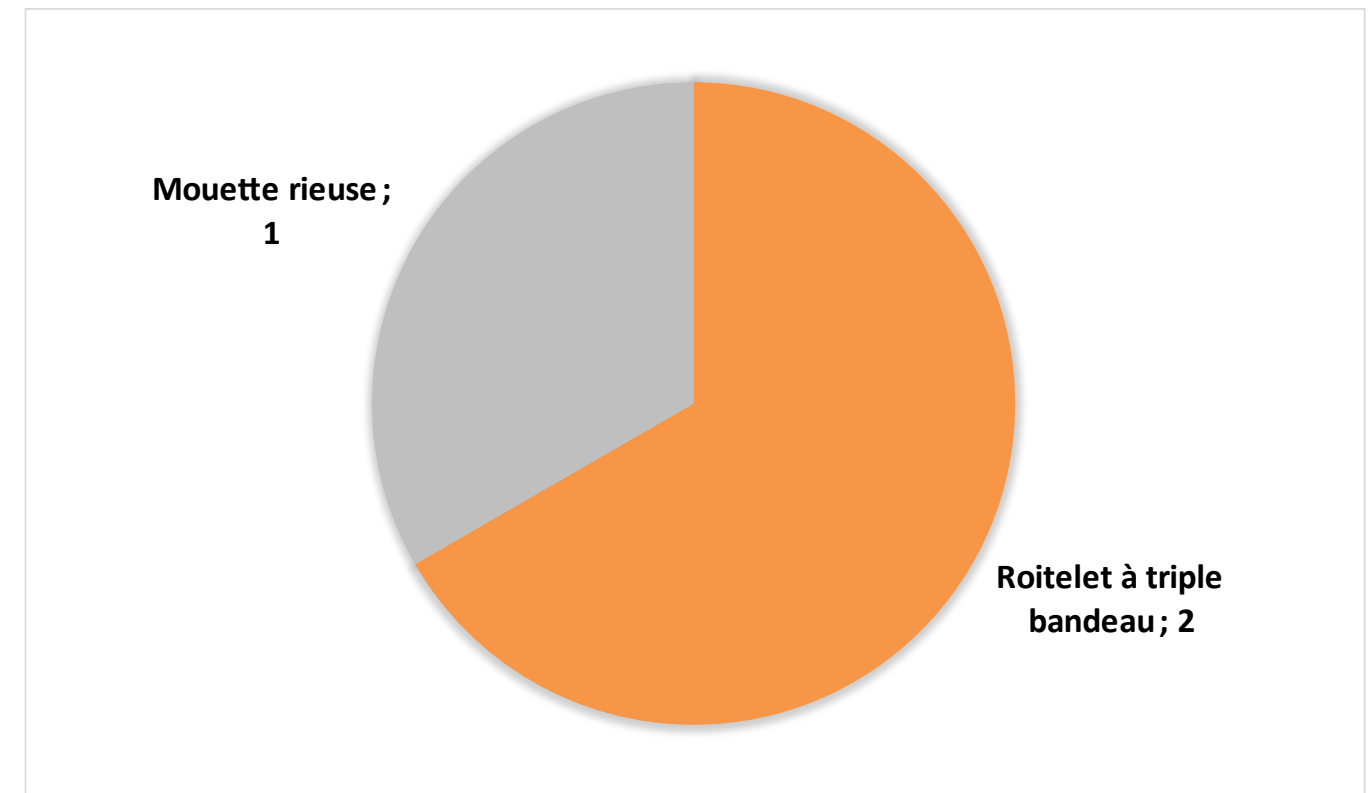
Le tableau ci-contre présente les statuts de protection et de conservation des espèces retrouvées sous les éoliennes.

Figure 111 : Tableau représentant les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux retrouvées sous les éoliennes

Espèce	Nom scientifique	Type	Statut de protection			Liste rouge nationale (Nov 2017)	Liste Rouge Régionale Centre (oiseaux nicheurs 2013)	Niveau de patrimonialité
			Protec. Fr.	Protec. U.E.	Conv Berne			
Mouette rieuse	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	Oiseau d'eau	P-SP	O.2.2	3	Quasi menacée	En danger	Modéré à fort
Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	Passereau	P	-	-	Préc. mineure	Préc. mineure	Faible

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

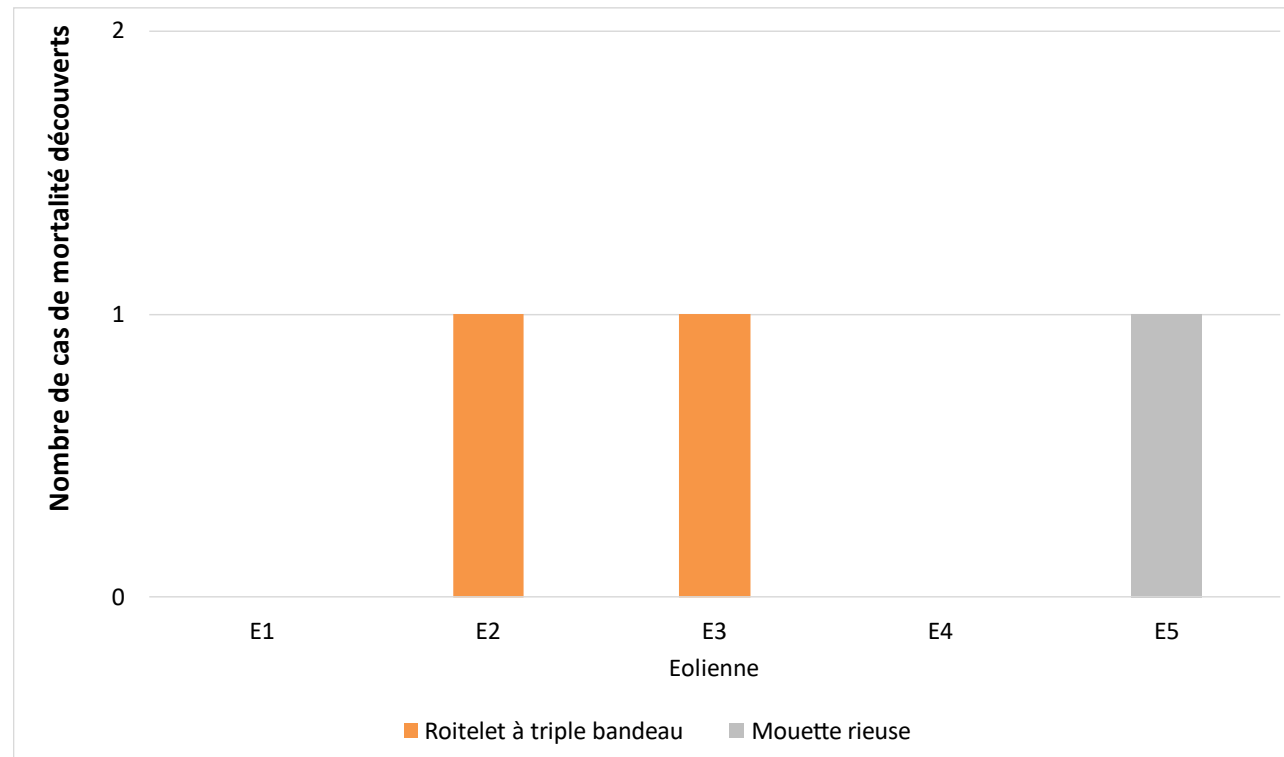
Figure 112 : Répartition des mortalités d'oiseaux par espèce (effectifs constatés) en 2022



5.4.4 Relation espèce / éolienne

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

Figure 113 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2022



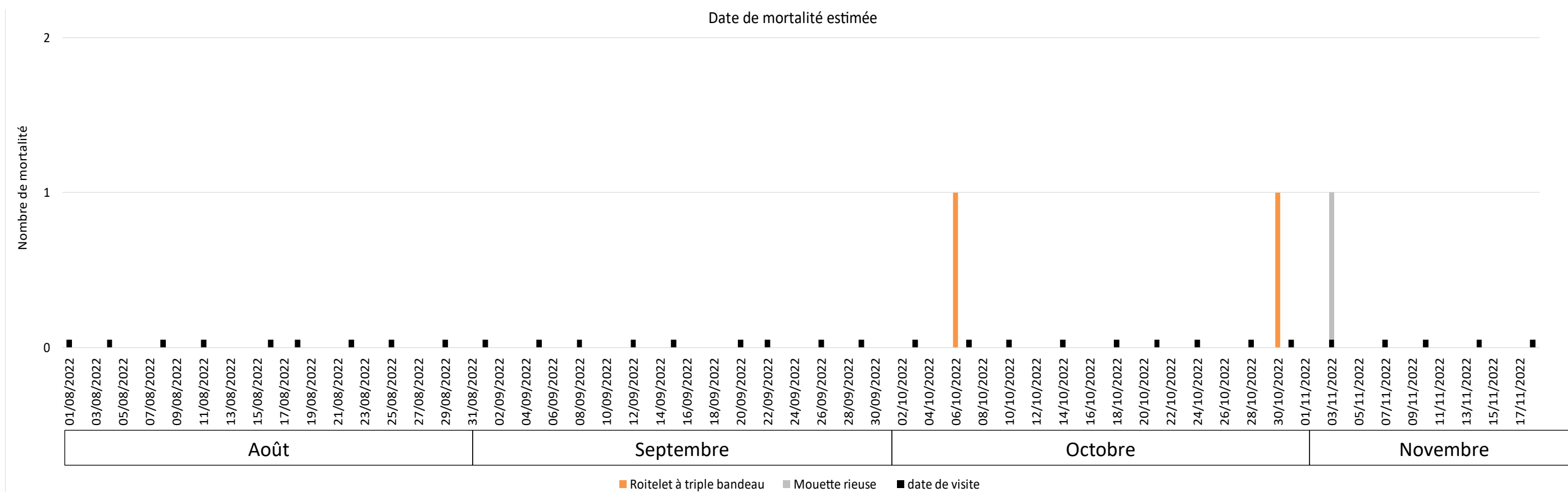
Aucune concentration d'une même espèce n'est relevée sous une même éolienne, exprimant ainsi une problématique particulière. A noter tout de même que les 2 cas de roitelet ont été relevés sous 2 éoliennes côte à côte.

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

On s'aperçoit que les mortalités sont principalement regroupées en fin octobre et début novembre (pour 2 des 3 cas).

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

Figure 114 : Répartition des mortalités d'oiseaux par espèce (effectifs constatés) en 2022



5.4.6 Interprétation par espèce

➤ Roitelet à triple bandeau (2 cadavres)

2 cadavres de Roitelet à triple bandeau (*Regulus ignicapilla*) ont été retrouvés le 7 octobre sous l'éolienne E3 et le 31 octobre sous l'éolienne E2.

A cette période de l'année, les Roitelets à triple bandeau sont migration postnuptiale

Cette espèce est protégée en France, elle est classée en Préoccupation mineure sur la liste Rouge nationale et régionale.

Figure 115 : Cliché du cadavre du Roitelet à triple bandeau retrouvé sous l'éolienne E2 le 31 octobre 2022



➤ Mouette rieuse (1 cadavre)

1 cadavre de Mouette rieuse (*Chroicocephalus ridibundus*) a été retrouvé le 7 novembre sous l'éolienne E5.

Cette espèce est protégée en France et elle est inscrite à l'annexe 3 de la convention de Berne. Elle est classée Quasi menacée sur la liste rouge nationale et En danger dans la région Centre Val de Loire.

La population nicheuse est surtout concentrée dans la moitié nord de la France (région Centre, Rhône-Alpes, Alsace, Nord-Pas-de-Calais, Ile-de-France et Picardie). En saison inter-nuptiale, les effectifs se concentrent tout particulièrement dans les régions côtières de l'ouest et du sud de notre pays.

Figure 116 : Cliché du cadavre de la Mouette rieuse retrouvé sous l'éolienne E5 le 7 novembre 2022

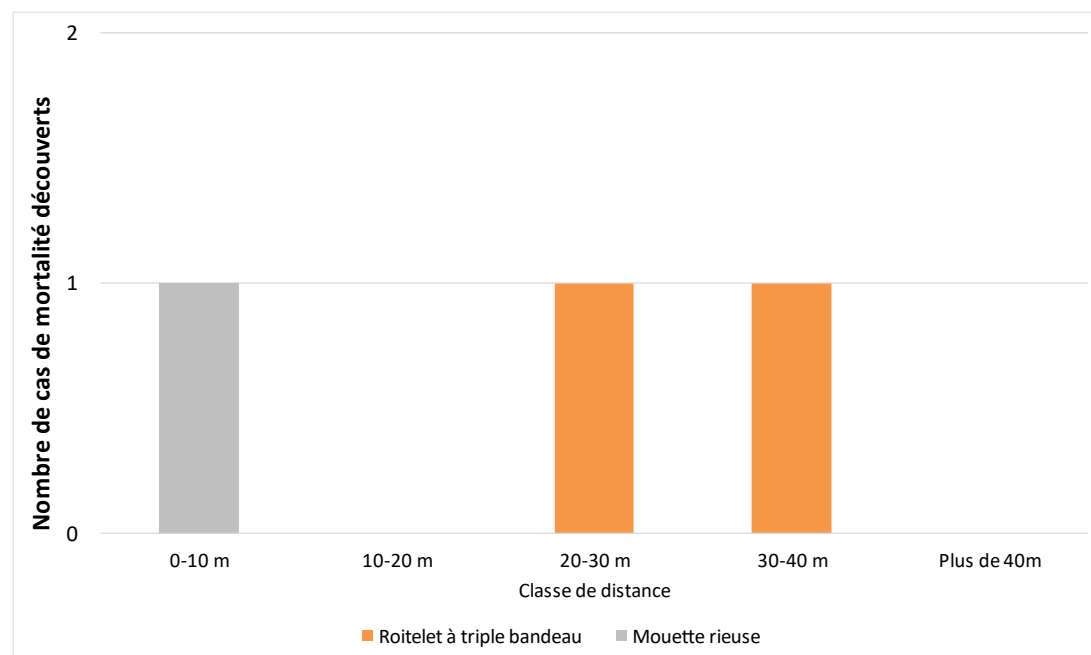


5.4.7 Dispersion des cadavres sous les éoliennes

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

La distance moyenne de dispersion pour les 3 cadavres est d'environ 18 m. Les dispersions permettent de supposer qu'au moins une partie des mortalités constatées peut être liée à des vols hauts (partie haute du rotor pour le roitelet) et que l'autre partie est peut-être liée à quelques vols à faible altitude (Mouette rieuse). Il est cependant bon de rappeler qu'il ne s'agit là que d'hypothèses et que d'autres éléments extérieurs peuvent venir interférer dans l'analyse des distances vis-à-vis de l'éolienne.

Figure 117 : Graphique de répartition des cadavres de 2022 par classe de distances vis-à-vis du mât de l'éolienne



5.4.8 Taux de mortalité des oiseaux

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

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

4 niveaux de difficulté de prospection ont donc été créés :

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

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

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

Trois périodes ont été créées pour prendre en compte l'évolution de la hauteur de végétation au cours de la période de suivi.

Figure 118 : Tableau récapitulatif des proportions (%) de chaque niveau de difficulté de prospection parmi les secteurs prospectables et de la mortalité constatée pour chaque visite (en fin de tableau : moyenne des proportions de chaque niveau de difficulté de prospection sur la période de suivi)

Date des visites	Période	Végétation			Mortalité cadavre oiseaux	Mortalité Plumée oiseaux	Mortalité Totale oiseaux
		Type 1	Type 2	Type 3			
1-août	Période 1	13,98	82,41	3,61			
4-août	Période 1	17,35	78,31	4,34			
8-août	Période 1	15,56	81,90	2,54			
11-août	Période 1	32,68	7,84	59,48			
16-août	Période 1	0,00	91,30	8,70			
18-août	Période 1	15,18	83,86	0,96			
22-août	Période 1	14,50	85,00	0,50			
25-août	Période 1	18,91	77,73	3,36			
29-août	Période 2	34,43	63,93	1,64			
01-sept	Période 2	14,65	62,56	22,79			
05-sept	Période 2	34,05	8,11	57,84			
08-sept	Période 2	24,90	29,64	45,45			
12-sept	Période 2	18,64	75,44	5,92			
15-sept	Période 2	20,12	77,51	2,37			
20-sept	Période 2	64,50	11,54	23,96			
22-sept	Période 2	18,64	29,59	51,78			
26-sept	Période 2	18,64	80,77	0,59			
29-sept	Période 2	20,12	78,99	0,89			
03-oct	Période 2	23,51	75,00	1,49			
07-oct	Période 2	25,44	73,37	1,18	1		1
10-oct	Période 2	15,68	81,66	2,66			
14-oct	Période 3	67,98	31,62	0,40			
18-oct	Période 3	24,90	73,91	1,19			
21-oct	Période 3	24,90	73,91	1,19			
24-oct	Période 3	26,14	71,24	2,61			
28-oct	Période 3	39,22	59,80	0,98			
31-oct	Période 3	75,49	24,51	0,00	1		1
03-nov	Période 3	80,63	19,37	0,00			
07-nov	Période 3	61,76	38,24	0,00	1		1
10-nov	Période 3	66,67	33,33	0,00			
14-nov	Période 3	61,76	38,24	0,00			
18-nov	Période 3	28,34	71,66	0,00			
Moyenne		31,85	58,51	9,64	3,00	0,00	3,00
Période 1		16,02	73,55	10,44	0,00	0,00	0,00
Période 2		25,64	57,55	16,81	1,00	0,00	1,00
Période 3		50,71	48,71	0,58	2,00	0,00	2,00

5.4.8.2 Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules)

En 2022, deux tests ont été menés le 8 août et 26 septembre pour le taux de détection et le taux de persistance, nécessaires au calcul du taux de mortalité.

▪ Taux de détection

Figure 119 : 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	14	0,70
Type 1	Moyenne	Moyenne	5	5	1,00
Type 2	Moyenne	Moyenne	11	7	0,64
Type 3	Moyenne	Moyenne	4	2	0,50
Total	E2	08/08/2022	10	7	
Type 1	E2	08/08/2022	2	2	
Type 2	E2	08/08/2022	6	4	
Type 3	E2	08/08/2022	2	1	
Total	E2	26/09/2022	10	7	
Type 1	E2	26/09/2022	3	3	
Type 2	E2	26/09/2022	5	3	
Type 3	E2	26/09/2022	2	1	

		Pourcentage de prospection			
		d	Type 1	Type 2	Type 3
Moyenne		0,74	31,85	58,51	9,64
Période 1		0,68	16,02	73,55	10,44
Période 2		0,71	25,64	57,55	16,81
Période 3		0,82	50,71	48,71	0,58

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

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

Le taux de détection étant logiquement lié à la hauteur de végétation, nous avons pondéré les calculs en fonction de cette hauteur de végétation et des 3 types de niveau vus précédemment.

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

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

Le taux de détection est de 0,70. **Autrement dit, 70 % des peluches dispersées ont été retrouvées.**

▪ Taux de persistance

Figure 120 : Tableau des résultats des tests de persistance ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance

Type végétation	Eolienne	Date test	Dépôt	Jour de dépôt					Tm	p_moy en	p_péριο de 1	p_péριο de 2	p_péριο de 3
				1	3	7	8	11					
Moyen		Moyenne	40	30	16	1	1	0	1,68	0,35	0,35	0,35	0,35
Type 1		Moyenne	14	11	6	0	0	0	1,64	0,37	0,38	0,37	0,38
Type 2		Moyenne	14	10	4	0	0	0	1,29	0,25	0,25	0,25	0,25
Type 3		Moyenne	12	9	6	1	1	0	2,17	0,45	0,45	0,44	0,45
Moyen	Toutes	08/08/2022	20	12	6	0	0	0					
Type 1	Toutes	08/08/2022	7	4	3	0	0	0					
Type 2	Toutes	08/08/2022	7	4	1	0	0	0					
Type 3	Toutes	08/08/2022	6	4	2	0	0	0					
Moyen	Toutes	26/09/2022	20	18	10	1	1	0					
Type 1	Toutes	26/09/2022	7	7	3	0	0	0					
Type 2	Toutes	26/09/2022	7	6	3	0	0	0					
Type 3	Toutes	26/09/2022	6	5	4	1	1	0					

		Pourcentage de prospection				
		Tm	p	Type 1	Type 2	Type 3
Moyenne		1,68	0,35			
Période 1		1,43	0,29	16,02	73,55	10,44
Période 2		1,53	0,31	25,64	57,55	16,81
Période 3		1,47	0,31	50,71	48,71	0,58

Paramètre p (formules de Winkelmann + Erickson adaptée)

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

Dans notre cas précis, cet intervalle I moyen entre deux visites est calculé précisément en fonction du planning de suivi de l'année 2022. Le tableau suivant détaille ce calcul. On obtient un intervalle moyen de l'ordre de **I = 3,52**.

Durée intervalle (en jours)	Nombre d'intervalles	Total
1	0	0
2	2	4
3	13	39
4	14	56
5	2	10
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0
14	0	0
15	0	0
Total	31	109
Intervalle pondéré (tot)		3,52

En considérant que la diminution du nombre de cadavres est linéaire entre les retours tests de 1 et 11 jours, on estime le nombre de cadavres restant à I jours. Ainsi, on obtient une valeur de **p = 0,35**. Il varie entre 0,29 et 0,31 en intégrant l'évolution de la hauteur de végétation.

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.

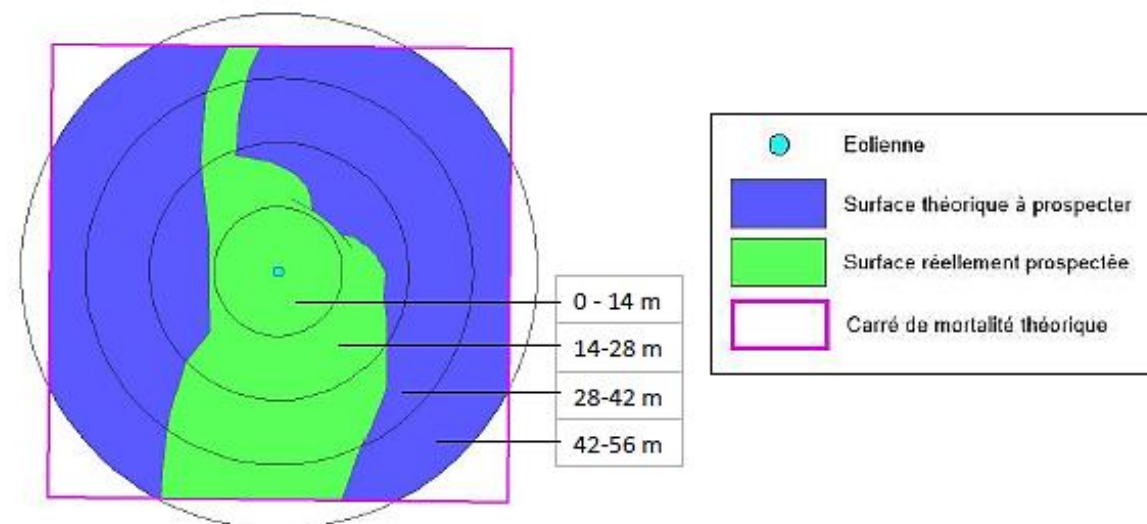
La durée moyenne de persistance d'un cadavre en jour est donc de :

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

Dans notre cas précis, **Tm est égal à 1,68** Selon les périodes, on obtient un Tm variant entre 1,43 et 1,53 **Autrement dit, il faut environ 1 et 2 jours pour que les cadavres disparaissent.**

▪ Coefficient de correction surfacique

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



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

	Surface à prospecter par éolienne	Nombre d'éolienne suivie	Surface à prospecter totale	Surface réellement prospectée (toute éolienne confondues, en ha)	Pourcentage prospecté	Nombre de cadavre d'oiseaux	Nombre de cadavre et de plumée d'oiseaux
42m - 56m	0,4308	5	2,15	0,82	38,11	0	0
28m - 42m	0,3077	5	1,54	0,81	52,54	1	1
14m - 28m	0,1846	5	0,92	0,55	59,51	1	1
0m - 14m	0,0615	5	0,31	0,26	84,40	1	1

$$a_{\text{cadavre}} = 1,59 \quad a_{\text{cadavre et plumée}} = 1,59$$

5.4.8.3 Estimation de la mortalité avec la première méthode de calcul (méthode des « moyennes »)

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

Figure 121 : Paramètres de calcul des équations selon la première méthode de calcul

Paramètres	Valeurs	Explications
C	3,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
d	0,74	Valeur du taux de détection globale tout type de recouvrement confondu
p	0,35	Valeur du taux de persistance globale tout type de recouvrement confondu
tm	1,68	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain globale tout type de recouvrement confondu
l	3,52	Pas de temps du suivi
\hat{l}	3,35	$\hat{l} = -\log(0.01) * tm$
\hat{e}	0,95	$\hat{e} = \text{Min}(l/\hat{l}) / l$
a	1,59	Coefficient de correction surfacique

Tous ces résultats correspondent aux différentes estimations du nombre d'oiseaux morts sur la période allant du 1^{er} août au 18 novembre 2022 et pour les 5 éoliennes du parc suivies. Ces résultats sont basés sur l'intégralité du parc éolien et sur 3,5 mois de suivi (en continu).

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 3,5 (3,5 mois) → on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par mois**
- On multiplie par 12 → on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par an** (pour la période d'activité des oiseaux, c'est-à-dire tout au long de l'année).
- On multiplie par 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. Si uniquement les cadavres sont pris en compte, on aboutit à un **résultat moyen de l'ordre de 10,90 mortalités par éolienne et par an (10,48 sans Winkelmann)**, avec une fourchette oscillant entre 9,25 et 12,62 (12,58 pour la formule de Winkelmann) mortalités par éolienne et par an selon les formules utilisées.

Figure 122 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2022 (première méthode de calculs)

	Winkelmann	Erickson		Jones	Huso	Moyenne	Moyenne (Sans Winkelmann)
		adaptée	réelle				
Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi	18,35	13,50	13,54	18,41	15,66	15,89	15,28
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	3,67	2,70	2,71	3,68	3,13	3,18	3,06
Mortalité par éolienne et par mois	1,05	0,77	0,77	1,05	0,90	0,91	0,87
Mortalité par éolienne et pour une année	12,58	9,25	9,29	12,62	10,74	10,90	10,48
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	62,92	46,27	46,44	63,12	53,71	54,49	52,38

5.4.8.4 Estimation de la mortalité avec la seconde méthode (méthode « pondérée »)

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

Figure 123 : Paramètres pour le calcul des équations selon la deuxième méthode de calcul

Paramètres	Période	Valeurs	Explications
C	Période 1	0,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
	Période 2	1,00	
	Période 3	2,00	
d	Période 1	0,68	Valeur du taux de détection pondérée selon le type de recouvrement moyen de la période
	Période 2	0,71	
	Période 3	0,82	
p	Période 1	0,29	Valeur du taux de persistance pondérée selon le type de recouvrement moyen de la période
	Période 2	0,31	
	Période 3	0,31	
tm	Période 1	1,43	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain pondérée selon le type de
	Période 2	1,53	
	Période 3	1,47	
l	Période 1	3,50	Pas de temps du suivi
	Période 2	3,54	
	Période 3	3,50	
\hat{l}	Période 1	2,87	$\hat{l} = -\log(0.01) * tm$
	Période 2	3,05	
	Période 3	2,94	
\hat{e}	Période 1	0,82	$\hat{e} = \text{Min}(l/\hat{l}) / l$
	Période 2	0,86	
	Période 3	0,84	
a	Toutes périodes confondues	1,59	Coefficient de correction surfacique selon la période

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

Concernant uniquement les cadavres, le tableau aboutit à un **résultat moyen de l'ordre de 11,61 mortalités par éolienne et par an (11,17 sans Winkelmann)**, avec une fourchette oscillant entre 9,87 et 13,45 (13,40 pour la formule de Winkelmann) mortalités selon les formules utilisées avec prise en compte de la dispersion des cadavres dans le coefficient surfacique.

Figure 124 : Résultats des calculs du taux de mortalité 2022 des oiseaux par la seconde méthode de calcul

	Winkelmann	Erickson		Jones	Huso	Moyenne	Moyenne (Sans Winkelmann)
		adaptée	réelle				
Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi	19,54	14,39	14,44	19,62	16,70	16,94	16,29
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	3,91	2,88	2,89	3,92	3,34	3,39	3,26
Mortalité par éolienne et par mois	1,12	0,82	0,82	1,12	0,95	0,97	0,93
Mortalité par éolienne et pour une année	13,40	9,87	9,90	13,45	11,45	11,61	11,17
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	66,98	49,34	49,50	67,27	57,24	58,07	55,84

5.4.8.5 Calcul de la mortalité avec l'application EolApp

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

Figure 125 : Paramètres à renseigner dans l'application EolApp

Paramètres	Valeur
Intervalle de temps entre les passages	3,52
Nombre de peluches déposées pour l'étude de détection	20
Nombre de peluches découvertes pour l'étude de détection	14
Pourcentage de la surface prospectée	0,50

Figure 126 : Sortie de l'application EolApp (IC : Intervalle de confiance)

Formule	Médiane	IC à 95%		IC à 80%	
		IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	17,14	0,00	45,63	5,70	34,09
Huso	19,58	0,00	50,34	6,57	38,31
Winkelmann	228,57	0,00	727,27	61,54	533,33
Jones	23,63	0,00	63,63	7,81	47,11
Moyenne par éolienne	14,45	0,00	44,34	4,08	32,64
Moyenne par éolienne (sans Winkelmann)	4,02	0,00	10,64	1,34	7,97

En se basant uniquement sur les cadavres découverts, et en considérant les 3 modèles (sans Winkelmann), il y a **80%** de chance que le nombre réel d'oiseaux impactés se situe entre **1,34 et 7,97 cas de mortalité**. De même, il y a **95%** de chance que le nombre réel d'oiseaux impactés se situe entre **0 et 10,64 cas de mortalité**. La médiane est **4,02 mortalités par éolienne sur la période suivie**.

Pour ramener ces résultats par an et par éolienne :

- On divise par 3,5 (3,5 mois) -> on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par mois**,
- On multiplie par 12 -> on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par an** (pour la période d'activité des oiseaux).

On aboutit à un résultat à un intervalle de confiance de **95%** de l'ordre de **0 à 36,48 mortalités par éolienne et par an**. A un intervalle de confiance de **80%**, le résultat est de l'ordre de **4,59 à 27,32 mortalités par éolienne et par an**. La médiane est de **13,79 mortalités par éolienne et par an**.

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

La fourchette de résultats fournie par l'application EolApp concorde avec nos calculs.

Nous retiendrons que théoriquement nous aboutissons à un résultat de l'ordre de **10,84 à 13,79 cas de mortalité par éolienne et par an**, soit entre **54,2 à 68,95 mortalités par an** pour le parc éolien de Champagne Berrichonne.

Figure 127 : Comparatif des taux de mortalité calculés en 2020 et intervalles de confiance à 80% et à 95%

Méthode des moyennes	10,84
Méthode pondérée	11,17
Médiane shiny	13,79
IC à 80 %	
IC à 95 %	
Taux de mortalité par éolienne et par an	0 4 7 11 15 18 22 26 29 33 36

5.4.9 Synthèse interannuelle (2018-2022)

Le parc de Champagne berrichonne est suivi depuis 2018 par EXEN. Le tableau ci-dessous permet de faire un bilan des principaux résultats de suivi de la mortalité au sol au cours de ces différentes années de suivi.

Figure 128 : Bilan des résultats des suivis de mortalité entre 2018 et 2022

	Année de suivi	2018	2019	2020	2021	2022
	Période de suivi	16 visites entre février et octobre	24 visites entre le 13/05 et le 23/10	34 visites entre le 17/06 et le 13/11	37 visites entre le 29/06 et le 12/11	32 visites entre le 01/08 et le 18/11
Chiroptères	Mortalité brute	3 noctules de Leisler 2 noctules communes 1 Pipistrelle de Nathusius N = 6 cas	2 noctules de Leisler 1 Noctule commune 1 Pipistrelle de Kuhl 5 pipistrelles communes N = 9 cas	2 pipistrelles communes N = 2 cas	4 noctules communes 1 Pipistrelle commune N = 5 cas	3 noctules communes 1 Pipistrelle commune N = 4 cas
	Période de mortalité	Entre fin août et fin octobre	Entre début août et début septembre	Juillet uniquement	Août uniquement	En août pour les noctules, en octobre pour les pipistrelles
	Taux de mortalité estimé	10-12 cas/éolienne/an	22-23 cas/éolienne/an	4-7 cas/éolienne/an	6-10 cas/éolienne/an	19-24 cas/éolienne/an
	Niveau quantitatif	Modéré	Fort	Faible	Faible à modéré	Modéré à fort
Avifaune	Mortalité brute	1 Troglydte mignon 1 Pic épeichette 1 roitelet sp 1 Roitelet à triple bandeau N = 4 cas	6 rouges-gorges familiers 1 Roitelet à triple bandeau 1 Pouillot véloce 1 Rougequeue noir 2 grives musiciennes 1 passereau sp N = 12 cas	1 Hypolaïs polyglotte 1 Gobemouche noir N = 2 cas	1 Hirondelle rustique 1 Faucon crécerelle 2 martinets noirs 1 pigeon sp. 1 Bruant jaune possible 1 Gobemouche noir 1 Perdrix grise 1 Grimpereau des jardins N = 9 cas	1 Mouette rieuse 2 roitelets à triple bandeau N = 3 cas
	Période de mortalité	Entre début septembre et fin octobre	Concentrée en octobre	Octobre uniquement	Entre début juillet et fin septembre	En octobre/novembre
	Taux de mortalité estimé	12-16 cas/éolienne/an	42-47 cas/éolienne/an	4-5 cas/éolienne/an	15-19 cas/éolienne/an	10-14 cas/éolienne/an
	Niveau quantitatif	Modéré	Très fort	Faible	Modéré à fort	Faible à modéré

6 EVALUATION DES IMPACTS DU PARC EOLIEN DE CHAMPAGNE BERRICHONNE

6.1 Impact sur les chiroptères

6.1.1 Analyse quantitative et comparaisons avec d'autres parcs éoliens

4 cadavres de chauve-souris ont été retrouvés au cours du suivi de la mortalité entre le 1^{er} août et le 18 novembre 2022.

Le taux de mortalité du parc éolien de Champagne berrichonne a été estimé à entre **19-24 cas par éolienne et par an, soit entre 95 et 120 cas par éolienne et par an**. Cette estimation de la mortalité réelle sur le parc est tirée vers le haut, du fait d'une faible détection ($d = 0.40$), d'une très forte prédation sur site (disparition des leurres en 1-2 jours), d'une surface prospectée inférieure au 1 ha théorique par éolienne, mais aussi du fait de la correction de l'estimation via le nombre de mois suivis (période la plus accidentogène suivie, 4 mortalités retrouvées ramenées sur la totalité du cycle biologique).

Finalement, l'estimation de la mortalité réelle sur site est soumise à de nombreux biais.

D'après les données disponibles actuellement en France, mais aussi en Europe (voir tableaux suivants), cette estimation de la mortalité témoignerait **d'une valeur de mortalité par éolienne et par an modérée vis-à-vis des chauves-souris**, mais inférieure à la mortalité hors norme relevée sur d'autres parcs, dont le niveau de mortalité est exceptionnellement haut. Ces parcs sont situés dans des contextes biogéographiques particuliers (Bouin en littoral atlantique (Dulac, 2006), Castelnau Pégayrols en contexte forestier et ligne de crête Beucher & Kelm, 2009-2010), Leuze en plaine camarguaise de La Crau (GCP, 2010), parcs Drômois en forêt ou bordure de canal (Cornu et Vincent, 2010)). À titre de comparaison, sous ces parcs éoliens qui font aujourd'hui référence parmi les plus meurtriers, les taux de mortalité peuvent dépasser les 70 chauves-souris/éolienne/an, correspondant à plusieurs centaines de cadavres sur chaque parc selon leur taille.

Finalement, du point de vue quantitatif, l'impact du parc éolien de Champagne berrichonne en 2022 peut être qualifié de modérée à fort par rapport à d'autres parcs suivis en France ou en Europe.

Figure 129 : 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)
Réziétières	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 130 : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour des parcs éoliens en Europe (Source ALEPE)

Site	Période de l'année	Nombre de victimes / éolienne / an (* ou pour la période d'étude)	Référence
EUROPE			
Portugal (12 sites)	2005 à 2010	0	Plusieurs auteurs
Caravelas (Portugal)	2006	0,22	Strix, 2008 in Dubourg-Savage et al., 2011
Pinhal Interior - Fumas (Portugal)	2006, 2007	0,8	Alves et al., 2009 et 2010 in Dubourg-Savage et al., 2011
Pinhal Interior - Seladolino (Portugal)	2006	0,8	Alves et al., 2009 et 2010 in Dubourg-Savage et al., 2011
Pinhal Interior - Proença I e II (Portugal)	2006	1,8	Lopes et al., Alves et al., 2010 in Dubourg-Savage et al., 2011
Grèce (Soros)	2010	2,2	Geogiakis P., Fapadatou E. et WWF Hellas 2010
Mosqueiros I (Portugal)	2008	3,6	Barreiro et al., 2009 in Dubourg-Savage et al., 2011
Gardunha	2007	4,2	Alves et al., 2009 in Dubourg-Savage et al., 2011
Steinberg (Autriche)	09/2003 - 09/2004	5,3	Traxler et al., 2004 in Brinkmann et al., 2006
Grèce (Dydimos Lofos)	2010	5,5	Geogiakis P., Fapadatou E. et WWF Hellas 2010
Grèce (Monastiri)	2010	6,5	Geogiakis P., Fapadatou E. et WWF Hellas 2010
Candal Coelheira (Portugal)	2006, 2007	7,8	Alves et al., 2007, Amorim 2009 in Dubourg-Savage et al., 2011
Prellenkirchen (Autriche)	09/2003 - 09/2004	8	Traxler et al., 2004 in Brinkmann et al., 2006
Cantons de bern et de Lucerne (Suisse)	06/10/2007	8,2	Leuzinger, 2008
Grèce (Mati)	2010	10,8	Geogiakis P., Fapadatou E. et WWF Hellas 2010
District de Fribourg (Allemagne)	Début 04 - mi 05 et mi 07 - mi 10/2005	11,8	Brinkmann et al., 2006
S. Pedro (Portugal)	2006	12	Alves et al., 2007 in Dubourg-Savage et al., 2011
Grèce (Sapka)	2010	13,2	Geogiakis P., Fapadatou E. et WWF Hellas 2010
Navarre (Espagne)	03/200 - 03/2001	13,3	Lekuona, 2001
Grèce (Kerveros)	2010	13,9	Geogiakis P., Fapadatou E. et WWF Hellas 2010
Caramulo (Portugal)	2006, 2007	14,2	Hortencio et al., 2007, Silva et al., 2008
District de Fribourg (Allemagne)	fin 07 - fin 10/2004	20,9	Brinkmann et al., 2006
Outeiro (Portugal)	2006, 2008	26,3	in Dubourg-Savage et al., 2011

6.1.2 Analyse qualitative des impacts sur les chiroptères

L'appréciation des impacts qualitatifs des parcs éoliens sur les chiroptères se concentre sur les résultats des suivis d'activité en nacelle et ceux du suivi de la mortalité au sol. Les espèces très actives en nacelle d'éolienne mais non retrouvées à l'état de cadavres au sol sont effectivement considérées dans l'analyse puisqu'elles ont pu être impactées sans être découvertes au sol (biais liée à la détection et la prédation).

➤ Définition des risques d'occurrence de mortalité

Pour chaque espèce contactée et/ou impactée par les éoliennes, il est possible d'évaluer l'intensité de son exposition au risque de mortalité sur le site à partir :

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

Trois principaux niveaux de sensibilité à l'éolien sont définis sur la base des connaissances bibliographiques actuelles (et notamment, sur la liste de T. DÜRR 2022) :

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

Des niveaux intermédiaires sont créés pour les espèces ne correspondant pas tout à fait aux niveaux présentés ci-dessus.

Cinq modalités ont été retenues pour renseigner le niveau de fréquentation (risque local des espèces sur la base des résultats de suivi d'activité en hauteur et des données de fonctionnement de l'éolienne (nombre de tours par minute des pales)) :

- Très faible : espèce non identifiée précisément sur le site ou non présente dans l'activité réellement à risque ;
- Faible : quelques contacts ponctuels réellement à risque ;
- Faible à modérée : quelques contacts ponctuels réellement à risque d'intensité faible à modéré ;
- Modéré : plusieurs contacts réellement à risque, répartis sur plusieurs périodes de l'année ;
- Modéré à fort : activité à risque régulière répartie sur toute la période suivie.

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

Figure 131 : Niveau d'intensité des risques de mortalité (en vert, les espèces identifiées certitude via le suivi d'activité en hauteur et/ou le suivi de la mortalité au sol)

Espèce	Nom scientifique	Sensibilité théorique vis-à-vis de l'éolien	Niveau de fréquentation tour rotor ≥ 1	Mortalité brute recueillie lors du suivi 2022	Risque d'occurrence de mortalité sur le site
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Forte	Modéré à fort	3	Fort
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Forte	Modéré		Modéré à fort
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Forte	Faible à modéré	1	Modéré à fort
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Forte	Faible		Modéré
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Modérée à forte	Faible		Faible à modéré
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Forte	Très faible		Faible à modéré
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Modérée à forte	Très faible		Faible à modéré
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Modérée	Très faible		Faible

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

- **Forte** pour la Noctule commune ;
- **Modérée à forte** pour la Noctule de Leisler et la Pipistrelle commune ;
- **Modérée** pour la Pipistrelle de Nathusius ;
- **Faible à modérée** pour la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle pygmée et la Sérotine bicolore ;
- **Faible** pour la Sérotine commune.

➤ Définition des impacts théoriques du parc éolien de Champagne Berrichonne

Niveau de patrimonialité

Les niveaux de patrimonialité sont évalués en prenant en compte pour chaque espèce leurs :

- Priorité dans le Plan National d'Action chiroptères (2016-2025)
- Tendance évolutive (PNA 2016-2025)
- Statut de la liste rouge UICN (Mondiale)
- Statut de la liste rouge UICN (Europe)
- Statut de la liste rouge nationale (2017)
- Statut de la liste rouge régionale (2013)

Risque d'occurrence

Correspondant aux risques d'occurrence de mortalité sur le site exposé précédemment

Niveau d'impact théorique

Les niveaux d'impact théorique attendus sont évalués en croisant le niveau de patrimonialité avec le niveau du risque d'occurrence.

Figure 132 : Évaluation des impacts du parc éolien de Champagne berrichonne sur les chauves-souris (en vert les espèces identifiées avec certitude via le suivi d'activité en hauteur et/ou le suivi de la mortalité au sol)

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

Finalement, les espèces ayant d'impact théorique le plus important (modéré à fort) correspondent à des espèces très patrimoniales et sensibles à l'éolien, c'est-à-dire la **Noctule commune** et la **Noctule de Leisler**. Elles sont suivies de la **Pipistrelle commune** et la **Pipistrelle de Nathusius** qui présentent un niveau d'impact théorique modéré. Les autres espèces ont des niveaux d'impact plus faibles.

Seules les espèces de Noctule commune et de Pipistrelle commune ont été retrouvées sous les éoliennes. De ce fait, l'impact qualitatif du parc sur ces espèces varie de Modéré à fort à Modéré.

6.2 Impact sur l'avifaune

6.2.1 Analyse quantitative et comparaisons avec d'autres parcs éoliens

3 cadavres d'oiseaux furent retrouvés sous les éoliennes au cours de la campagne de suivi menée entre le 1^{er} août et le 18 novembre 2022.

Le taux de mortalité du parc éolien de Champagne berrichonne a été estimé à entre **10 et 14 cas de mortalité par éolienne et par an, soit entre 50 et 70 mortalités par an pour le parc éolien de Champagne berrichonne.**

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 Champagne berrichonne peut être qualifié de faible à modéré par rapport à d'autres parcs suivis en France ou en Europe.

6.2.2 Analyse qualitative des impacts sur l'avifaune

Comme vu précédemment pour les chiroptères, nous proposons par la suite une évaluation de l'impact du parc sur ces espèces au regard des mortalités constatées, mais aussi en prenant en compte leur valeur patrimoniale et leur sensibilité.

Figure 133 : Tableau des niveaux d'impact théoriques par espèce définis pour le parc éolien de Champagne berrichonne

Nom de l'espèce	Sensibilité	Nombre de mortalités	Risque d'occurrence (sensibilité * nb de mortalités)	Patrimonialité	Niveau d'impact théorique (risque d'occurrence * patrimonialité)
Mouette rieuse	Modéré	2	Faible à modéré	Modéré à fort	Modéré à fort
Roitelet à triple bandeau	Faible	1	Faible	Faible	Faible

Finalement, l'impact théorique sur l'avifaune varie de Faible à Modéré à fort selon les espèces.

7 ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES MESURES DE RÉGULATION

Le pattern de régulation du parc préconisé pour l'année 2022 est défini selon les paramètres suivants :

- **Du 1^{er} mai au 25 juin et,**
- **Vitesses de vents inférieures à 4 m/s** (à hauteur de moyeu des éoliennes) et,
- **Températures supérieures à 7 °C et,**
- **Durant toute la nuit (du coucher du soleil au lever du soleil) et,**
- **Pour toutes les éoliennes,**

- **Du 26 juin au 15 septembre et,**
- **Vitesses de vents inférieures à 6 m/s** (à hauteur de moyeu des éoliennes) et,
- **Températures supérieures à 10 °C et,**
- **De 30 minutes après le coucher du soleil à 30 minutes avant lever du soleil et,**
- **Pour toutes les éoliennes,**

- **Du 16 septembre au 31 octobre et,**
- **Vitesses de vents inférieures à 5 m/s** (à hauteur de moyeu des éoliennes) et,
- **Températures supérieures à 10 °C et,**
- **Durant toute la nuit (du coucher du soleil au lever du soleil) et,**
- **Pour toutes les éoliennes.**

A la suite de la découverte des cadavres de Noctule commune le 16 août et le 18 août, le parc a été à l'arrêt complet la nuit sur la période allant du 19 août au 22 août. La régulation a finalement été effective à partir du 23 août 2022.

La régulation spécifique aux oiseaux est définie par un arrêt des machines selon les conditions suivantes :

- **Du 15 septembre au 15 novembre et,**
- **Du coucher du soleil à 30 minutes après le coucher du soleil et,**
- **De 2 heures avant le lever du soleil jusqu'au lever du soleil et,**
- **Pour toutes les éoliennes.**

Ce bridage n'a pas été opérationnel sur toute la phase prévue ; Celui-ci a été mis en œuvre à partir du 5 octobre.

7.1 Concernant les chiroptères

7.1.1 Confrontation entre les données de mortalité et les données d'activité

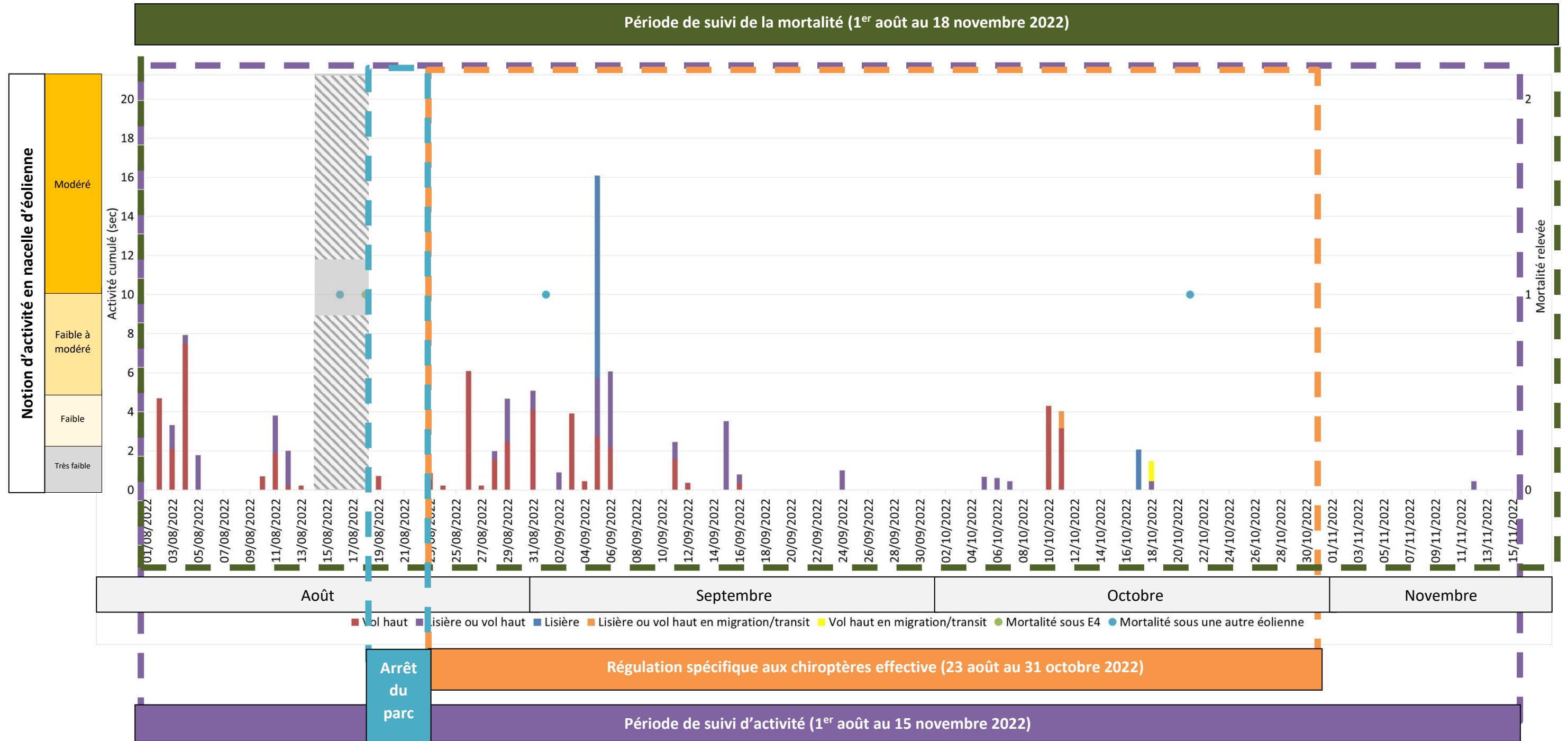
La Figure 134 représente les chronologies comparées de l'activité à risque des chauves-souris mesurées en nacelle d'éolienne, c'est-à-dire une activité relevée pour des vitesses de tour de rotor supérieures ou égales à 1 tour par minute (lorsque les pales tournent). Sont également représentées sur ce graphique les périodes suivies par les recherches de mortalité, les périodes de suivi de l'activité des chauves-souris, les périodes de régulation des éoliennes spécifiques aux chiroptères et les données de mortalité relevées.

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

Pour 2 des 4 cadavres retrouvés au sol, la corrélation entre l'activité à risque et leur découverte au sol ne sera pas possible (saturation de l'enregistreur en hauteur du 14 au 18 août). Pour les 2 autres cas, l'un semble lié à une activité à risque en hauteur (cas de noctule en août), l'autre ne semble pas lié à une activité à risque en hauteur. Mais étant relevé sous une autre éolienne que celle équipée d'un enregistreur, il se peut que l'activité à risque soit légèrement différente.

A l'inverse, aucun cadavre n'a été retrouvés après des nuits de pics d'activité relevés le 23 août, le 26 août et le 11 octobre. Pour ces nuits particulières, 0,87 seconde d'activité à risque ont été enregistrées en nacelle de l'éolienne E4 le 23 août par des vitesses de vent supérieures à 6 m/s, 6,09 secondes d'activité à risque ont été enregistrées le 26 août pour des vitesses de vent comprises entre 6,3 et 6,5 m/s. Et enfin, 4,02 secondes d'activité à risque ont été enregistrées le 11 octobre pour des vitesses de vents de 5,6 m/s. La majeure partie de l'activité chiroptérologique relevée au cours de ces nuits particulières a donc été protégée par la régulation en vigueur sur le parc.

Figure 134 : Chronologies comparées de l'activité chiroptérologique relevée lorsque les pales tournent (sur la base des données recueillies en nacelle d'éolienne E4) et des mortalités constatées au sol en 2022



7.1.2 Vérification du dimensionnement de la régulation

Il s'agit de s'intéresser à chaque paramètre de régulation à proprement parler, afin d'évaluer l'efficacité du pattern de régulation préconisé à l'issue du rapport de suivi post-implantation de 2019.

➤ Concernant la plage de fonctionnement des mesures de régulation

D'après la Chronologie de l'activité, page 26, les chauves-souris ont été actives jusqu'au 12 novembre. Cependant, seule 0,44 seconde ont été enregistrées après le 31 octobre et la majeure partie de l'activité automnale a eu lieu durant la fin du mois d'août ainsi que le début du mois de septembre.

La plage de fonctionnement du bridage est donc bien proportionnée par rapport à l'activité observée sur le site en automne.

➤ Concernant le seuil de vitesse du vent

L'analyse menée au paragraphe de l'Influence de la vitesse du vent, page 29, a pu mettre en évidence que l'activité des espèces de lisières a été relevée jusqu'à des vitesses de vent de 10,5 m/s et jusqu'à 12 m/s pour les espèces de vol haut. La majeure partie de **l'activité des chiroptères a été enregistrée pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 8 m/s.**

D'après les données enregistrées, 78% de l'activité des chauves-souris est relevée pour des vitesses du vent **inférieures ou égales à 6 m/s** (82% pour les espèces de vol haut et 12% pour les espèces de lisière) entre le 1^{er} août et le 15 septembre.

Et, 75% de l'activité des chauves-souris est relevée pour des vitesses du vent **inférieures ou égales à 5 m/s** (86% pour les espèces de vol haut et 57% pour les espèces de lisière) entre le 16 septembre et le 31 octobre.

Le seuil de vitesse de vent du bridage semble donc sous-dimensionné d'après l'activité relevée en nacelle d'éoliennes E4 2022.

➤ Concernant le seuil de température

À propos de la température, l'analyse menée au paragraphe de l'Influence de la température, page 30, a pu mettre en évidence que l'intégralité de l'activité en hauteur a été relevée pour des températures supérieures à 10 °C. Les pics d'activité ont été relevés par des températures variant entre 15 °C et 26 °C.

Le seuil de 10 °C est donc jugé pertinent sur la base des données d'activité de 2022.

➤ Concernant les horaires de fonctionnement au cours de la nuit

D'après l'analyse menée au paragraphe du Rythme d'activité nocturne, page 31, **l'intégralité de l'activité est relevée entre le coucher du soleil et le lever du soleil.**

Les horaires de fonctionnement sont donc jugés suffisants, sur la base des données d'activité de 2022.

➤ Analyse de l'activité théoriquement à risque

Sur la base des données d'activité des chauves-souris et des données météorologiques relevées en nacelle d'éolienne E4 en 2022, il est possible de simuler l'activité qui devait être à risque sur la base des paramètres de régulation.

En prenant les résultats de l'éolienne équipée, 69,27 secondes d'activité cumulée devaient être théoriquement à risque sur les 294,41 secondes d'activité totale. Autrement dit, 23,53 % de l'activité chiroptérologique a été relevée en hauteur lorsque les conditions n'entraînaient pas de régulation des machines. **Ce pourcentage indique donc que 76,47 % de l'activité enregistrée en nacelle en 2022 devait être théoriquement protégée.**

Finalement, l'analyse des paramètres de régulation pris un à un et la simulation de l'activité non protégée par le pattern, lorsque les conditions n'entraînaient pas de régulation des machines, démontrent que **le dimensionnement de la régulation semble légèrement sous-dimensionné aux conditions de risque de mortalité mise en évidence au cours de l'année 2022 sur le parc éolien de Champagne berrichonne.**

Figure 135 : Simulation de l'activité totale qui devait être à risque en nacelle de l'éolienne E4, compte tenu des paramètres de régulation, en fonction des groupes de vol

Activité	Groupe de vol					Total général
	Vol haut	Lisière ou vol haut	Lisière	Lisière ou vol haut en migration / transit	Vol haut en migration / transit	
Activité cumulée protégée	143,69	67,54	13,04	0,88	0,00	225,15
Activité cumulée restante à risque	30,24	18,92	19,07	0,00	1,03	69,27
Total	173,94	86,46	32,11	0,88	1,03	294,41
Pourcentage d'activité protégée	82,61%	78,12%	40,61%	100%	0%	76,47%

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

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

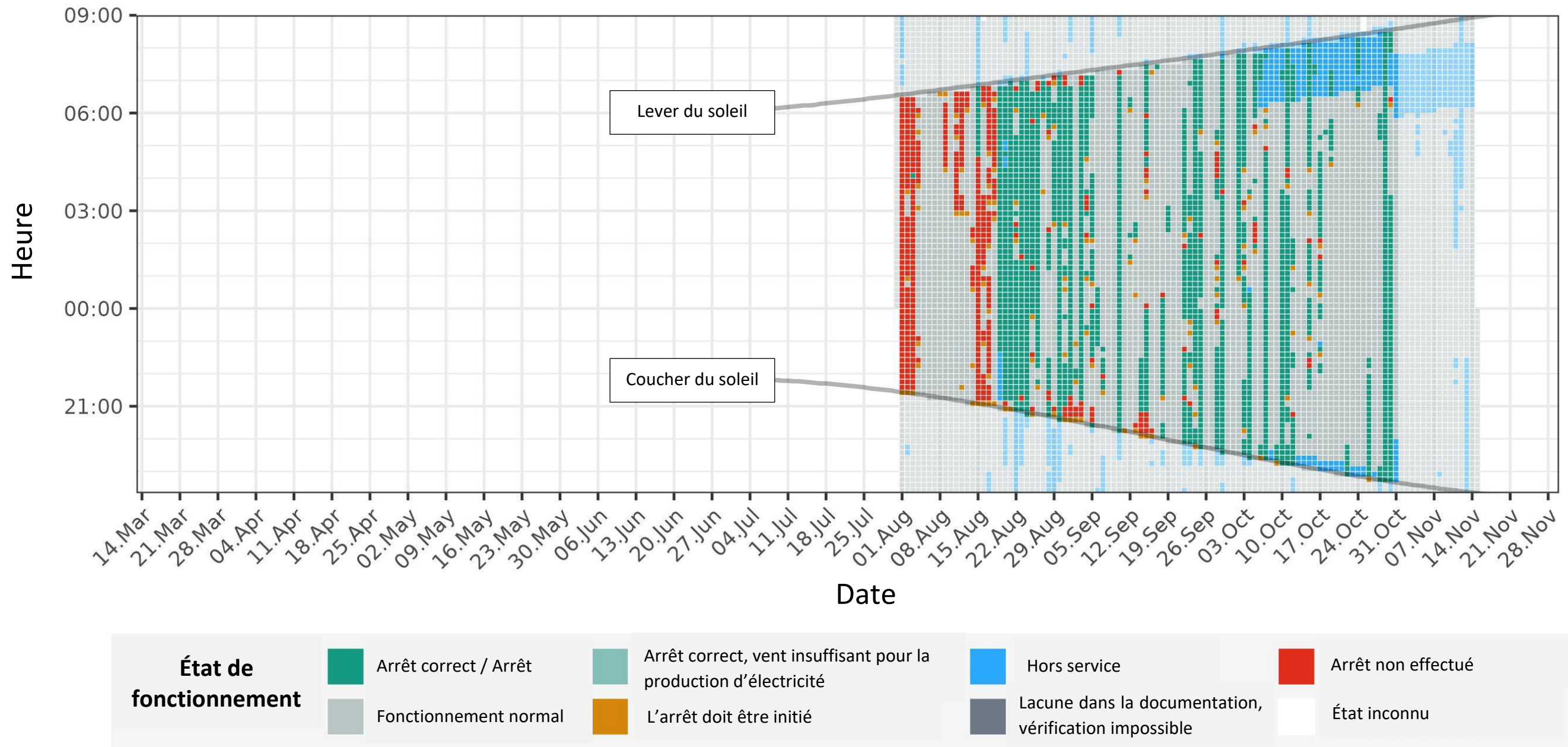
Cette application se nomme Probat Inspector (© OekoFor GbR ; <https://oekofofor.shinyapps.io/probat-inspector/>). Les sorties obtenues, disponibles à la Figure 137, page 131 pour l'éolienne E4 et en Annexes 4, 5, 6 et 7, de la page 158 à la page 161, pour les éoliennes E1, E2, E3 et E5, indiquent qu'en moyenne, pour les 5 éoliennes étudiées, dans **75,20 % du temps le bridage demandé a fonctionné correctement** ; que dans 19,26 % des cas les éoliennes étaient en fonctionnement alors que les conditions de bridages étaient réunies ; et que dans 5,54 % des cas les conditions étaient réunies pour le lancement du bridage (ce type de cas est représenté par des carrés orange et doit être suivi de carrés verts logiquement qui démontrent la bonne mise en place de la régulation).

Il est donc observé une mise en place du bridage globalement correcte seulement à partir du 19 août. Du 1^{er} août au 18 août, le bridage n'est pas implanté, et ce dans aucune des 5 éoliennes. Cette mauvaise implantation est potentiellement responsable des mortalités constatées en pied de machine le 16 et le 18 août. La bonne mise en place du bridage, durant toute la période préconisée, est indispensable à la bonne efficacité de ce dernier.

Figure 136 : Fonctionnement de la régulation sur le parc de Champagne Berrichonne, entre le 1^{er} août et le 31 octobre 2022

Éolienne	Manque de données, vérification impossible	Mise en place correcte	Mauvaise mise en place	Conditions favorables au lancement du bridage
E1	0,0%	73,5%	20,8%	5,7%
E2	0,0%	75,6%	18,6%	5,8%
E3	0,0%	77,1%	17,9%	5,0%
E4	0,0%	76,3%	18,2%	5,5%
E5	0,0%	73,5%	20,8%	5,7%
Moyenne	0,00%	75,20%	19,26%	5,54%

Figure 137 : Chronologie nocturne du fonctionnement de la régulation, sur l'éolienne E4 (extrait du rapport issu de Probat inspector (© OekoFor GbR ; <https://oekofor.shinyapps.io/probat-inspector/>))



Graphique de vérification de l'arrêt de l'éolienne E4, en 2022.

Sur les 2 422 intervalles de 10 minutes au cours desquels l'éolienne a dû être éteinte, elle a été **correctement éteinte ou s'est arrêtée dans 76,3 %**.

Dans **18,2 %** des cas, **l'arrêt n'a pas été exécuté**.

Dans **0 %** des intervalles de 10 minutes pendant la période d'arrêt, il n'a pas été possible de vérifier s'il y avait un arrêt obligatoire ou si le système fonctionnait en raison d'un **manque de documentation**.

7.1.4 Comparaison interannuelle des données brutes de mortalité et des taux de mortalité estimés

Les résultats de suivi de la mortalité au cours de ces 5 années de suivi montrent une fluctuation des mortalités brutes retrouvées sous les éoliennes et des taux de mortalité estimés (cf. tableau page suivante).

Entre 2018 et 2019, le nombre de mortalités retrouvées a augmenté. Bien que la période de prospection soit plus longue et que l'effort de prospection soit plus intense entre ces 2 années de suivi, les mortalités sont toutes condensées entre début août et début septembre en 2019. La majeure partie des mortalités a été retrouvée en période de régulation acoustique à 4 m/s. Le rapport de 2018 proposait de réguler les machines dès le 26 juin à 6 m/s. **La mise en place tardive de la régulation au 27 août est donc en cause pour expliquer ces cas de mortalité retrouvés. 1 cadavre a aussi été retrouvé en période de régulation des machines, ciblée sur les chiroptères.**

Entre 2019 et 2020, le nombre de mortalités retrouvées a fortement réduit. La régulation a été mise en œuvre sur toute la plage de régulation préconisée en 2020. **2 cadavres de pipistrelles ont tout de même été retrouvés en période de régulation des machines, en juillet. Il n'y a pas de lien évident entre l'activité relevée en plein ciel et ces 2 mortalités.**

Entre 2020 et 2021, le nombre de mortalités retrouvées a augmenté. La régulation n'a pas été effective du 9 août au 7 octobre 2021, l'éolienne E5 (dysfonctionnement) conduisant à la découverte de 4 des 5 cadavres retrouvés. **Le dysfonctionnement en E5 est donc en cause pour expliquer la majorité de ces cas de mortalité retrouvés. 1 cadavre de Noctule commune a aussi été retrouvé en période de régulation des machines à la mi-août sous E1 (régulée).**

Entre 2021 et 2022, le nombre de mortalités retrouvées est comparable. La régulation a été effective à partir du 19 août sur le parc en 2022. **Sur les 4 mortalités retrouvés, 2 pourraient être liées à ce défaut de régulation. 1 cadavre de Noctule commune et 1 cadavre de Pipistrelle commune ont aussi été retrouvés en période de régulation des machines. Pour cette dernière campagne de suivi, les chauves-souris ont volé par des vents plus importants, supposant un sous-dimensionnement ponctuel du pattern.**

Finalement, les résultats de suivis de mortalité ont pu mettre en lumière les dysfonctionnements ou mises en place tardives de la régulation pour les chiroptères sur le parc. **Il reste finalement difficile d'évaluer l'efficacité de la régulation dans ces conditions. A ce stade, il apparaît essentiel de s'assurer que les machines soient bien régulées selon les paramètres définis dans le rapport de suivi post-implantation de 2019, sur toute la période de suivi.**

Il en ressort également que la **période la plus à risque** pour les chiroptères sur ce parc est située entre **août et octobre** essentiellement et concerne en grande partie les **noctules**.

Figure 138 : Bilan des résultats de suivi de la mortalité et des moyens mis en œuvre pour réduire la mortalité de la faune volante

Année de suivi	2018	2019	2020	2021	2022
Période de suivi	16 visites entre février et octobre	24 visites entre le 13/05 et le 23/10	34 visites entre le 17/06 et le 13/11	37 visites entre le 29/06 et le 12/11	32 visites entre le 01/08 et le 18/11
Mortalité brute	3 noctules de Leisler 2 noctules communes 1 Pipistrelle de Nathusius N = 6 cas	2 noctules de Leisler 1 Noctule commune 1 Pipistrelle de Kuhl 5 pipistrelles communes N = 9 cas	2 pipistrelles communes N = 2 cas	4 noctules communes (dont 3 sous E5) 1 Pipistrelle commune (sous E5) N = 5 cas	3 noctules communes 1 Pipistrelle commune N = 4 cas
Période de mortalité	Entre fin août et fin octobre	Entre début août et début septembre	Juillet uniquement	Août uniquement	En août pour les noctules, en octobre pour les pipistrelles
Taux de mortalité estimé	10-12 cas/éolienne/an	22-23 cas/éolienne/an	4-7 cas/éolienne/an	6-10 cas/éolienne/an	19-24 cas/éolienne/an
Niveau quantitatif	Modéré	Fort	Faible	Faible à modéré	Modéré à fort
Régulation effective	Régulation acoustique : - Toute l'année - Vent < 4 m/s, - Toute la nuit (du coucher du soleil au lever du soleil), - Toutes les éoliennes	Régulation acoustique : - Toute l'année - Vent < 4 m/s, - Toute la nuit (du coucher du soleil au lever du soleil), - Toutes les éoliennes Régulation chiroptères : Du 27/08 au 15/09 (mise en place tardive) : - Vent < 6 m/s, - Température > 10°C, - De 30 min après le coucher du soleil à 30 min avant le lever du soleil, - Toutes les éoliennes Du 16/09 au 21/10 : - Vent < 5 m/s, - Toute la nuit (du coucher du soleil au lever du soleil), - Toutes les éoliennes	Régulation chiroptères : Du 01/05 au 25/06 : - Vent < 4 m/s, - Température > 7°C - Toute la nuit (du coucher du soleil au lever du soleil), - Toutes les éoliennes Du 26/06 au 15/09 : - Vent < 6 m/s, - Température > 10°C, - De 30 min après le coucher du soleil à 30 min avant le lever du soleil, - Toutes les éoliennes Du 16/09 au 21/10 : - Vent < 5 m/s, - Température > 10°C, - Toute la nuit (du coucher du soleil au lever du soleil), - Toutes les éoliennes Régulation avifaune : Du 15/10 au 15/11 (mise en place tardive) : - Du coucher du soleil à 30 min après et de 2 heures avant le lever du soleil jusqu'au lever du soleil, - Toutes les éoliennes	Régulation chiroptères : Du 01/05 au 25/06 : - Vent < 4 m/s, - Température > 7°C - Toute la nuit (du coucher du soleil au lever du soleil), - Toutes les éoliennes Du 26/06 au 15/09 : - Vent < 6 m/s, - Température > 10°C, - De 30 min après le coucher du soleil à 30 min avant le lever du soleil, - Toutes les éoliennes Du 16/09 au 21/10 : - Vent < 5 m/s, - Température > 10°C, - Toute la nuit (du coucher du soleil au lever du soleil), - Toutes les éoliennes NB : Régulation non mise en place sur E5 sur la période du 09/08 au 07/10 Pas de mise en place de la régulation avifaune	Régulation chiroptères : Arrêt du parc toute la nuit du 19/08 au 22/08 Du 23/08 au 15/09 (mise en place tardive) : - Vent < 6 m/s, - Température > 10°C, - De 30 min après le coucher du soleil à 30 min avant le lever du soleil, - Toutes les éoliennes Du 16/09 au 21/10 : - Vent < 5 m/s, - Température > 10°C, - Toute la nuit (du coucher du soleil au lever du soleil), - Toutes les éoliennes Régulation avifaune : Du 07/10 au 15/11 (mise en place tardive) : - Du coucher du soleil à 30 min après et de 2 heures avant le lever du soleil jusqu'au lever du soleil, - Toutes les éoliennes

7.2 Concernant les oiseaux

Après la surmortalité d'oiseaux relevée en 2019, une régulation spécifique aux oiseaux en période de migration a été préconisée en 2020. L'efficacité de cette dernière n'avait pas pu être évaluée en fin de suivi, du fait du non mise en œuvre de la régulation, liée à des soucis techniques.

En 2021, la régulation visant à protéger les passereaux migrateurs n'a pas été implantée en machine, du 15 septembre au 15 novembre 2021. Bien qu'aucune mortalité de passereaux migrateurs n'ait été constatée sur cette période, il semble difficile d'évaluer l'efficacité ou non de ce pattern. Cette période correspond à la fin de l'activité migratoire, l'activité migratrice peut se révéler très aléatoire.

En 2022, la régulation ciblée sur l'avifaune semble avoir été mise en place partiellement (à partir du 07 octobre d'après Probat). Un cadavre de Roitelet à triple bandeau a été trouvé, le 07 octobre, la mortalité a donc eu lieu lorsque la régulation était défectueuse. Le 2ème cadavre de Roitelet à triple bandeau a été trouvé le 31 octobre, en période de fonctionnement de la régulation. **Dans ces conditions, il est difficile de statuer sur l'efficacité de réduction des risques de mortalité sur l'avifaune migratrice de cette de mesure.**

8 PROPOSITION DE MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS

8.1 Modification de la mesure de régulation nocturne des machines

Les analyses précédentes ont pu montrer d'une part que le pattern de régulation était légèrement sous-dimensionné (protection de 76% de l'activité relevée en période automnale, période la plus à risque sur ce parc). Ce sous-dimensionnement est directement lié à des vols par vitesses de vent plus importantes. D'autre part, que les noctules (et notamment la Noctule commune) sont les espèces les plus actives et les plus impactées au cours de ces 5 années de suivi. Ces dernières, très patrimoniales, mais aussi sensibles à l'éolien, sont capables de voler par des vents plus importants que les pipistrelles.

L'impact quantitatif du parc est estimé à modéré en 2022 pour les chiroptères. Il est aussi non négligeable sur la Noctule commune et la Pipistrelle commune retrouvée sous les machines en 2022.

C'est pourquoi, en 2023, il est proposé de retenir un nouveau pattern de régulation qui se traduira par un arrêt automatique des éoliennes lorsque les conditions suivantes seront réunies :

- Du 1^{er} mai au 25 juin et,
 - Vitesses de vents inférieures à 4 m/s (à hauteur de moyeu des éoliennes) et,
 - Températures supérieures à 7 °C et,
 - Durant toute la nuit (du coucher du soleil au lever du soleil) et,
 - En l'absence de précipitation notable (pluie d'une durée > 15 min et précipitations > 5mm/h) et,
 - Pour toutes les éoliennes,
- Du 26 juin au 15 septembre et,
 - **Vitesses de vents inférieures à 6,5 m/s** (à hauteur de moyeu des éoliennes) et,
 - Températures supérieures à 10 °C et,
 - De 30 minutes après le coucher du soleil à 30 minutes avant lever du soleil et,
 - En l'absence de précipitation notable (pluie d'une durée > 15 min et précipitations > 5mm/h) et,
 - Pour toutes les éoliennes,
- Du 16 septembre au 31 octobre et,
 - Vitesses de vents inférieures à 5 m/s (à hauteur de moyeu des éoliennes) et,
 - Températures supérieures à 10 °C et,
 - Durant toute la nuit (du coucher du soleil au lever du soleil) et,
 - En l'absence de précipitation notable (pluie d'une durée > 15 min et précipitations > 5mm/h) et,
 - Pour toutes les éoliennes.

Cette modification du pattern permet finalement de protéger 83,61 % de l'activité chiroptérologique, soit 246,15 secondes (Figure 139). Ainsi, **ce pattern permet de protéger 7,14 % d'activité en plus**. Cette modification devrait profiter à la Noctule commune, espèce particulièrement impactée en 2022.

Figure 139 : Tableau résumant l'activité protégée par le pattern préconisé

Activité	Groupe de vol					Total général
	Vol haut	Lisière ou vol haut	Lisière	Lisière ou vol haut en migration / transit	Vol haut en migration / transit	
Activité cumulée protégée	159,68	72,56	13,04	0,88	0,00	246,15
Activité cumulée restante à risque	14,25	13,90	19,07	0,00	1,03	48,26
Total	173,94	86,46	32,11	0,88	1,03	294,41
Pourcentage d'activité protégée	91,81%	83,92%	40,61%	100%	0%	83,61%

8.2 Veiller à la bonne implantation du pattern de régulation

Les différentes années de suivi ont pu montrer que la régulation nocturne pour les chiroptères étaient souvent partiellement mis en place (date de mise en place tardive ou sur une partie des éoliennes du parc). Un fort lien existe entre les mortalités brutes retrouvées au sol et les défauts d'implantation en machine.

Il apparaît donc **crucial que l'exploitant fasse un point avec le turbinier pour veiller à ce que la régulation nocturne des machines soit correctement mis en place** selon les termes définis au chapitre précédent (8.1).

Il s'agira également de mettre en place un suivi de la régulation sur toute la période de fonctionnement pour détecter au plus tôt les éventuels dysfonctionnements et donc corriger le problème dans les plus brefs délais.

A cet effet, EDPR a mis en place une vérification hebdomadaire du fonctionnement des paramètres de bridage (chiroptère et passereaux), depuis fin 2022, sur l'ensemble de ses parcs exploités. Un rapport annuel est compilé et tenu à la disposition de l'inspection des installations classées

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

Il s'agira d'éviter autant que possible de recréer des conditions favorables au développement des d'insectes dans l'entourage des éoliennes, ce qui pourrait créer de nouvelles zones de chasse et donc des niches écologiques pour les chauves-souris et les oiseaux insectivores. Il s'agit donc :

- De limiter la création de talus enherbés sous les éoliennes, au niveau des chemins et plateformes de levage (c'est-à-dire sous le champ de rotation des pales) ;
- De favoriser des aménagements les plus artificialisés sous les éoliennes, avec des revêtements inertes (gravillons) ne favorisant pas la repousse d'un couvert végétal ;
- D'entretenir ces aménagements par des coupes mécaniques au moins 2 fois par an dont un passage mi-mai et un autre fin juin (excluant l'utilisation de pesticides) ;
- De ne pas entreposer de tas de fumier ou de graines sous les éoliennes ;
- De ne pas laisser stagner de l'eau sous la zone de rotor.

8.4 Re conduite des mesures de régulation des machines ciblées sur la faune volante

Pour ce qui est de la régulation ciblée sur les passereaux migrateurs nocturnes, son efficacité n'a pas pu être évaluée complètement car celle-ci n'a été mise en œuvre que partiellement (à partir du 7 octobre 2022). Il est préconisé de reconduire sa mise en place en machine. Pour rappel, la régulation spécifique aux oiseaux, correspondant à un arrêt des machines en période de migration, est définie selon les conditions suivantes :

- **Du 15 septembre au 15 novembre et,**
- **Du coucher du soleil à 30 minutes après le coucher du soleil et,**
- **De 2 heures avant le lever du soleil jusqu'au lever du soleil et,**
- **Pour toutes les éoliennes.**

9 SUIVIS POUR VERIFIER L'EFFICACITE DES MESURES DE REDUCTION

9.1 Suivi de la mortalité

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

Ce suivi de mortalité devra être effectué en particulier sur la base des résultats de mortalité de 2022 de manière à cibler les périodes les plus accidentogènes. Ce suivi de mortalité devra donc idéalement se dérouler de début août à début novembre 2023, afin de recouvrir la période de modification du pattern de régulation.

Il s'agira donc d'effectuer 14 visites, réparties sur 28 semaines, à raison de deux visites par semaine étant donnée du taux de prédation élevé sur le site. Le planning ci-dessous permet de visualiser la répartition des visites au cours de l'année 2023.

9.2 Suivi de l'activité des chiroptères en nacelle

Comme évoquée dans les paragraphes précédents, la modification du plan de régulation des éoliennes en 2023 devrait entraîner une diminution des impacts du parc éolien de Champagne Berrichonne sur les chiroptères. La mise en œuvre correcte de la régulation devrait aussi fortement y contribuer.

Mais afin de vérifier l'efficacité de cette mesure de régulation, il sera également nécessaire d'effectuer en parallèle du suivi de mortalité (cf. paragraphe ci-dessus) un suivi d'activité en nacelle.

Ce dernier couvrira l'ensemble de la période du suivi de la mortalité au sol et permettra d'évaluer l'efficacité du plan de bridage sur la période modifiée. Ce dernier s'étalera donc d'août à octobre.

Dans l'idéal, il s'agirait d'équiper la même éolienne pour faciliter les comparaisons interannuelles, soit l'éolienne E4.

Il s'agira donc de mettre en relation les résultats de mortalité avec l'activité au niveau des nacelles et des bases d'éoliennes et les conditions météorologiques. Ainsi, si des niveaux d'impacts très faibles sont observés au regard des suivis des années précédentes, cela permettra de valider l'efficacité du plan de bridage proposé dans le présent rapport envers la protection des chiroptères sur le parc de Champagne Berrichonne.

Figure 140 : Calendrier des visites préconisées pour le suivi de la mortalité et du suivi d'activité en nacelle en 2023

	Avril 2023			Mai 2023			Juin 2023			Juil. 2023			Août 2023			Sept. 2023			Oct. 2023			Nov. 2023			Dec. 2023													
Suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris														2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2													
Suivi de l'activité des chiroptères en hauteur																																						
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51

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.
- **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.** 2015. — *Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Deuxième édition.* Muséum national d'Histoire naturelle, Paris ; Biotope, Mèze, 544 p. (Hors collection ; 38).
- **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
- **BARATAUD M.** 2015. – Écologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportement de chasse. Biotope, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et Biodiversité), 344 p.
- **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
- **BEUCHER Y. KELM V., GEYELIN M. PICK D.** (2010) - Parc éolien de Castelnau-Pégayrols (12) ; suivi évaluation post-implantation de l'impact sur les chauves-souris. Bilan de campagne de la première et de la deuxième année d'exploitation (2009 2010).
- **BEUCHER Y., ALBESPY F., MOUGNOT J.** (2012) - Projet éolien de Gelles et Heume l'Eglise (63) Focus sur la Grande Noctule *Nyctalus lasiopterus* (Schreber, 1780). Prospections complémentaires visant la localisation de gîtes et la précision des enjeux. 62 p.
- **BUREAU DE COORDINATION ENERGIE EOLIENNE** (2009) – Méthodes pour l'analyse et la réduction du risque de collision de chiroptères avec des installations éoliennes terrestres. Synthèse de congrès chauves-souris. Hanovre, 9 juin 2009. 5 p.
- **CORNUT J. VINCENT S.** (2010) – Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du Sud de la région Rhône-Alpes. LPO Drôme. 39 p.
- **COSSON, M., DULAC, P.** (2004) : Suivi Évaluation de l'impact du parc Éolien de Bouin, 2003 : Comparaison État initial et fonctionnement des Éoliennes. A.D.E.M.E. Pays de la Loire, Région Pays de la Loire, L.P.O., Rochefort, 91 p.
- **DEJEAN S.** (2007) – Clé de détermination des chauves-souris de Midi-Pyrénées – En main- Cren/Gcmp DS. 16 p.
- **DIETZ C., VON HELVERSEN O.** (2004) – Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe. Version 1. Tuebingen & Erlangen (Allemagne). Traduction JC Louis. 56 p.
- **DUBOURG-SAVAGE M-J.,** (2005) : Impact des éoliennes sur les Chiroptères, de l'hypothèse à la réalité, *Arvicola XVI n°2*, SFPEM.
- **DUBOURG-SAVAGE M-J, BACH ET AL.** (2005): Report of the Intersessional Working Group on Wind Turbines and Bat Populations. Eurobats10th Meeting of the Advisory Committee Bratislava, Slovak Republic, 25 – 27 April 2005
- **DULAC, P.** (2008) : Évaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris Bilan des 5 années de suivi. Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon - Nantes, 106 pages.
- **DÜRR, T.** (2014). Relevé des cadavres de chiroptères. Statistique du bureau de l'environnement du Land de Brandebourg. Bilan de mars 2014.
- **EXEN** (2018). Parc éolien de Champagne Berrichonne (03) Suivi environnemental post-implantation 2017 ciblé sur les chauves-souris et sur les oiseaux. 90 p.
- **HORN, J., ARNETT, E., KUNZ, T.** (2008) : Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. *Journal of Wildlife Management* 72(1):123-132. 2008
- **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.
- **MARMET J.** (2014) Cahier technique d'identification des chiroptères (2014)...
- **MEEDDAT** (2010) - Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens. Actualisation 2010. 188p + annexes techniques.
- **NIERMANN I., BRINKMANN R., BEHR O., KORNER-NIEVERGELT F., MAGES J.** (2009) : Recherche systématique de cadavres –conditions méthodologiques, méthodes d'analyses statistique et résultats. Extrait d'une traduction des Synthèses des conférences tenues à Hanovre, le 09 juin 2009.
- **NORE T.** 1999. Vingt ans de marquage des nichées de buses variables *Buteo buteo* dans le centre de la France, *Alauda* 67, p307-318
- **ROCAMORA G., & YEATMAN-BERTHELOD D.,** (coord), 1999, Oiseaux menacés et à surveiller en France, SEOF, LPO.
- **SANE F. CHRISTOPHE F., MERLY S. (ALEPE)** (2012) - Contrôle de l'impact post-implantation du parc éolien de Lou Paou sur les habitats, l'avifaune et les chiroptères : bilan des 3 années de suivi (2008-2009-2010). 110 p.
- **THIOLLAY J.M. ET BRETAGNOLLE V.** (2004). Rapaces nicheurs de France, Distribution, effectifs et conservation. Delachaux et Niestlé, Paris, 176 p.
- **ULDRY V.** (2013) – Comparaison entre deux détecteurs d'ultrasons automatiques (Batcorder et Batlogger) dans le domaine de l'éolien. 36 p.

ANNEXES

Observation n°	Espèce	Nom latin	Type	Date	Force du vent	Direction du vent	Période	Heure du début d'observation ou d'écoute	N° du point d'observation ou d'écoute	Nombre	Sexe	Age	Précisions de comportement ou d'identification	Hauteur de vol (cf note méthodo)	Statut	IPA	Observateur
471	Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>	Passereau	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	07:56	6	1				2	N	0,5	BONNET Fanny
472	Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	Passereau	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	07:56	6	1				0	N	1	BONNET Fanny
473	Merle noir	<i>Turdus merula</i>	Passereau	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	07:56	6	1				0	N	1	BONNET Fanny
474	Pie bavarde	<i>Pica pica</i>	Intermédiaire	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:27	4	1			H1-H0	1	N	0,5	BONNET Fanny
475	Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	Passereau	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:27	4	3				1	N	1,5	BONNET Fanny
476	Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	Passereau	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:27	4	1				0	N	1	BONNET Fanny
477	Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	Passereau	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:27	4	2				2	N	2	BONNET Fanny
478	Merle noir	<i>Turdus merula</i>	Passereau	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:27	4	1				0	N	1	BONNET Fanny
479	Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Passereau	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:27	4	1				0	N	1	BONNET Fanny
480	Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	Intermédiaire	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:27	4	1				0	N	0,5	BONNET Fanny
481	Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	Passereau	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:27	4	1				0	N	1	BONNET Fanny
482	Bruant zizi	<i>Emberiza cirius</i>	Passereau	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:27	4	1				0	N	1	BONNET Fanny
483	Coucou gris	<i>Cuculus canorus</i>	Intermédiaire	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:27	4	1				0	N	1	BONNET Fanny
484	Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	Intermédiaire	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:27	4	2				0	N	1	BONNET Fanny
485	Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	Passereau	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:27	4	1				0	N	1	BONNET Fanny
486	Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Intermédiaire	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:27	4	1				1	N	0,5	BONNET Fanny
487	Caille des blés	<i>Coturnix coturnix</i>	Intermédiaire	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:27	4	1				0	N	1	BONNET Fanny
488	Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	Passereau	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:27	4	1				0	N	0,5	BONNET Fanny
489	Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	Passereau	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:27	4	1				0	N	1	BONNET Fanny
490	Verdier d'Europe	<i>Carduelis chloris</i>	Passereau	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:27	4	1				0	N	0,5	BONNET Fanny
491	Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	Intermédiaire	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:27	4	1			H1-H0	1	N	0,5	BONNET Fanny
492	Caille des blés	<i>Coturnix coturnix</i>	Intermédiaire	2019-06-18	Très faible	SE	Nuptial	08:55	1	1				0	N	1	BONNET Fanny
493	Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>	Grand rapace	2019-07-31	Faible à modéré	E	Nuptial	09:00	1	1			pour manger	1	N		NAZON Laurie

Annexe 2 : Fiche de relevé de terrain



FICHE DE TERRAIN MORTALITE

Suivi mortalité du parc éolien de CHAMPAGNE BERRICHONNE (2022)

Chercheur :		Heure début suivi :		Heure d'embauche :		Temps de pause :		
Date :		Heure fin suivi :		Heure de débauche :		Orages depuis dernière visites ?		
CONTEXTE	Durée de prospection	Surface prospectée (%)	Type 1 (%) Gravier	Type 2 (%) <30cm	Type 3 (%) >30cm	Type 4 (%) Non prospectable	Assolement : culture, prairie, lande ...	Rq par éolienne (traces prédat, maintenance...)
	E1							
	E2							
	E3							
	E4							
	E5							
DECOUVERTES IN PROTOCOLE	Oiseau ou Chauve-souris (OIS ou CS)							
	Numéro éolienne							
	Distance au mât							
	Direction au mât							
	Coordonnées X, Y (Lambert 93)	X :						
		Y :						
	Type dans lequel le cadavre a été trouvé (type 1, type 2...)							
	Etat (vivant, frais, avancé, sec)							
	Mort depuis (nb j)							
	Blessure (non/oui et quoi)							
	Insectes dans la bouche ?							
	Espèce (ou genre...)							
	Taille Avant bras (mm)							
	Age (ad, jeune)							
Sexe (male, fem) ?								
Si fem allaitante? (mamelles pelées)								
Si fem, gestante ?								

E1 Sud



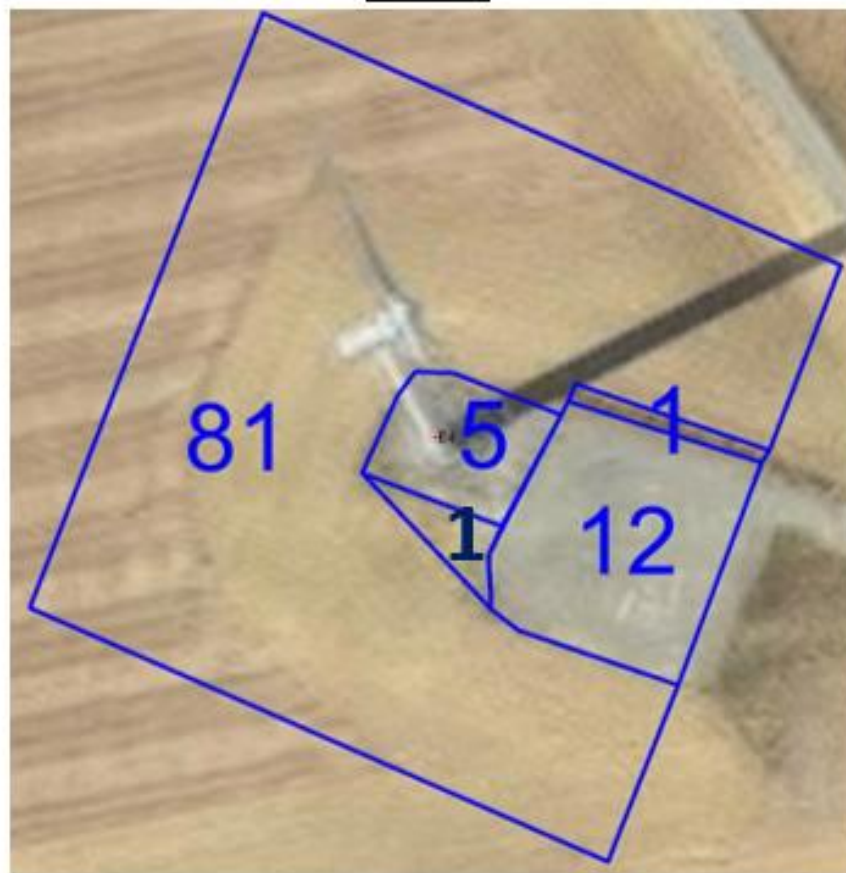
E2



E3



E4



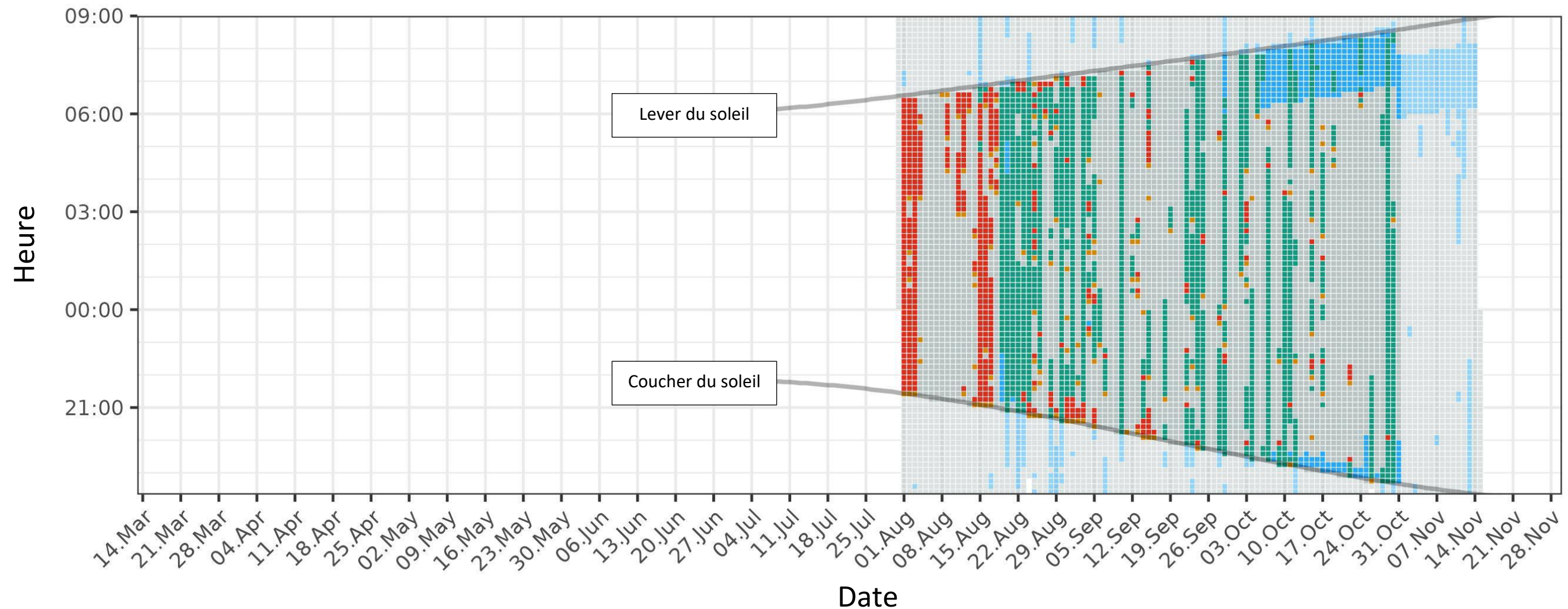
E5 Nord



Annexe 3 : Données brutes de mortalités découvertes en 2022

Date	Découvreur	Ois ou CS	Eolienne	Distance du mat (m)	Direction du mat	Date mort estimée	Barotrauma / blessure	Espèce	Nom latin	Sexe (fem allaitante/gestante ?)	Age	Avant-Bras (mm)	Commentaires
16/08/2022	SD	CS	E3	31	SE	15/08/2022	fracture machoire aile gauche sectionnée aile droite sectionnée au niveau des 1ères phalanges et avant-bras en fracture ouverte	Noctule commune	Nyctalus noctula	mâle (epididyme de taille importante E2 selon le critère de capture)	adulte	53	rapport d'incident produit
18/08/2022	JC	CS	E4	19	NE	17/08/2022	hemorragie interne	Noctule commune	Nyctalus noctula	Femelle	jeune probable	55	rapport d'incident produit
01/09/2022	CR	CS	E1	20	SE	30/08/2022		Noctule commune	Nyctalus noctula			52	rapport d'incident produit
07/10/2022	KS	OIS	E3	30	E	06/10/2022	Blessure arrière de la tête	Roitelet à triple bandeau	Regulus ignicapilla	mâle			
21/10/2022	DC	CS	E2	35	O	20/10/2022		Pipistrelle commune	Pipistrellus pipistrellus	mâle		30	
31/10/2022	DC	OIS	E2	20	NO	30/10/2022		Roitelet à triple bandeau	Regulus ignicapilla	mâle			
07/11/2022	CR	OIS	E5	5m	E	03/11/2022		Mouette rieuse	Chroicocephalus ridibundus				

Annexe 4 : Chronologie nocturne du fonctionnement de la régulation, sur l'éolienne E1 (extrait du rapport issu de Probat inspector (© OekoFor GbR ; <https://oekofofor.shinyapps.io/probat-inspector/>))



État de fonctionnement	
■	Arrêt correct / Arrêt
■	Arrêt correct, vent insuffisant pour la production d'électricité
■	Hors service
■	Arrêt non effectué
■	Fonctionnement normal
■	L'arrêt doit être initié
■	Lacune dans la documentation, vérification impossible
■	État inconnu

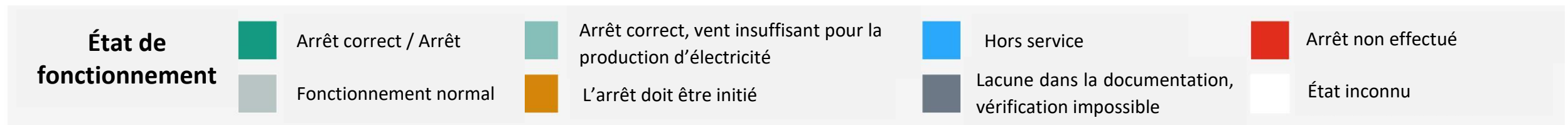
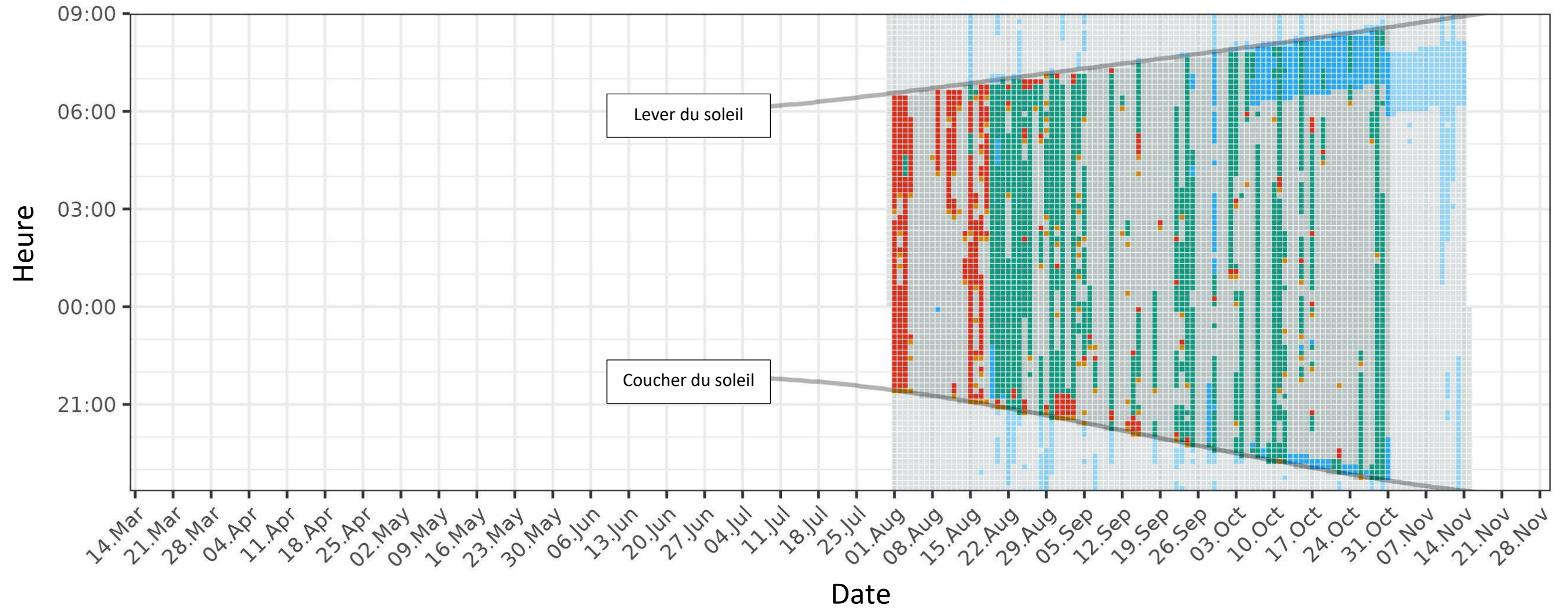
Graphique de vérification de l'arrêt de l'éolienne E1, en 2022.

Sur les 2 340 intervalles de 10 minutes au cours desquels l'éolienne a dû être éteinte, elle a été **correctement éteinte ou s'est arrêtée dans 72,5 %**.

Dans **20,8 %** des cas, **l'arrêt n'a pas été exécuté**.

Dans **0 %** des intervalles de 10 minutes pendant la période d'arrêt, il n'a pas été possible de vérifier s'il y avait un arrêt obligatoire ou si le système fonctionnait en raison d'un **manque de documentation**.

Annexe 5 : Chronologie nocturne du fonctionnement de la régulation, sur l'éolienne E2 (extrait du rapport issu de Probat inspector (© OekoFor GbR ; <https://oekofor.shinyapps.io/probat-inspector/>))



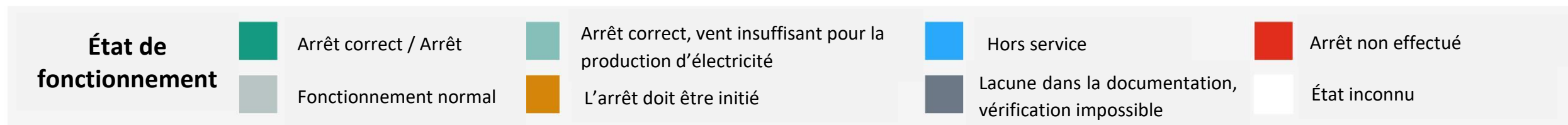
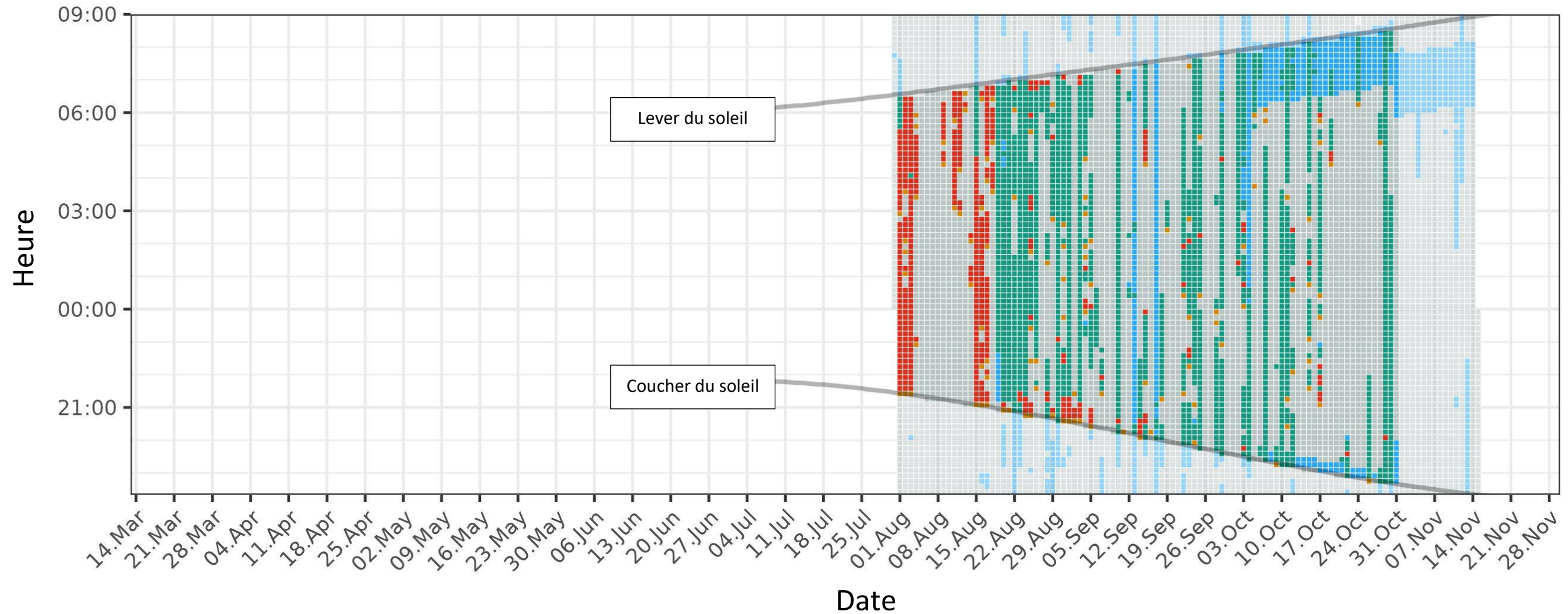
Graphique de vérification de l'arrêt de l'éolienne E2, en 2022.

Sur les 2 254 intervalles de 10 minutes au cours desquels l'éolienne a dû être éteinte, elle a été **correctement éteinte ou s'est arrêtée dans 75,6 %**.

Dans **18,6 %** des cas, **l'arrêt n'a pas été exécuté**.

Dans **0 %** des intervalles de 10 minutes pendant la période d'arrêt, il n'a pas été possible de vérifier s'il y avait un arrêt obligatoire ou si le système fonctionnait en raison d'un **manque de documentation**.

Annexe 6 : Chronologie nocturne du fonctionnement de la régulation, sur l'éolienne E3 (extrait du rapport issu de Probat inspector (© OekoFor GbR ; <https://oekofor.shinyapps.io/probat-inspector/>))



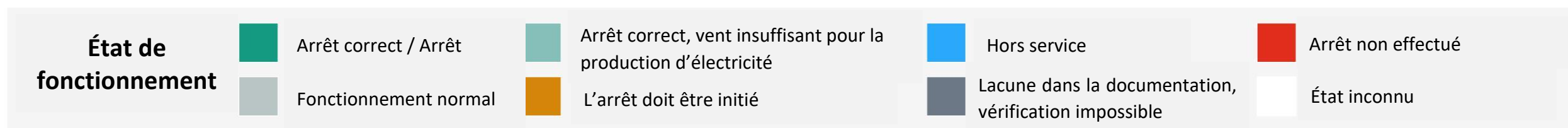
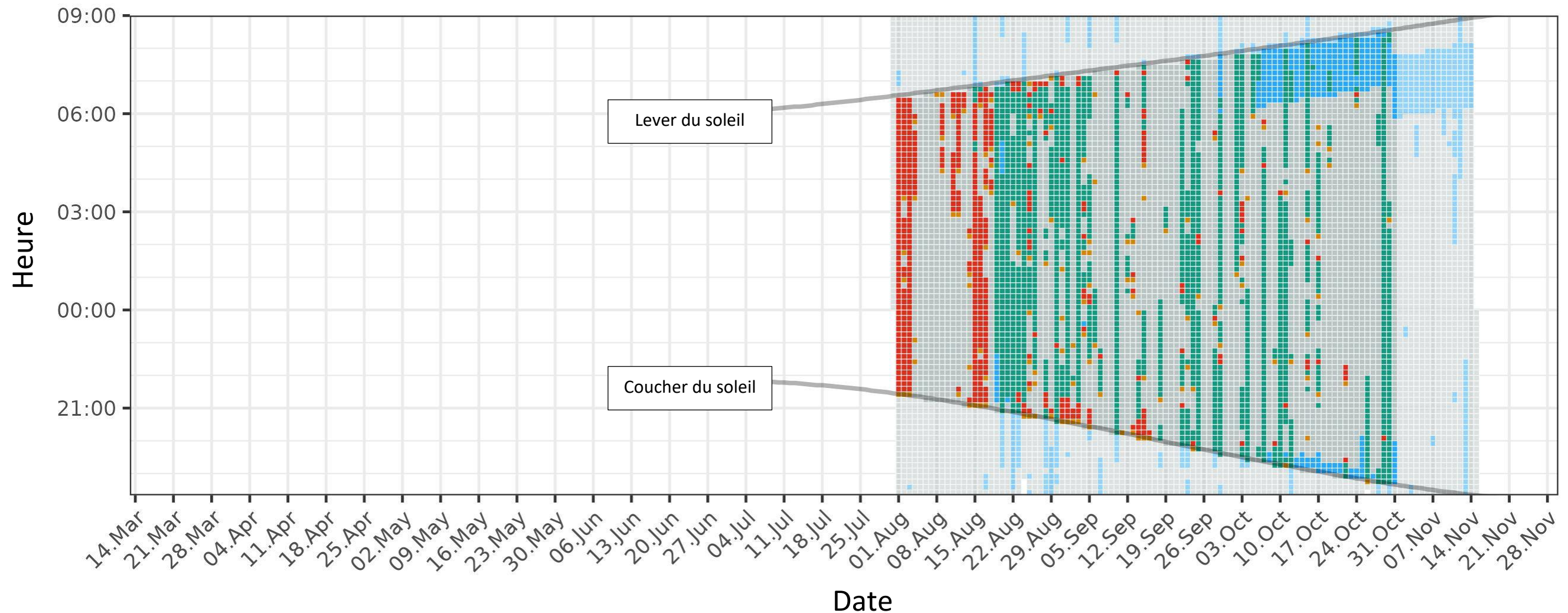
Graphique de vérification de l'arrêt de l'éolienne E3, en 2022.

Sur les 2 349 intervalles de 10 minutes au cours desquels l'éolienne a dû être éteinte, elle a été **correctement éteinte ou s'est arrêtée dans 77,1 %**.

Dans **17,9 %** des cas, **l'arrêt n'a pas été exécuté**.

Dans **0 %** des intervalles de 10 minutes pendant la période d'arrêt, il n'a pas été possible de vérifier s'il y avait un arrêt obligatoire ou si le système fonctionnait en raison d'un **manque de documentation**.

Annexe 7 : Chronologie nocturne du fonctionnement de la régulation, sur l'éolienne E5 (extrait du rapport issu de Probat inspector (© OekoFor GbR ; <https://oekofofor.shinyapps.io/probat-inspector/>))



Graphique de vérification de l'arrêt de l'éolienne E5, en 2022.

Sur les 2 340 intervalles de 10 minutes au cours desquels l'éolienne a dû être éteinte, elle a été **correctement éteinte ou s'est arrêtée dans 73,5 %**.

Dans **20,8 %** des cas, **l'arrêt n'a pas été exécuté**.

Dans **0 %** des intervalles de 10 minutes pendant la période d'arrêt, il n'a pas été possible de vérifier s'il y avait un arrêt obligatoire ou si le système fonctionnait en raison d'un **manque de documentation**.