



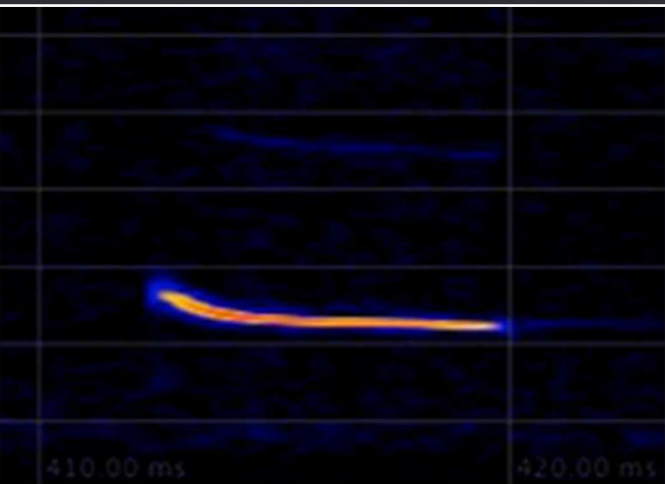
**Ferme éolienne de  
CHERY SAS**



## Parc éolien de Chéry (18)

### Suivis environnementaux post-implantation en 2022

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



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

Avril 2023

## Parc éolien de Chéry (18)

Suivis environnementaux post-implantation en 2022

### Suivi de l'activité des chauves-souris

### Suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris

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

Avril 2023 – Version finale

## SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>3</b>	2.3.8 Rythme d'activité nocturne.....	29
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS</b> .....	<b>5</b>	2.4 SYNTHÈSE DU SUIVI DE L'ACTIVITÉ DES CHIROPTÈRES .....	30
<b>1 PREAMBULE</b> .....	<b>8</b>	<b>3 SUIVI DE LA MORTALITÉ DES CHAUVES-SOURIS ET DES OISEAUX</b> .....	<b>31</b>
<b>2 SUIVI DE L'ACTIVITÉ DES CHAUVES-SOURIS EN HAUTEUR</b> .....	<b>10</b>	3.1 OBJECTIFS DU SUIVI DE LA MORTALITÉ.....	31
2.1 METHODOLOGIE .....	10	3.2 METHODOLOGIE .....	31
2.1.1 Suivi automatisé en continu (passif) : généralités et organisation.....	10	3.2.1 Choix d'une méthode standardisée .....	31
2.1.2 Suivi passif depuis la nacelle des éoliennes .....	10	3.2.2 Choix des périodes de suivis et fréquence des visites.....	31
2.1.3 Plage/pression de suivi en hauteur.....	12	3.2.3 Choix des éoliennes suivies .....	32
2.1.4 Évaluation de l'activité.....	13	3.2.4 Organisation des parcours de prospection .....	33
2.1.5 Référentiel de niveau d'activité.....	13	3.2.5 Recueil des données et destination des cadavres .....	35
2.1.6 Utilisation de l'espace par les chauves-souris et typologie des modes de vol.....	14	3.2.6 Détermination des coefficients correcteurs.....	35
2.2 LIMITES DE LA METHODOLOGIE .....	16	3.3 BILAN DE LA MORTALITÉ DES CHAUVES-SOURIS.....	39
2.2.1 Suivi passif (Batcorder depuis la nacelle).....	16	3.3.1 Bilan des mortalités par éolienne.....	39
2.2.2 Difficultés d'identification acoustique de certaines espèces .....	16	3.3.2 Chronologies constatées et corrigées des mortalités de chauves-souris.....	39
2.2.3 Une détection divergente selon les espèces.....	17	3.3.3 Typologie des cadavres découverts .....	42
2.2.4 Autres limites de détection acoustique .....	17	3.3.4 Relation espèce / éolienne et type de vol / éolienne.....	43
2.3 RESULTATS DU SUIVI DE L'ACTIVITÉ DES CHIROPTÈRES .....	19	3.3.5 Chronologie des mortalités, phénologies des espèces et tentatives d'interprétations.....	44
2.3.1 Cortège d'espèces.....	19	3.3.6 Interprétation par espèce (phénologie, comportement de vol ... ).....	45
2.3.2 Proportion d'espèces.....	20	3.3.7 Dispersion des cadavres sous les éoliennes .....	46
2.3.3 Évolution saisonnière.....	21	3.3.8 Taux de mortalité des chauves-souris .....	47
2.3.4 Chronologie de l'activité au niveau de la nacelle E6.....	23	3.4 BILAN DE LA MORTALITÉ DES OISEAUX .....	56
2.3.5 Influence de la vitesse du vent .....	26	3.4.1 Bilan des mortalités par éolienne.....	56
2.3.6 Influence de la direction du vent .....	27	3.4.2 Chronologies constatées et corrigées des mortalités d'oiseaux.....	56
2.3.7 Influence de la température.....	28	3.4.3 Typologie des cadavres découverts.....	58
		3.4.4 Relation espèce / éolienne .....	59

3.4.5	<i>Chronologie des mortalités, phénologies des espèces et tentatives d'interprétations</i> .....	59	5.2	MESURES COMMUNES AUX CHIROPTERES ET AUX OISEAUX.....	76
3.4.6	<i>Interprétation par espèce</i> .....	61	<b>6</b>	<b>MESURES REGLEMENTAIRES.....</b>	<b>77</b>
3.4.7	<i>Dispersion des cadavres sous les éoliennes</i> .....	62	6.1	SUIVI DE LA MORTALITE .....	77
3.4.8	<i>Taux de mortalité des oiseaux</i> .....	63	6.2	SUIVI DE L'ACTIVITE EN NACELLE .....	77
<b>4</b>	<b>EVALUATION DES IMPACTS DU PARC EOLIEN DE CHERY .....</b>	<b>70</b>	<b>7</b>	<b>CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>78</b>
4.1	IMPACT SUR LES CHIROPTERES .....	70	7.1	SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES.....	78
4.1.1	<i>Analyse quantitative et comparaisons avec d'autres parcs éoliens</i> .....	70	7.2	SUIVI DE LA MORTALITE DES CHIROPTERES ET DES OISEAUX .....	78
4.1.2	<i>Analyse qualitative des impacts sur les chiroptères</i> .....	71	7.2.1	<i>Concernant les chiroptères</i> .....	78
4.2	IMPACT SUR L'AVIFAUNE.....	73	7.2.2	<i>Concernant les oiseaux</i> .....	78
4.2.1	<i>Analyse quantitative et comparaisons avec d'autres parcs éoliens</i> .....	73	7.3	POURSUIITE DES MESURES DEJA ENGAGEES .....	78
4.2.2	<i>Analyse qualitative des impacts sur l'avifaune</i> .....	74	<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>79</b>
<b>5</b>	<b>MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS MISES EN ŒUVRE SUR LE PARC.....</b>	<b>75</b>	<b>ANNEXES .....</b>	<b>81</b>	
5.1	CONCERNANT LES CHIROPTERES .....	75	8.1	ANNEXE 1 : FICHE DE RELEVÉ DE TERRAIN.....	82
5.1.1	<i>Ralentissement du rotor préventif par très faibles vitesses de vent non exploitables par les éoliennes</i> .....	75	8.2	ANNEXE 2 : DONNEES BRUTES DE MORTALITES DECOUVERTES.....	84

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

<i>Figure 1 : Carte de localisation du parc éolien</i> .....	9	<i>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 E6</i> .....	25
<i>Figure 2 : Cliché de l'installation du Batcorder en nacelle avec micro à travers la paroi de la nacelle</i> ...	10	<i>Figure 17 : Corrélation inverse entre la vitesse du vent et l'activité cumulée des chauves-souris au niveau de l'éolienne E6 (sur la base des données relevées en 2022 en nacelle d'éolienne)</i> .....	26
<i>Figure 3 : Zone de couverture acoustique des Batcorders sous les nacelles d'éoliennes (modèle Enercon E72 en haut, modèle Vestas en bas)</i> .....	11	<i>Figure 18 : Graphique présentant l'activité chiroptérologique (en haut à gauche), l'occurrence de chaque direction du vent (en haut à droite), l'activité régulière (en bas à gauche) et l'activité des pics (en bas à droite) relevés en nacelle d'éolienne E6</i> .....	27
<i>Figure 4 : Distances de détection (minimum et maximum) pour des signaux de pipistrelles et noctules (20 et 40 kHz de fréquences)</i> .....	11	<i>Figure 19 : Décomposition de l'activité cumulée des chauves-souris en hauteur au niveau de l'éolienne E6 en fonction de la température relevée sur cette même éolienne et en parallèle des enregistrements d'activité</i> .....	28
<i>Figure 5 : Synthèse des plages de fonctionnement du module Batcorder autonome en continu et nombre d'enregistrements relevés</i> .....	12	<i>Figure 20 : Rythme d'activité nocturne (en seconde d'activité cumulée) par groupe d'espèces mesuré au niveau de la nacelle de l'éolienne E6</i> .....	29
<i>Figure 6 : Schéma caractérisant le paramètre « posttrigger » (ici configuré sur 400 ms)</i> .....	13	<i>Figure 21 : Décomposition de l'activité moyenne (en seconde d'activité par nuit) des chauves-souris au niveau de la nacelle de l'éolienne E6 en fonction de l'écart avec le lever ou le coucher du soleil</i> .....	29
<i>Figure 7 : Référentiel EXEN de niveau d'activité pour une nuit mesurée par un Batcorder en éolienne (en secondes d'activité cumulée/ nuit)</i> .....	13	<i>Figure 22 : Calendrier des dates de visites effectuées lors du suivi de 2022</i> .....	32
<i>Figure 8 : Schéma des différents types de vols des chauves-souris</i> .....	15	<i>Figure 23 : Schéma représentatif du transect de prospection théorique</i> .....	33
<i>Figure 9 : Exemple de recouvrements dans les signaux de plusieurs espèces (En haut : le groupe des Fréquences Modulées Aplanies &gt;30kHz, en bas, le groupe des « Sérotules »)</i> .....	16	<i>Figure 24 : Carte de l'orientation des carrés et de la surface prospectée lors du suivi mortalité sous les éoliennes de Chéry en 2022</i> .....	34
<i>Figure 10 : 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)</i> .....	17	<i>Figure 25 : Clichés des principaux critères utilisés pour la détermination des chauves-souris</i> .....	35
<i>Figure 11 : 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 &amp; al. 2012)</i> .....	18	<i>Figure 26 : Clichés des peluches utilisées pour la réalisation des tests de détection (sur un autre site)</i> .....	36
<i>Figure 12 : Tableau recensant l'ensemble des espèces contactées au cours du suivi en continu (en blanc sont représentées les espèces dont la détermination reste incertaine)</i> .....	19	<i>Figure 27 : Clichés témoignant de la difficulté de perception des peluches dispersées (sur un autre site)</i> .....	36
<i>Figure 13 : Proportion d'activité par groupe d'espèces relevée au niveau du point d'enregistrement en continu sur l'éolienne E6 (En haut détail par espèces, en bas par groupes de vol)</i> .....	20	<i>Figure 28 : Bilan des mortalités de chauves-souris constatées en 2022 et répartition par éolienne</i> .....	39
<i>Figure 14 : 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 E6 (en seconde d'activité par quinzaine)</i> .....	22	<i>Figure 29 : Cliché d'exemple d'enfouissement d'une Pipistrelle de Kuhl (Pipistrellus kuhlii) par un couple de Nécrophore chasseur (Nicrophorus investigator), sous un autre parc</i> .....	40
<i>Figure 15 : 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 E6</i> .....	24	<i>Figure 30 : Chronologie des mortalités de chauves-souris (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne en 2022</i> .....	41
		<i>Figure 31 : Chronologie ides mortalités de chauves-souris estimées (corrigées) par mois en 2022</i> .....	42
		<i>Figure 32 : Tableau représentant les statuts de protection et de conservation des espèces de chauves-souris retrouvées sous les éoliennes</i> .....	42

Figure 33 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèce (effectifs constatés) en 2022 .....	42	Figure 53 : Chronologie des mortalités des oiseaux (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne en 2022.....	57
Figure 34 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2022.....	43	Figure 54 : Chronologie des mortalités d'oiseaux estimées (corrigées) par mois en 2022 .....	58
Figure 35 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2022 en fonction du type de vol.....	43	Figure 55 : Tableau représentant les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux retrouvées sous les éoliennes .....	58
Figure 36 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèce (effectifs constatés) en 2022 .....	44	Figure 56 : Répartition des mortalités d'oiseaux par espèce (effectifs constatés) en 2022.....	58
Figure 37 : Cliché de la Noctule commune découverte le 23 août 2022 sous l'éolienne E6.....	45	Figure 57 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2022.....	59
Figure 38 : Cliché du cadavre de chiroptère retrouvé le 27 octobre sur la nacelle de E6.....	45	Figure 58 : Histogramme de la répartition des différentes catégories impactées par éolienne en 2022 .....	59
Figure 39 : Graphique de répartition des cadavres de 2022 par classe de distances vis-à-vis du mât de l'éolienne.....	46	Figure 59 : Répartition des mortalités d'oiseaux par espèce (effectifs constatés) en 2022.....	60
Figure 40 : Carte de la localisation des cadavres de chauves-souris découverts en 2022 sous les éoliennes de Chéry .....	46	Figure 60 : Cliché de la plumée de Faisan de Colchide retrouvée sous l'éolienne E8 le 19 juillet 2022..	61
Figure 41 : 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).....	47	Figure 61 : Cliché de la plumée de Pipit des arbres retrouvée sous l'éolienne E6 le 19 juillet 2022.....	61
Figure 42 : Tableau des résultats des tests de découverte et calcul du coefficient de détection d.....	50	Figure 62 : Graphique de répartition des cadavres et des plumées de 2022 par classe de distances vis-à-vis du mât de l'éolienne .....	62
Figure 43 : Tableau des résultats des tests de persistance ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance.....	50	Figure 63 : Carte de la localisation des cas de mortalité d'oiseaux découverts en 2022 sous les éoliennes de Chéry ou à proximité .....	62
Figure 44 : Schéma de calcul du « nombre de cadavre encore présent après l jours ».....	51	Figure 64 : 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).....	63
Figure 45 : Paramètres de calcul des équations selon la première méthode de calcul.....	52	Figure 65 : Tableau des résultats des tests de découverte et calcul du coefficient de détection d.....	64
Figure 46 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2022 (première méthode de calculs) .....	53	Figure 66 : Tableau des résultats des tests de persistance ainsi que le calcul du coefficient de persistance et de la durée moyenne de persistance. ....	64
Figure 47 : Paramètres pour le calcul des équations selon la deuxième méthode de calcul .....	53	Figure 67 : Paramètres de calcul des équations selon la première méthode de calcul concernant uniquement le cadavre (en limite de zone) .....	66
Figure 48 : Résultats des calculs du taux de mortalité 2022 des chauves-souris par la seconde méthode de calcul ( ).....	54	Figure 68 : Paramètres de calcul des équations selon la première méthode de calcul concernant le cadavre (en limite de zone) et les plumées.....	66
Figure 49 : Paramètres à renseigner dans l'application Shiny « EolApp » .....	54	Figure 69 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2022 (première méthode de calculs) prenant uniquement en compte le cadavre (en dehors de la zone de prospection, en limite) .....	66
Figure 50 : Sortie de l'application Shiny EolApp (IC : Intervalle de confiance) .....	54	Figure 70 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2022 (première méthode de calculs) prenant en compte le cadavre et les plumées .....	67
Figure 51 : Comparatif des taux de mortalité calculés en 2022 et intervalles de confiance à 80% et à 95% .....	55		
Figure 52 : Bilan des mortalités des oiseaux constatées en 2022 et répartition par éolienne.....	56		

<i>Figure 71 : Paramètres pour le calcul des équations selon la deuxième méthode de calcul concernant uniquement le cadavre .....</i>	<i>67</i>
<i>Figure 72 : Paramètres pour le calcul des équations selon la deuxième méthode de calcul concernant le cadavre et les plumées .....</i>	<i>67</i>
<i>Figure 73 : Résultats des calculs du taux de mortalité 2022 des oiseaux par la seconde méthode de calcul prenant uniquement en compte le cadavre (en limite de zone).....</i>	<i>68</i>
<i>Figure 74 : Résultats des calculs du taux de mortalité 2022 des oiseaux par la seconde méthode de calcul prenant en compte le cadavre (en limite de zone) et les plumées .....</i>	<i>68</i>
<i>Figure 75 : Paramètres à renseigner dans l'application Shiny « EolApp » .....</i>	<i>68</i>
<i>Figure 76 : Sortie de l'application Shiny EolApp (IC : Intervalle de confiance) concernant uniquement les cadavres.....</i>	<i>68</i>
<i>Figure 77 : Sortie de l'application Shiny EolApp (IC : Intervalle de confiance) concernant les cadavres et les plumées .....</i>	<i>69</i>
<i>Figure 78 : Comparatif des taux de mortalité calculés en 2022 et intervalles de confiance à 80% et à 95% (En vert les résultats basés uniquement sur les cadavres, en bleu les résultats basés sur les cadavres et les plumées) .....</i>	<i>69</i>
<i>Figure 79 : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour différents suivis des parcs éoliens référencés en France (mise à jour du tableau de l'ALEPE) .....</i>	<i>70</i>
<i>Figure 80 : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour des parcs éoliens en Europe (Source ALEPE) .....</i>	<i>71</i>
<i>Figure 81 : Grille de calcul des niveaux de risques d'impacts éoliens pour les chauves-souris (inspiré du protocole SER/SFEPM 2010) .....</i>	<i>72</i>
<i>Figure 82 : 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) .....</i>	<i>72</i>
<i>Figure 83 : Évaluation des impacts du parc éolien de Chéry 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).....</i>	<i>73</i>
<i>Figure 84 : Niveau d'intensité des risques de mortalité pour l'avifaune .....</i>	<i>74</i>
<i>Figure 85 : Évaluation des impacts du parc éolien de Chéry sur les oiseaux.....</i>	<i>74</i>
<i>Figure 86 : Arrêt de l'éolienne CH2 pour des vitesses de vent faibles le 22 février 2022 .....</i>	<i>75</i>
<i>Figure 87 : Planning prévisionnel pour le suivi de la mortalité et le suivi de l'activité en nacelle.....</i>	<i>77</i>

# 1 PREAMBULE

Le parc éolien de Chéry est constitué de sept éoliennes. Les éoliennes sont de type Vestas V100/2000 (puissance de 2 000 kW, diamètre de 100 m). Le parc est situé sur la commune Chéry, dans le département du Cher (18). Sa mise en service date de novembre 2012.

La société Eurocape a missionné l'association Nature 18 pour réaliser les suivis environnementaux post-implantation en 2015 et 2016. En 2015, le taux de mortalité sur le parc de Chéry avait été estimé entre 7,71 et 16,14 cadavres de chiroptères par éolienne par an (Nature 18, 2016), soit entre 53,97 et 112,98 chiroptères par an sur l'ensemble du parc. À l'issue de ces suivis, des mesures correctrices ont été préconisées telles que :

- La préservation des infrastructures écologiques structurant l'utilisation du site par les chiroptères ;
- La mise en place d'un arrêt conditionné des pales pour la réduction de la mortalité.

La ferme éolienne de Chéry SAS a missionné la société EXEN, spécialisée dans l'étude de la faune sauvage et de ses rapports avec le développement éolien, pour réaliser un suivi de la mortalité des oiseaux et des chiroptères et un suivi d'activité des chiroptères en 2022, pour les 10 ans d'exploitation du parc éolien.

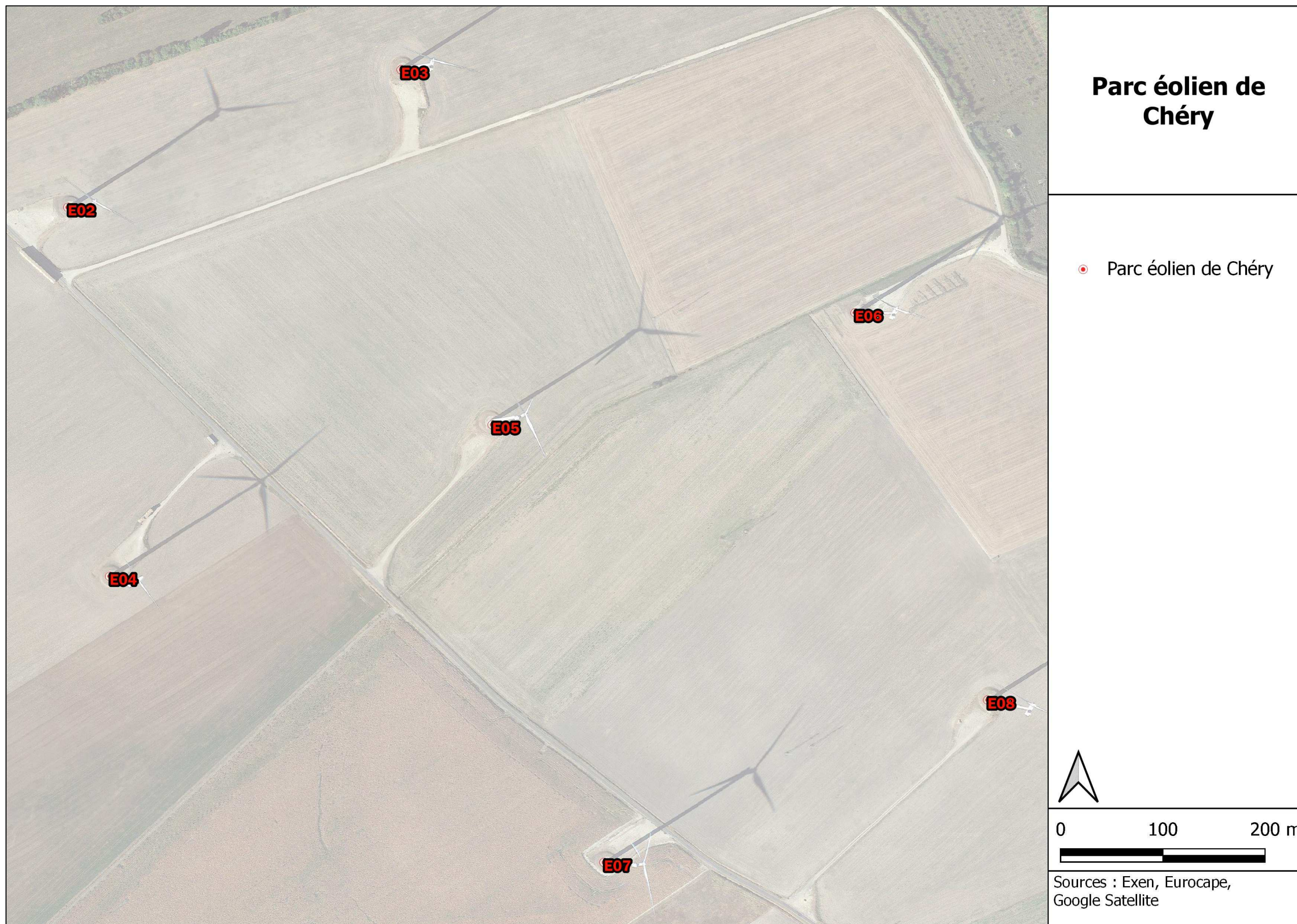
Le présent document propose un bilan décomposé :

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

L'objet du présent rapport est de faire la synthèse de ce suivi. Il s'agit en particulier d'évaluer l'impact du parc éolien de Chéry sur la faune volante. De plus, l'analyse du suivi d'activité des chiroptères permettra de préciser les conditions de risques d'impacts (typologie des mortalités, saisonnalités, facteurs climatiques...), et d'apporter des éléments supplémentaires pour affiner les mesures de réduction, si besoin, pour faire en sorte que les modalités d'exploitation du parc éolien limitent les risques de façon significative.



Figure 1 : Carte de localisation du parc éolien



## 2 SUIVI DE L'ACTIVITE DES CHAUVES-SOURIS EN HAUTEUR

### 2.1 Méthodologie

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

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

L'activité des chauves-souris est également très différente sur un gradient altitudinal (selon les types d'espèces, leurs comportements de chasse, la structure de végétation, les conditions climatiques, les effets d'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 du Batcorder fut l'éolienne E6. L'enregistreur fut installé du 21 mars au 15 novembre 2022.**

Le suivi en continu a donc permis de couvrir la période printanière, la période estivale ainsi que la période automnale sur l'éolienne E6 du parc de Chéry.

#### 2.1.2 Suivi passif depuis la nacelle des éoliennes

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

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

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

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

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

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



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

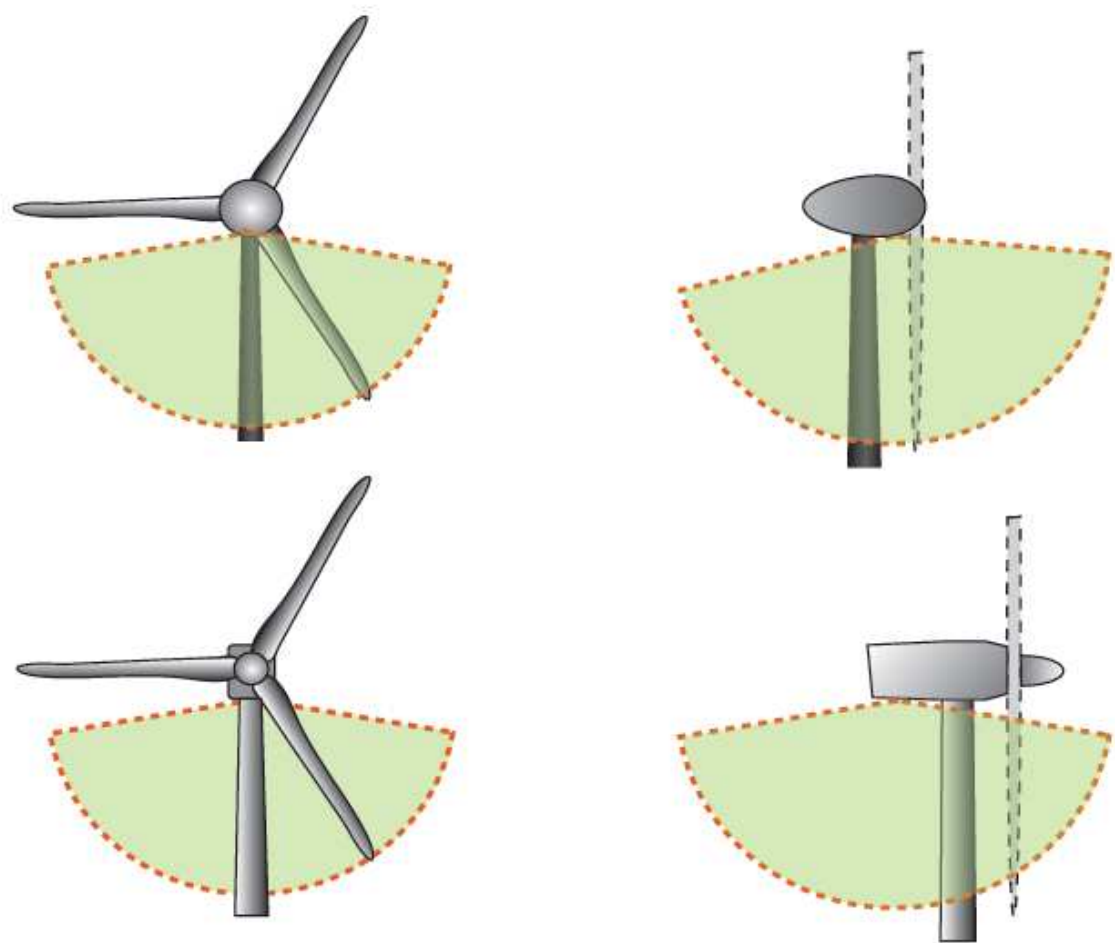
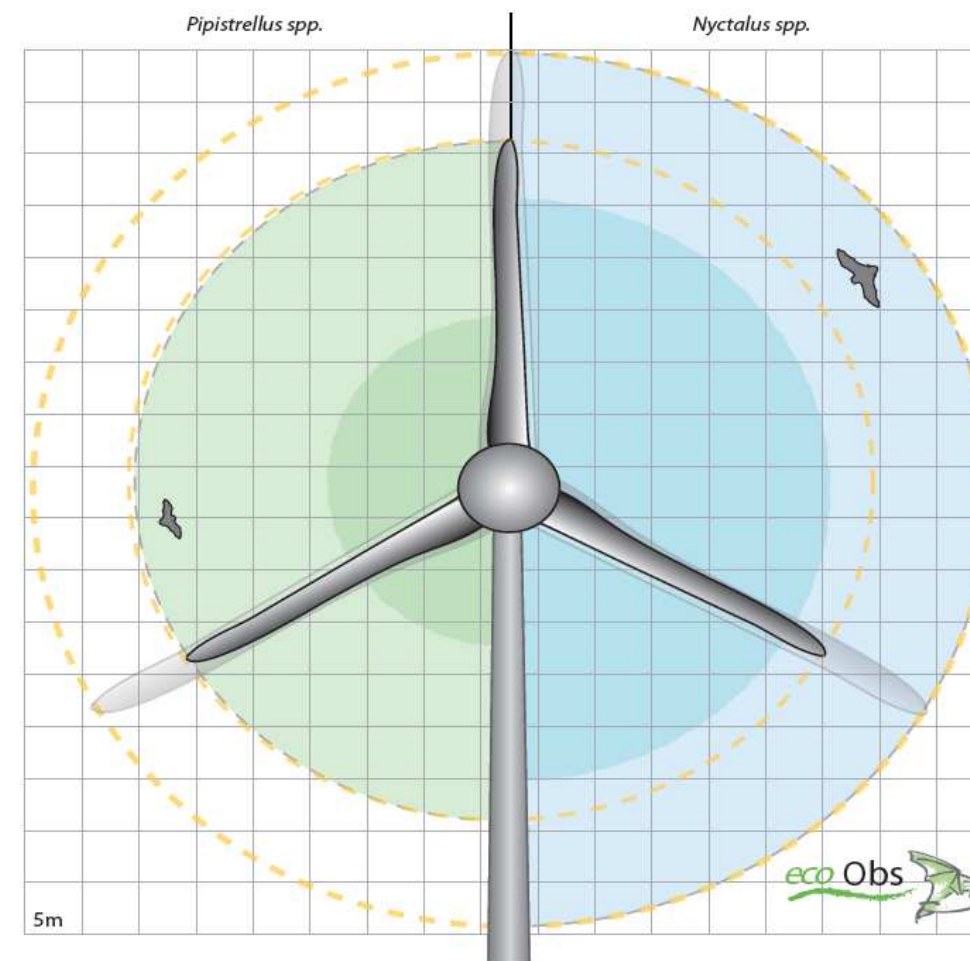


Figure 4 : Distances de détection (minimum et maximum) pour des signaux de pipistrelles et noctules (20 et 40 kHz de fréquences)



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

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

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

### 2.1.3 Plage/pression de suivi en hauteur

Le module Batcorder autonome a été positionné sur l'éolienne E6, pendant la période allant du 21 mars au 15 novembre 2022, couvrant quasiment l'ensemble des périodes d'activité des chiroptères. La continuité cumulée des enregistrements a été assurée sur presque 8 mois, soit **239 nuits**, ce qui représente un cumul de près de **3 346 heures de veille acoustique en hauteur**.

Les enregistrements représentent **2 443 données** à analyser dont **1 381 correspondaient à des contacts de chiroptères** ; les autres enregistrements provenant de parasites acoustiques.

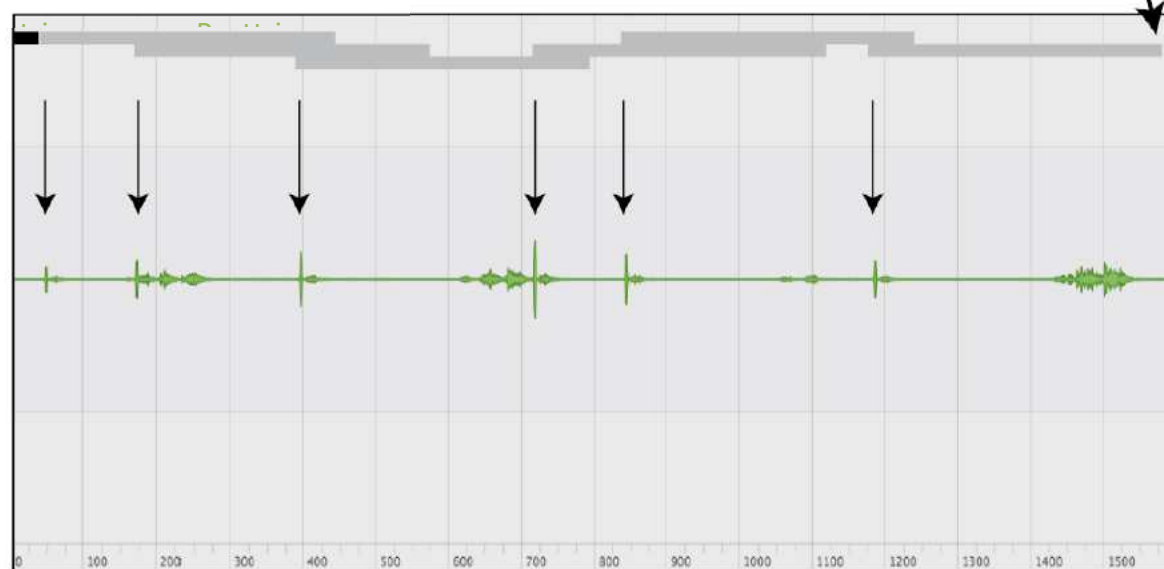
*Figure 5 : Synthèse des plages de fonctionnement du module Batcorder autonome en continu et nombre d'enregistrements relevés*

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 en nacelle d'éolienne E6	21/03/2022	Installation	2 443	1 381
	15/11/2022	Désinstallation		

## 2.1.4 Évaluation de l'activité

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

Figure 6 : Schéma caractérisant le paramètre « posttrigger » (ici configuré sur 400 ms)



## 2.1.5 Référentiel de niveau d'activité

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

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

Figure 7 : 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

<sup>1</sup> 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.

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

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

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

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

De façon générale, il est distingué (Figure 8) :

- 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).

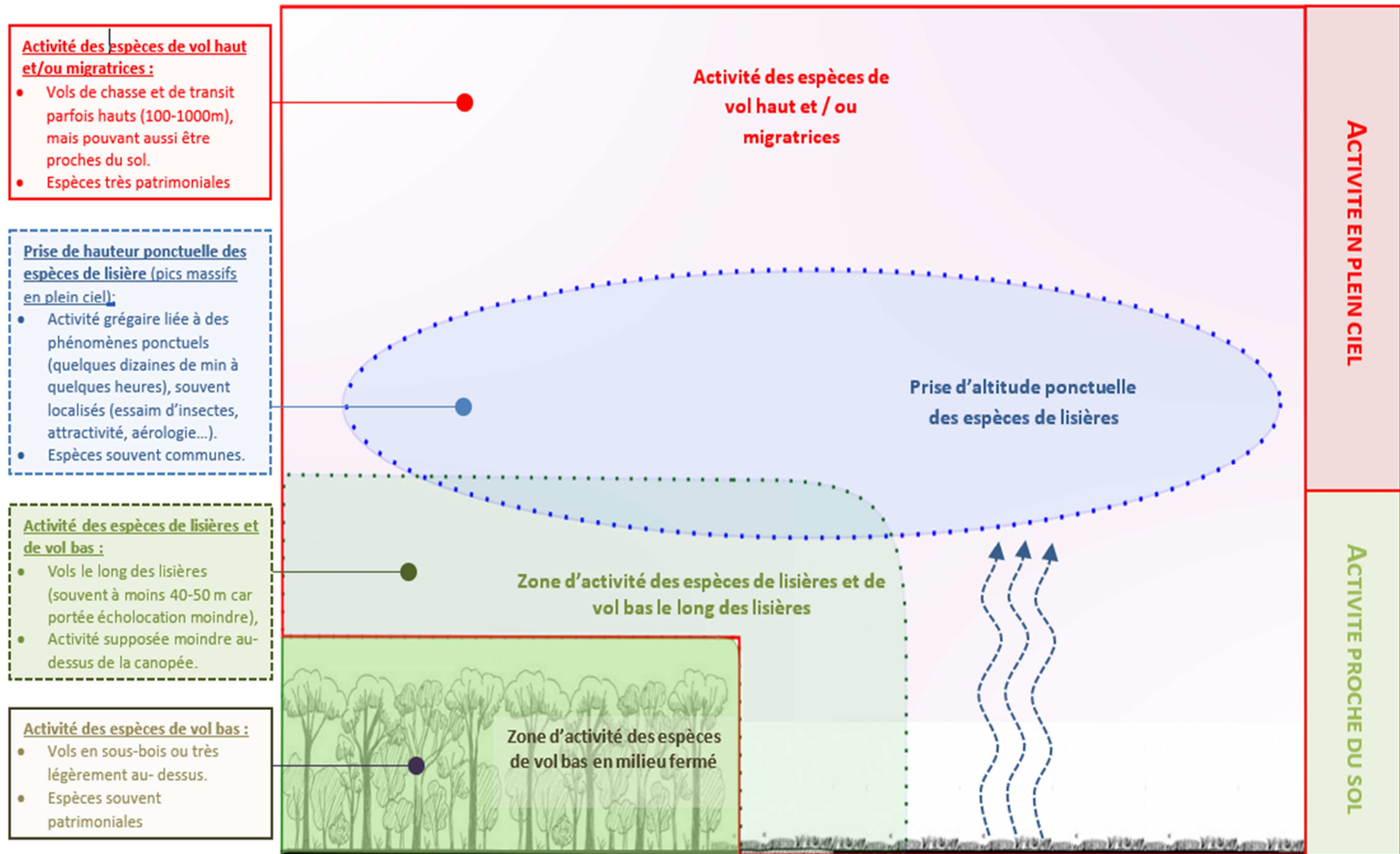
Six groupes d'espèces peuvent être ainsi dissociés selon leurs types de vols. Il s'agit :

- **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 Ploch (Pipistrelle commune, Pipistrelle pygmée ou Minioptère de Schreibers).

Figure 8 : Schéma des différents types de vols des chauves-souris



## 2.2 Limites de la méthodologie

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

### 2.2.1 Suivi passif (Batcorder depuis la nacelle)

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

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

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

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

### 2.2.2 Difficultés d'identification acoustique de certaines espèces

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.

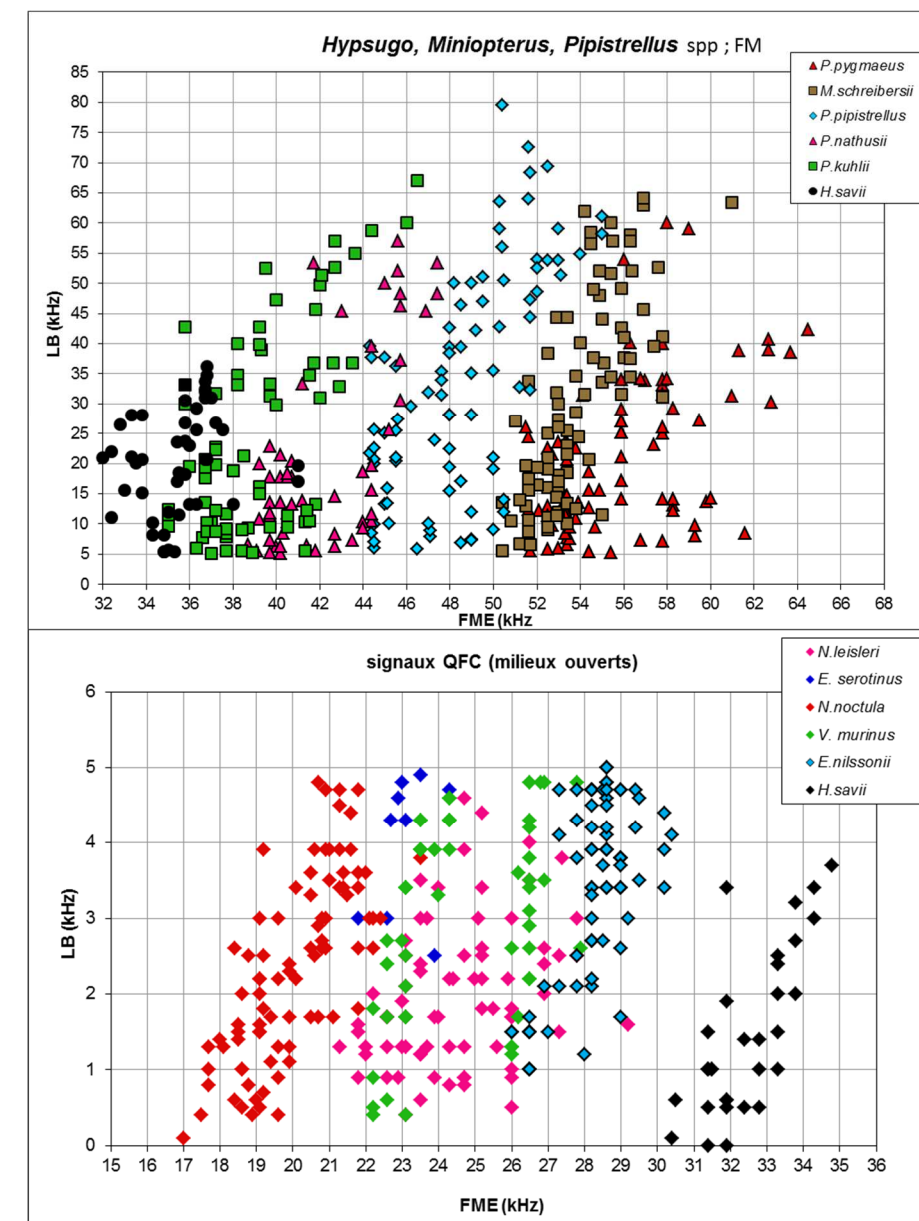
Toutefois, il faut reconnaître que certaines d'entre elles émettent des ultrasons à des fréquences très proches, et aux caractéristiques acoustiques comparables dans certaines conditions. C'est par exemple le cas des difficultés de différenciation entre *Myotis* et *Myotis blythii* (Barataud, 2015). 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 9 : Exemple de recouvrements dans les signaux de plusieurs espèces (En haut : le groupe des Fréquences Modulées Aplantes >30kHz, en bas, le groupe des « Sérotules »)





### 2.2.3 Une détection divergente selon les espèces

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

Figure 10 : 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	

### 2.2.4 Autres limites de détection acoustique

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

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

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

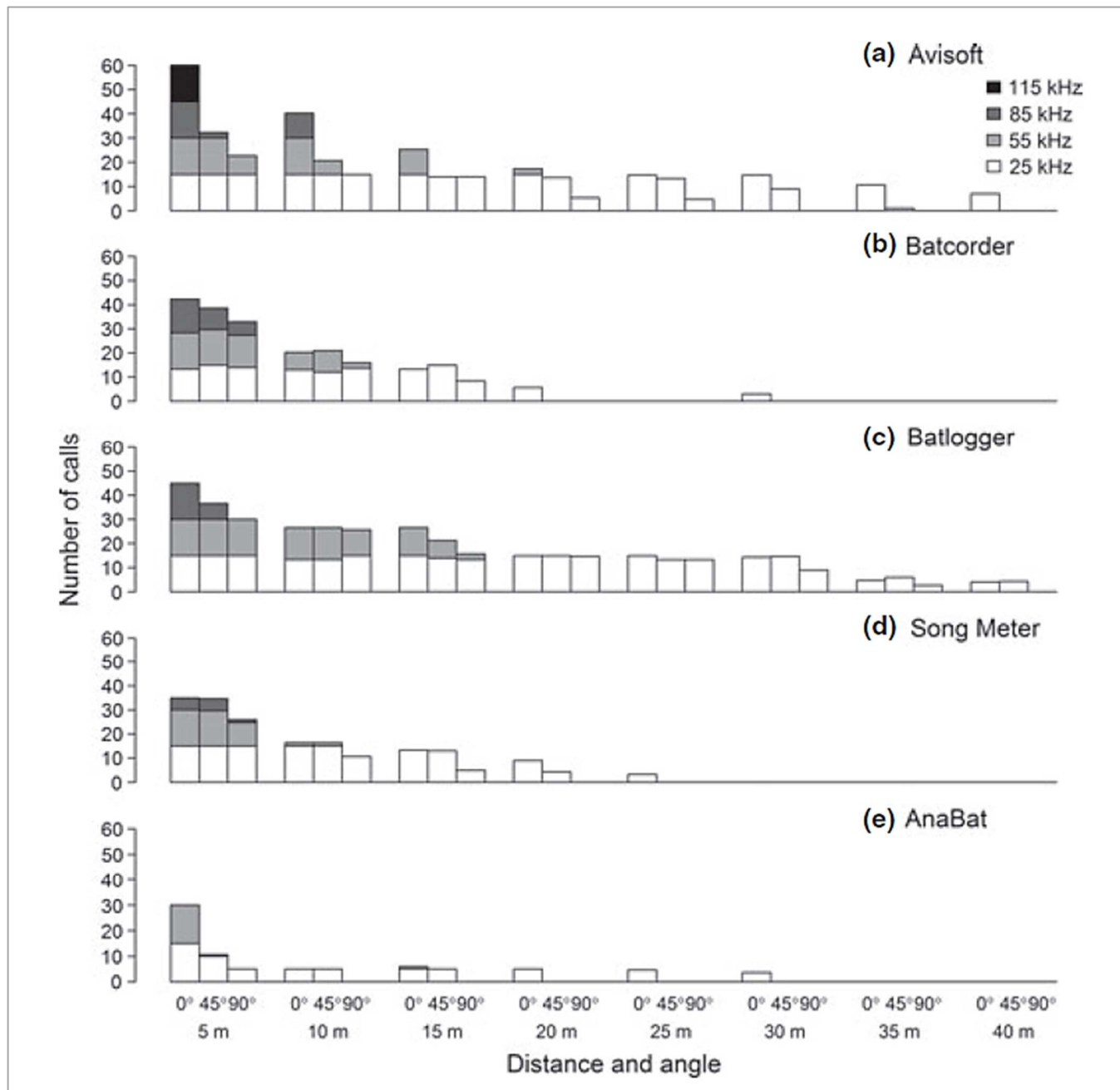
- Les limites liées à la qualité et à la fréquence de recalibrage des micros,
- Leur volume de détection (cône de détection) et à leur caractère directionnel ou multidirectionnel,
- Les paramétrages retenus (filtres des basses ou hautes fréquences, durée d'enregistrement depuis le déclenchement),
- Les 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 11 : Analyse comparative des capacités de détection des principaux enregistreurs à ultrasons, selon la distance, l'angle d'émission et les différentes plages de fréquences ultrasonores (Adams & al. 2012)



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

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

## 2.3 Résultats du suivi de l'activité des chiroptères

### 2.3.1 Cortège d'espèces

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 E6.

La position des enregistreurs permet de mieux percevoir l'activité des chiroptères qui concerne directement le rotor des éoliennes équipées. **La plage de suivi s'est étendue sur un peu moins de 8 mois (21 mars au 15 novembre).**

Le tableau suivant synthétise le cortège d'espèces détectées à partir du module Batcorder automatique en continu. **5 espèces de chauves-souris** sont ainsi déterminées avec certitude et 4 autres font l'objet de détermination non discriminante.

Figure 12 : Tableau recensant l'ensemble des espèces contactées au cours du suivi en continu (en blanc sont représentées les espèces dont la détermination reste incertaine)

Espèce	Nom scientifique	Abréviation	Comportement de vol	Espèce présente
				E6
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
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Vmur	Vol haut	(X)
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Eser	Lisière	(X)
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Enil	Lisière	(X)
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savi</i>	Hsav	Vol haut	(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), la Sérotine commune et la Sérotine de Nilsson. Ce groupe d'espèces correspond aux espèces évoluant à des hauteurs de vols modérées (moins de 50 m) la plupart du temps en suivant les éléments structurants du paysage (lisières de boisement, haies, chemin...). Cependant, il est possible de retrouver ponctuellement ce groupe d'espèces plus en hauteur, notamment lors de poursuite en altitude d'essaimage d'insectes présents en hauteur (ascendance thermique ou dynamique). Il arrive donc que ces espèces se retrouvent à des hauteurs de vol plus importantes.
- **Du groupe des espèces de vol haut**, qui comprend l'ensemble des noctules (Noctule de Leisler et Noctule commune), le Vespère de Savi 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 ou de Nilsson (espèces 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 lisière ou vol haut en migration/transit**, qui comprend le groupe des Pmid correspondant soit à la Pipistrelle de Nathusius (espèce de vol haut en migration/transit) soit à la Pipistrelle de Kuhl (espèce de lisière), soit au groupe de Pipistrelle de Nathusius/Pipistrelle commune.

### 2.3.2 Proportion d'espèces

Le graphique de la Figure 13 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. **Rappelons toutefois qu'il s'agit ici d'une approche des proportions d'activité spécifique par rapport à l'activité totale.**

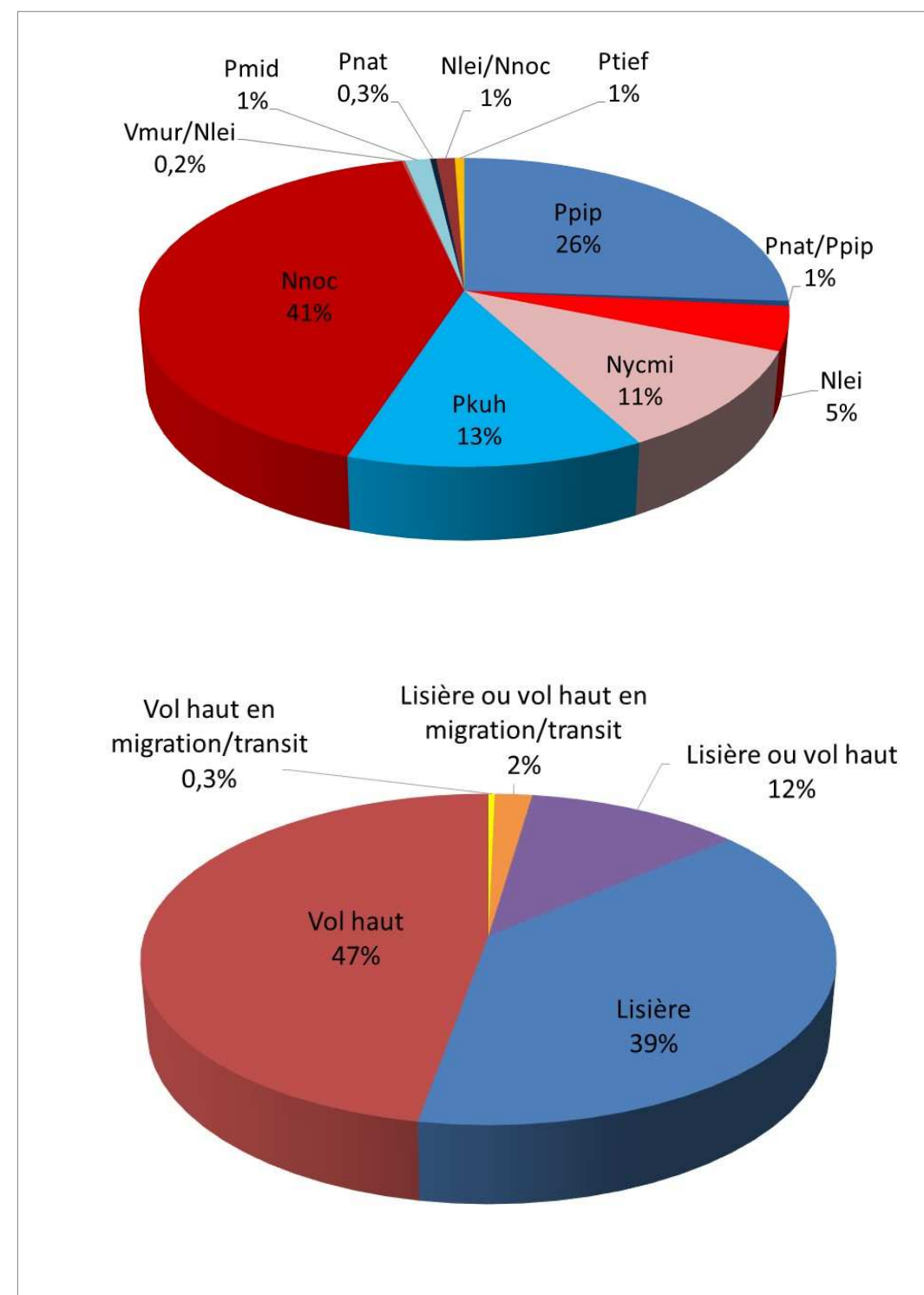
Le cortège d'espèces est **dominé par les espèces de vol haut** dont la proportion constitue 47% de l'activité totale. Ce groupe d'espèces est **majoritairement représenté par la Noctule commune** dont le pourcentage d'activité atteint 41%, suivie par la **Noctule de Leisler**, en proportion bien plus faible (5%).

Avec une proposition de 39%, le **groupe d'espèces de lisière** est le deuxième le plus important. Ce dernier est **constitué en majorité de la Pipistrelle commune** dont la proportion se situe autour de 26%, suivie par la **Pipistrelle de Kuhl** avec une proportion de 13% de l'activité totale.

S'ajoute à cela, le groupe **des espèces de lisière ou vol haut**, composé des groupes d'espèces non discriminées Nycmi et Ptief, correspondant à 12% de l'activité totale. Puis le groupe des **espèces de lisière ou vol haut en migration/transit** (groupe Pmid, ainsi que le couple Pipistrelle commune/Pipistrelle de Nathusius) correspondant à seulement 2% de l'activité totale.

Enfin, le groupe des **espèces de vol haut en migration/transit** présente la proportion la plus faible, il est exclusivement constitué par la **Pipistrelle de Nathusius** et correspond à 0,3% de l'activité totale.

Figure 13 : Proportion d'activité par groupe d'espèces relevée au niveau du point d'enregistrement en continu sur l'éolienne E6 (En haut détail par espèces, en bas par groupes de vol)



### 2.3.3 Évolution saisonnière

---

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

Le tableau de la page suivante (la Figure 14, page 22) synthétise cette notion sur l'ensemble du suivi en continu en hauteur (en nacelle de l'éolienne E6). Les notions de niveaux d'activité sont aussi représentées au niveau du tableau, mais elles ne sont pas l'objet principal de ce type d'analyse. Ainsi, une espèce pourra par exemple fréquenter le site d'étude très régulièrement (continuité importante), mais présenter une faible activité.

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

**En ce qui concerne les espèces de lisière**, elles sont présentes **régulièrement sur site d'avril à octobre**.

Globalement, elles se trouvent sur le site durant toute la période du suivi avec uniquement une absence de contact fin avril et début septembre. Leur activité est plus marquée durant les mois d'octobre et de juin.

La **Pipistrelle commune** est en majeure partie responsable de cette activité, en effet, elle est contactée tout le long de la période d'activité avec une activité plus marquée en octobre alors que la **Pipistrelle de Kuhl** présente une activité plus anecdotique et ponctuelle avec une activité plus marquée en juin. Il est possible que des contacts du groupe Pmid et Ptief correspondent à la Pipistrelle de Kuhl et donc que l'espèce soit également active début juillet et fin août.

**En ce qui concerne les espèces de vol haut**, la **Noctule commune** et la **Noctule de Leisler** sont bien présentes sur le site, de mai à octobre, avec une activité plus soutenue durant les mois de juillet et d'août. Il est possible que la Noctule de Leisler corresponde à des contacts non discriminés entre la Noctule de Leisler et la Sérotine bicolore, auquel cas elle serait présente sur site jusqu'en novembre.

**En ce qui concerne les espèces de vol haut en migration/transit**, la **Pipistrelle de Nathusius** a pu être mise en évidence seulement au mois de mai. Les contacts identifiés en Pmid (Pipistrelle de Kuhl ou Pipistrelle de Nathusius) ou en Pipistrelle de Nathusius/Pipistrelle commune peuvent aussi correspondre à de l'activité de Pipistrelle de Nathusius. Ces derniers ont été relevés ponctuellement entre juin et août. 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, mais il est possible qu'elle soit présente sur le site toute l'année.

Figure 14 : 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 E6 (en seconde d'activité par quinzaine)  
(Mars-2 : deuxième quinzaine du mois de mars ; les couleurs sont arbitraires mais les couleurs foncées représentent un niveau d'activité plus important)

Espèce ou groupe d'espèce	Période de transit/migration				Période de mise-bas et d'élevage des jeunes						Période de transit/migration et de swarming					
	Mars-2	Avril-1	Avril-2	Mai-1	Mai-2	Juin-1	Juin-2	Juil-1	Juil-2	Aout-1	Aout-2	Sept-1	Sept-2	Oct-1	Oct-2	Nov-1
<b>Lisière</b>		0,7		3,1	0,4	7,0	0,9	1,6	3,4	1,2	0,1		0,4	9,9	1,9	
Ppip		0,7		2,3	0,1	2,1	0,9	1,6	2,4	0,5	0,1		0,4	7,6	1,7	
Pkuh				0,8	0,2	4,9			1,1	0,7				2,3	0,1	
<b>Lisière ou vol haut</b>				0,1	0,03		0,1	0,4	0,9	0,6	5,0	1,3		0,2		0,03
Nycmi				0,1	0,03		0,1	0,4	0,5	0,6	5,0	1,3		0,2		0,03
Ptief									0,4							
<b>Lisière ou vol haut en migration/transit</b>				1,0		0,2		0,2			0,2					
Pnat/Ppip				0,2		0,2										
Pmid				0,7				0,2			0,2					
<b>Vol haut</b>				0,4	0,4	0,4		1,5	12,9	4,4	14,0	0,8	0,2	0,3	0,1	0,02
Nlei				0,3	0,3	0,1		0,1	1,2	0,5	0,7	0,1		0,1		
Nnoc				0,01	0,1	0,3		1,2	11,6	3,9	13,0	0,5	0,2	0,2		
Vmur/Nlei				0,02								0,05	0,04		0,02	0,02
Nlei/Nnoc					0,1			0,2	0,1		0,3	0,1		0,05	0,1	
<b>Vol haut en migration/transit</b>				0,2	0,1											
Pnat				0,2	0,1											
Total général		0,7		4,8	0,8	7,6	0,9	3,7	17,2	6,2	19,2	2,1	0,6	10,4	2,0	0,1

Légende (en sec d'activité/nuit sur 15 jours) :					
0 à 0,5	0,5 à 1	1 à 2,5	2,5 à 5	5 à 10	> 10

### 2.3.4 Chronologie de l'activité au niveau de la nacelle E6

Les graphiques de la Figure 15, page 24, ainsi que la Figure 16, page 25, synthétisent la chronologie de l'activité relevée par le module Batcorder à hauteur de la nacelle de l'éolienne E6, au cours de la période de suivi allant du 21 mars 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 climatiques, ressources alimentaires, cycle biologique des espèces...).

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

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 7, page 13).

**L'activité relevée en altitude au niveau de l'éolienne E6 est globalement modérée. Trois pics d'activité sont observés en été** (le 10 juin, le 23 juillet et le 17 août 2022).

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

De fin mars à mi-mai, l'activité chiroptérologique est très hétérogène, avec une activité nulle en début de suivi, puis 2 nuits où les chauves-souris sont actives en hauteur, suivies à nouveau par une activité nulle sur une quinzaine de jours, avant de devenir plus régulière en mai. A cette période de l'année, celle-ci est marquée par la présence d'une majorité d'espèces de lisière.

- Période estivale (mi-mai à fin juillet)

De mi-mai à fin juillet, **l'activité est toujours très hétérogène**, variant entre une activité nulle sur plusieurs nuits puis la nuit suivante à un niveau modéré par exemple. **Elle devient également de plus en plus régulière et plus importante**. La deuxième quinzaine de mai est caractérisée par une activité très faible des chauves-souris. En juin, l'activité est très hétérogène, variant entre un niveau nul et un niveau modéré, voire modéré à fort pour 2 nuits.

A partir début juillet, l'activité d'espèces de lisière décroît fortement à mesure que l'activité d'espèces de vol haut augmente.

Deux pics d'activité sont observés durant cette période.

**Le pic d'activité de la nuit du 10 juin 2022 relève d'une activité d'un niveau qualifié de modéré à fort** (82,5 secondes). Cette activité est condensée sur une plage horaire très courte, à savoir entre 22h00 et 23h00 et plus particulièrement aux alentours de 23h30. La **Pipistrelle de Kuhl** est particulièrement responsable de ce pic, avec un total de 72,4 secondes d'activité cumulée, elle représente 87,66% de l'activité totale de la nuit. La vitesse du vent variait de 0,64 à 1,76 m/s, de direction nord et nord-ouest, et la température oscillait entre 24 °C et 25 °C.

**Le pic d'activité du 23 juillet 2022 est le deuxième plus intense du suivi et relève d'une activité d'un niveau qualifié de fort** (106,1 secondes d'activité). L'activité est plus étalée dans la nuit, entre 22h00 et 2h00, bien que l'intensité la plus forte ait été observée entre 23h20 et 23h40 puis entre 1h00 et 1h10. Le cortège d'espèces diffère de celui du pic précédent ; En effet, la Pipistrelle de Kuhl n'a pas été enregistrée et la Noctule commune est la principale responsable de ce pic. En dernière partie de la nuit, la Pipistrelle commune est également très active. De plus, de nombreux comportements de chasse de Noctule commune ont été enregistrés lors de ce pic.

La vitesse du vent variait de 1,23 à 2,54 m/s avec une activité plus marquée pour des vents de directions nord-est et est, ainsi que sud-est, et la température moyenne relevée était de 25 °C.

À cette période de l'année (printemps-été), l'expérience montre que ce type de concentration d'activité en hauteur pourrait s'expliquer soit par la **poursuite et l'exploitation ponctuelle d'un essaimage d'insectes, soit par des comportements sociaux**. Dans ce cas précis, vu les comportements relevés, il s'agirait effectivement de prise de hauteur pour les raisons de chasse.

- Période automnale (début août à la fin du suivi)

Plus tard dans la saison, l'activité chiroptérologique reste régulière dans le temps tout en restant très hétérogène. L'activité des espèces de vol haut, en particulier de la Noctule commune, continue d'augmenter jusqu'à fin août, puis diminue drastiquement. Par la suite, à partir de début octobre, l'activité des espèces de lisière augmente à nouveau et quelques pics de Pipistrelle commune sont observés jusqu'à mi-octobre.

**Le pic d'activité du 17 août 2022 est le plus intense du suivi et relève également une activité jugée forte** (120,8 secondes d'activité). L'activité est aussi plus étalée dans la nuit, entre minuit et 2h00 du matin. Aucune espèce de lisière n'est recensée durant ce pic et l'activité de la **Noctule commune** représente 74% de l'activité totale. Quelques contacts de Noctule de Leisler ont également pu être enregistrés. À noter que les contacts appartenant au groupe d'espèce Nycmi peuvent également correspondre à la Noctule commune ou la Noctule de Leisler.

La vitesse du vent variait de 1,02 à 2,49 m/s avec une activité plus marquée par direction sud-ouest, ouest et nord-ouest, et la température moyenne relevée était de 21 °C.

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

Figure 15 : 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 E6

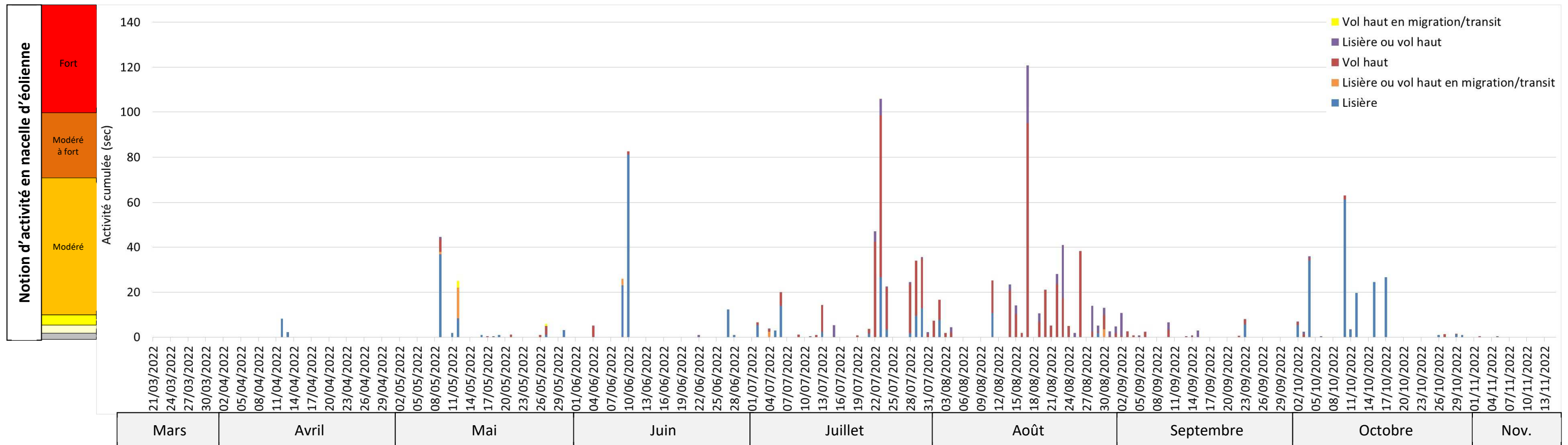
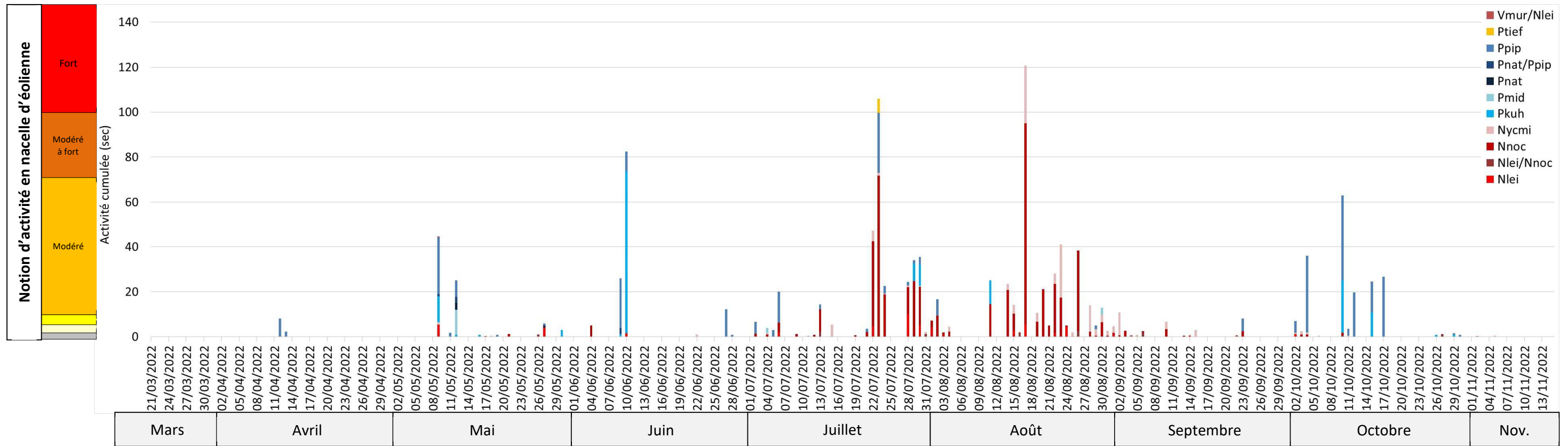
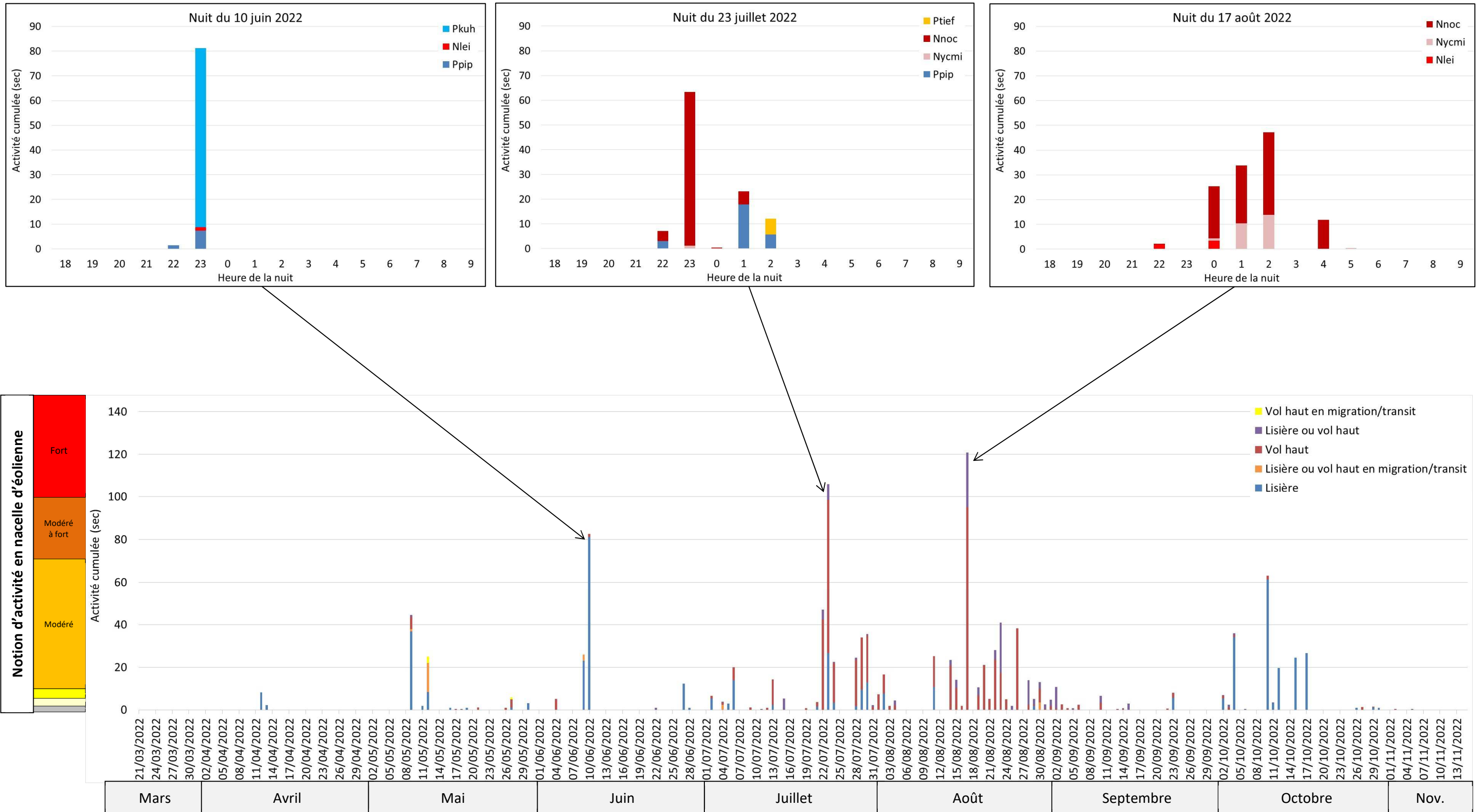




Figure 16 : Graphique de la chronologie de l'activité (en secondes d'activité cumulée par nuit) par espèce ou groupe d'espèces relevés en nacelle d'éolienne E6



### 2.3.5 Influence de la vitesse du vent

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

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

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

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 E6 sur le second axe d'ordonnées et les notions de vitesse de vent en abscisse (en m/s).

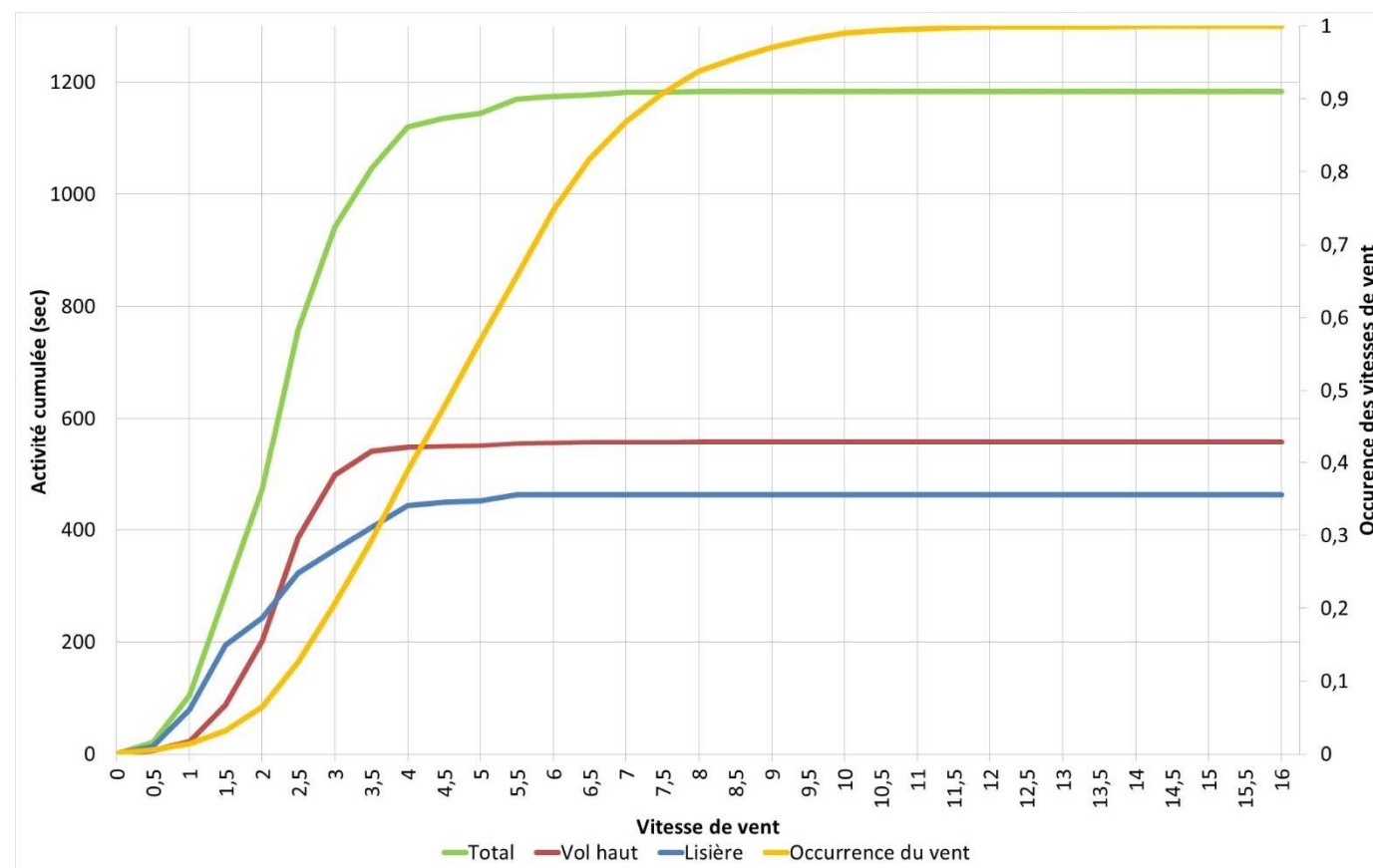
C'est ce type de graphique qui permet généralement d'apprécier le seuil de vent à partir duquel l'activité des différents groupes de chauves-souris diminue de façon significative. Généralement, ce type de graphique montre logiquement que l'activité des espèces de lisières diminue plus vite que celle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

Au niveau de l'éolienne E6, le graphique ci-contre, témoigne d'un début d'aplanissement de la courbe à partir de vitesses de vent de 4 m/s pour les espèces de lisières et 3,5 m/s pour les espèces de vol haut. 95% de l'activité des espèces de lisière et 98% de l'activité des espèces de vol haut a lieu pour des vitesses de vent inférieures à 4 m/s.

Les espèces de lisière ont volé jusqu'à des vents de 5,5 m/s, contre 8 m/s pour les espèces de haut vol. Un total de **98%** de l'activité totale des espèces a été enregistré pour des **vitesses de vent inférieures ou égale à 5,5 m/s** et **94,68 %** pour des **vitesses de vent inférieures ou égale à 4 m/s**.

Pour rappel, lors des nuits de pics, les chauves-souris ont volé par des vitesses de vents variant entre 0,64 et 2,49 m/s.

Figure 17 : Corrélation inverse entre la vitesse du vent et l'activité cumulée des chauves-souris au niveau de l'éolienne E6 (sur la base des données relevées en 2022 en nacelle d'éolienne)



### 2.3.6 Influence de la direction du vent

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

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

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

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

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

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

D'après le graphique de la figure ci-contre, les vents dominants sur le site correspondent d'une manière générale avec les directions où l'activité est la plus importante. Globalement, l'activité chiroptérologique ne semble donc pas influencée par une direction du vent particulière, mais est relevée selon les vents dominants du site. Cependant, quelques petites différences sont notables.

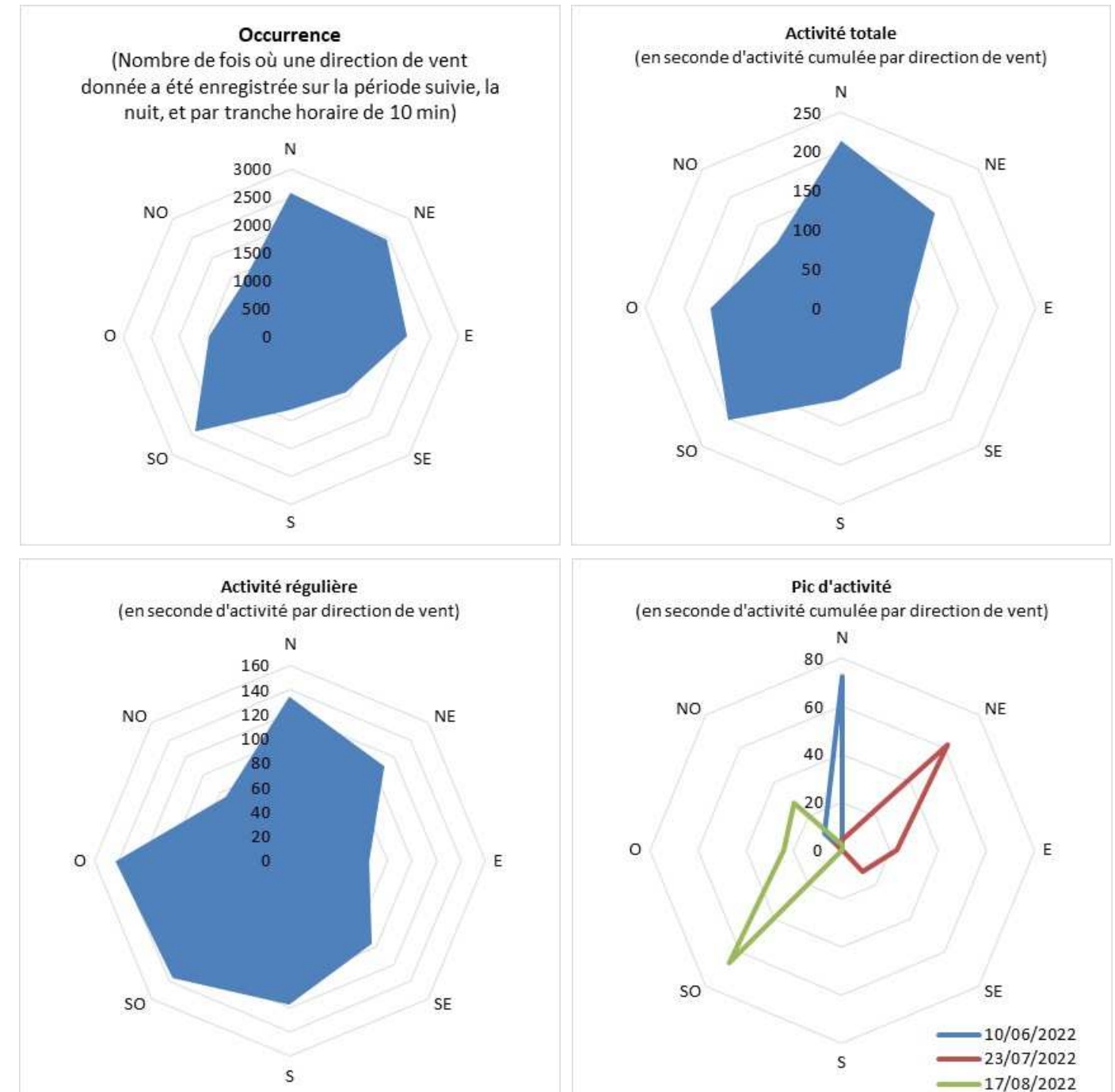
En effet, les vents provenant de l'est présentent une occurrence relativement élevée alors que l'activité est plus faible par cette direction. Cela pourrait indiquer une influence négative de la direction est sur l'activité des chauves-souris.

Généralement, les vents dominants pour lesquels l'activité relevée est faible se caractérisent par une vitesse de vent moyenne plus importante, réduisant l'activité de chasse/transit des chauves-souris. Ici, l'analyse de la vitesse de vent moyenne relevée pour cette direction de vent ne permet pas de mettre en évidence un lien entre une activité chiroptérologique plus faible par vent d'est et une vitesse de vent moyenne plus importante que pour les autres directions du vent (moyenne de 4,42 m/s).

À l'inverse, les vents de l'ouest, peu relevés sur site, démontrent d'une activité chiroptérologique régulière, notable, ce qui peut laisser supposer une influence positive de cette direction sur l'activité des chauves-souris. Pour autant, les reliefs locaux n'indiquent pas de vallées pouvant drainer des insectes-proies de l'ouest jusqu'au site pouvant favoriser des phénomènes qui entraînent ces espèces en hauteur.

**Finalement, il ne semble pas y avoir de réelle influence de la direction du vent sur l'activité des chauves-souris.**

Figure 18 : Graphique présentant l'activité chiroptérologique (en haut à gauche), l'occurrence de chaque direction du vent (en haut à droite), l'activité régulière (en bas à gauche) et l'activité des pics (en bas à droite) relevés en nacelle d'éolienne E6



### 2.3.7 Influence de la température

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

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

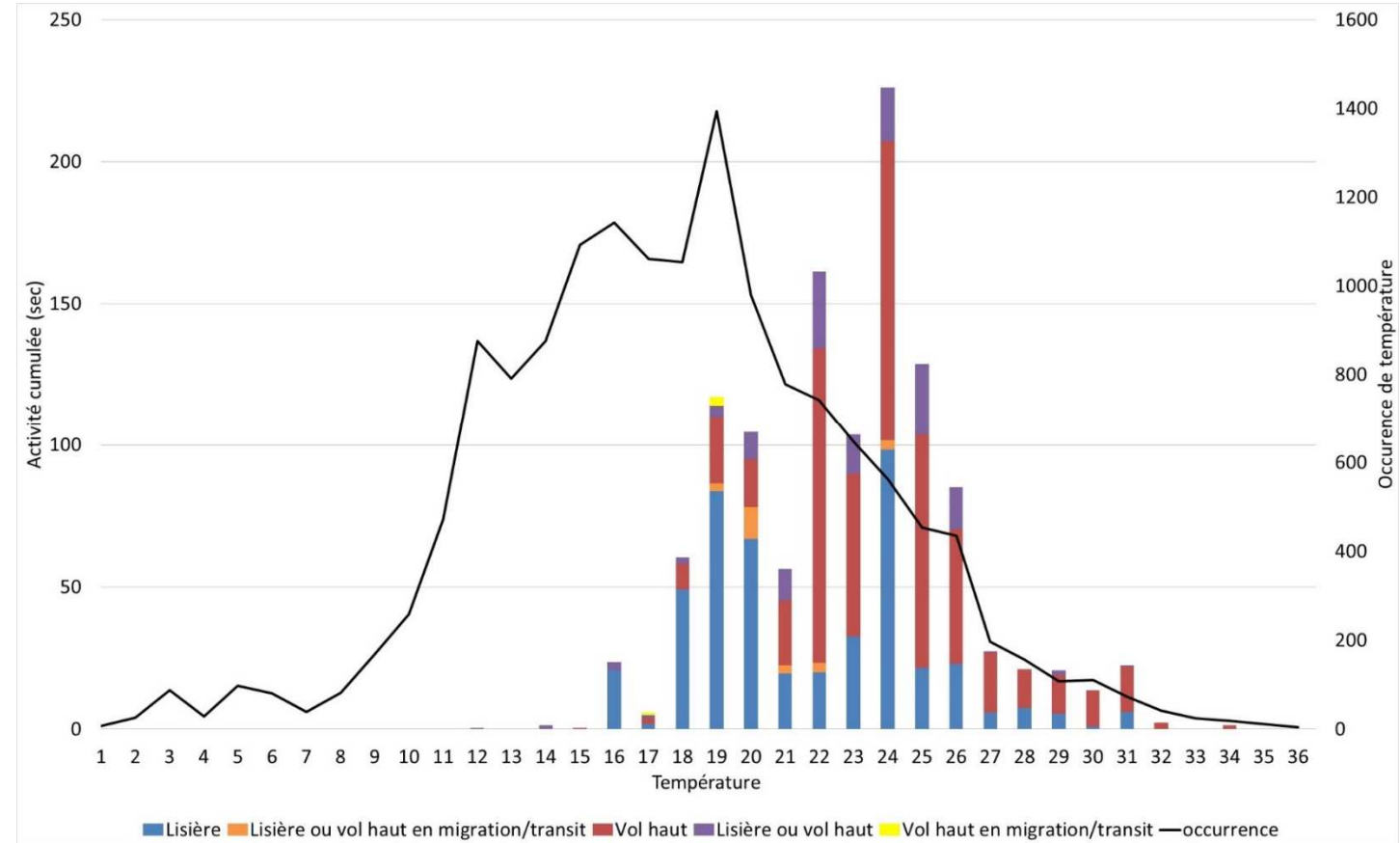
- Dans le cas d'une activité aucunement liée à la température, la forme des représentations sera similaire,
- Dans le cas d'une activité liée à certaines valeurs de température (les chiroptères sont connus pour avoir une activité plus faible par température basse), les deux représentations auraient alors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

Le graphique ci-contre montre que l'activité chiroptérologique est relevée entre **12 °C et 34 °C**. En pourcentage d'activité, 92,23 % de l'activité des chauves-souris en hauteur s'effectuent par des températures supérieures à 18 °C.

Malgré une occurrence majoritairement comprise entre 12 °C et 21 °C, l'activité relevée est nettement plus importante à partir de 18 °C que pour les basses températures (< 16 °C en particulier) alors que l'occurrence y est plus 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 19 °C et 26 °C.

Figure 19 : Décomposition de l'activité cumulée des chauves-souris en hauteur au niveau de l'éolienne E6 en fonction de la température relevée sur cette même éolienne et en parallèle des enregistrements d'activité



### 2.3.8 Rythme d'activité nocturne

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

D'après les graphiques ci-contre, sur l'ensemble de la période de suivi, la plupart des données ultrasonores sont enregistrées entre 1 heure et 3 heures après le coucher du soleil puis en milieu de nuit.

La totalité de l'activité est relevée juste avant le coucher du soleil et jusqu'à 30 minutes avant le lever du soleil, sachant que **95% de l'activité est relevée entre 30 minutes après le coucher du soleil et 2 heures avant le lever du soleil.**

En termes de saisonnalité, l'activité relevée en milieu de nuit est plus marquée en mai et août, alors que le reste de l'année, l'activité est plus importante en première partie de nuit. Les contacts à des heures plus proches du jour se font pendant les périodes automnales, notamment en septembre et octobre.

Durant les mois de septembre et d'octobre, de nombreux contacts de Noctule commune ont été enregistrés avant le coucher du soleil, ainsi que des contacts non discriminés entre la Noctule de Leisler et la Noctule commune le 27 octobre laissant penser à des transits migratoires. S'ajoutent à cela de nombreux contacts de Noctule commune, moins de 30 minutes après le coucher du soleil, répartis tout au long de l'année à partir de juillet. Cela suppose que, pour la Noctule commune, des gîtes diurnes sont situés à proximité du parc.

Pour rappel, les pics d'activité enregistrés en nacelle d'éolienne E6 ont été relevés à différents horaires : le 10 juin autour de 23h30, le 27 juillet entre 22h et 2h00 et le 27 août entre minuit et 2h00 du matin.

Figure 20 : Rythme d'activité nocturne (en seconde d'activité cumulée) par groupe d'espèces mesuré au niveau de la nacelle de l'éolienne E6

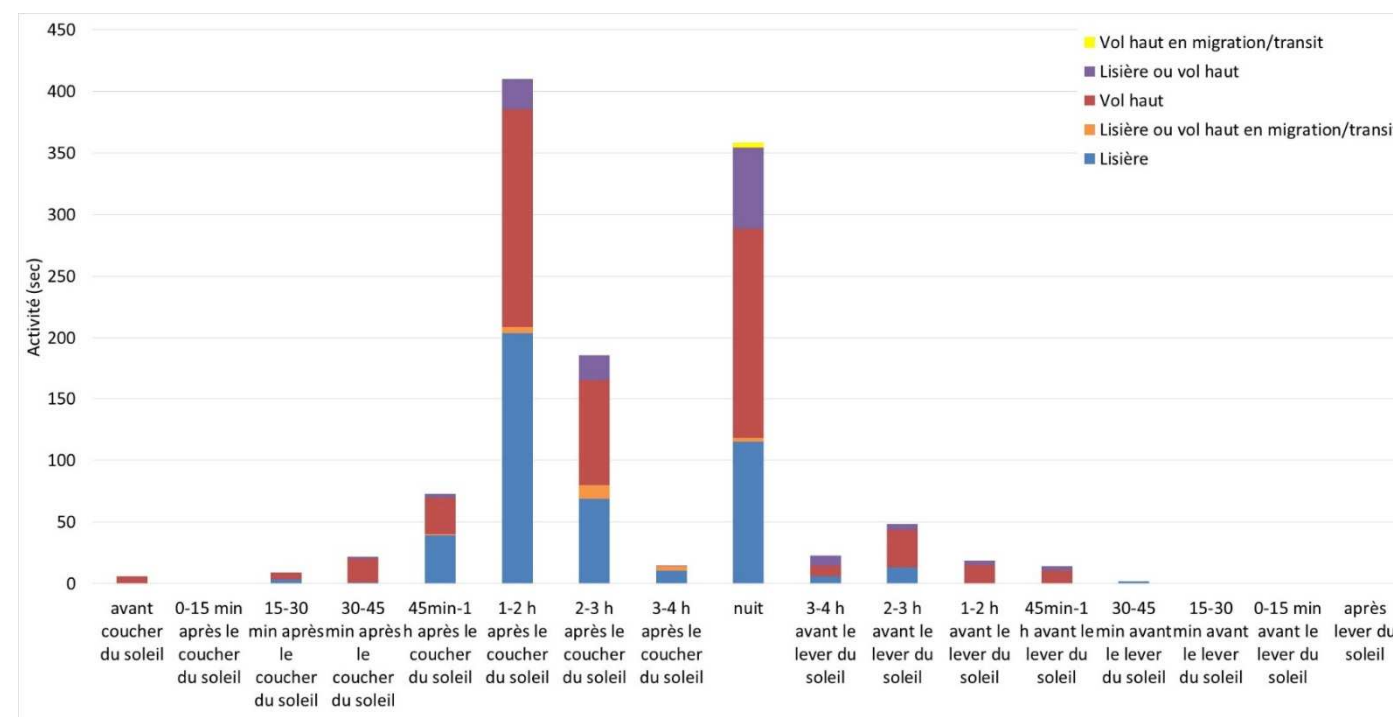
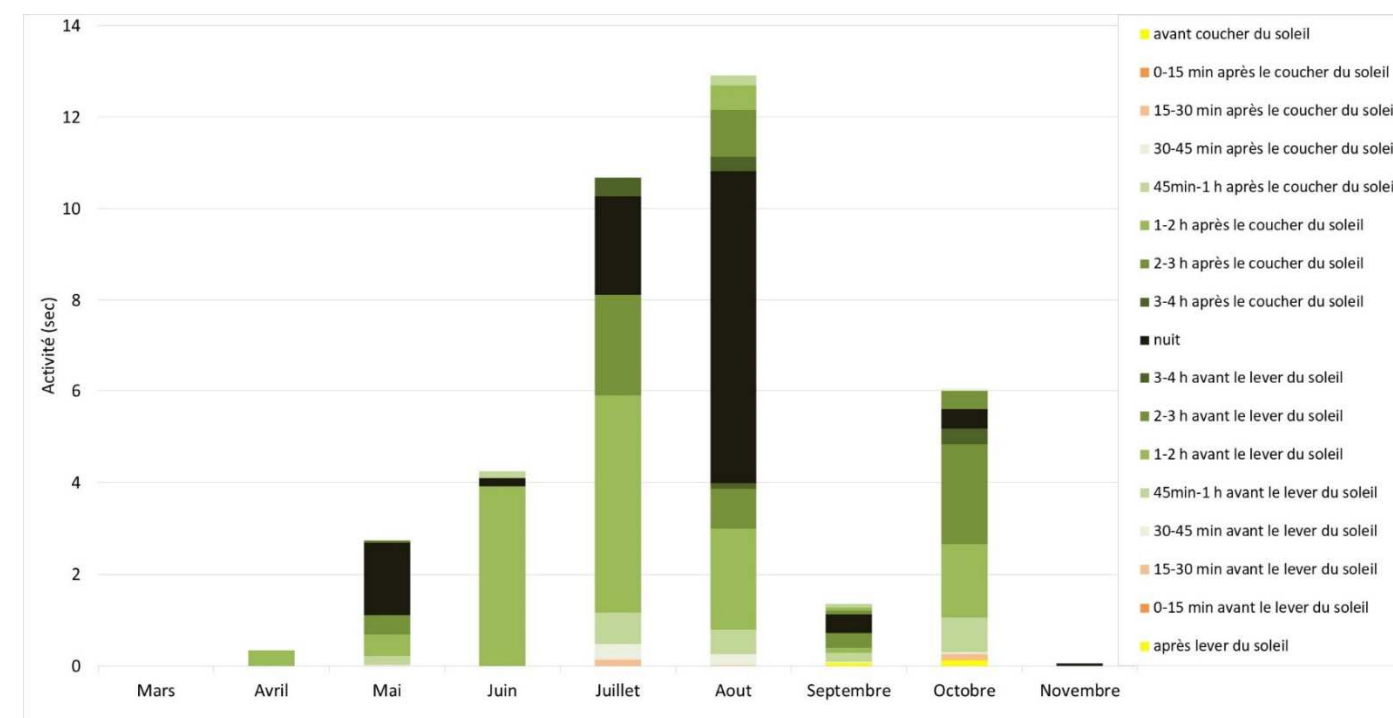


Figure 21 : Décomposition de l'activité moyenne (en seconde d'activité par nuit) des chauves-souris au niveau de la nacelle de l'éolienne E6 en fonction de l'écart avec le lever ou le coucher du soleil



## 2.4 Synthèse du suivi de l'activité des chiroptères

Le suivi de l'activité des chiroptères a été étudié du 12 avril au 5 novembre 2022 en nacelle de l'éolienne E6.

Durant ce suivi, **5 espèces de chauves-souris** ont pu être déterminées avec certitude et 4 autres font l'objet de détermination non discriminante.

En termes de proportion, le cortège d'espèces est largement dominé par les espèces de vol haut et plus particulièrement par la **Noctule commune** qui constitue 41% de l'activité totale en hauteur. Le deuxième groupe le plus important correspond au groupe des espèces de lisière, majoritairement représenté par la **Pipistrelle commune**.

Ces deux espèces exposent une continuité bien marquée et semblent occuper le site toute l'année. Malgré une proportion plus faible, la **Noctule de Leisler** reste également bien présente tout le long du suivi.

Les autres espèces montrent une activité plus ponctuelle et inégalement répartie sur la période de suivi.

L'activité enregistrée sur site, au niveau de l'éolienne E6, est globalement **modérée**. L'activité la plus affirmée et la plus régulière fut relevée **entre mi-juillet et fin août** avec une activité particulièrement marquée de Noctules communes. Le reste de l'année, l'activité réside plus faible, moins régulière et plus constituée par des espèces de lisière.

**Trois pics d'activité sont observés en été** (le 10 juin, le 23 juillet et le 17 août 2022).

Le premier, d'un niveau qualifié de **modéré à fort**, est principalement dû à la **Pipistrelle de Kuhl**. Il a été recueilli par une vitesse de vent moyenne de 1,23 m/s, de direction nord et nord-ouest, et par une température moyenne de 24,22 °C.

Le second pic, du 23 juillet, présente un niveau d'activité jugé **fort**. La **Noctule commune** est essentiellement responsable de ce pic relevé pour une vitesse de vent moyenne de 1,78 m/s de direction nord-est et avec une température moyenne de 24,89 °C.

Enfin, le dernier pic, du 17 août, également d'un niveau **fort** et représenté en majorité par la **Noctule commune**. Il fut enregistré par une vitesse de vents de 1,75 m/s en moyenne avec une direction sud-ouest, ouest et nord-ouest, et une température moyenne de 21,59 °C.

Sur le site, les chauves-souris ont principalement volé par des températures **supérieures à 17 °C** et par des vitesses de vent **inférieures à 5,5 m/s** et par des vitesses de vent maximales à 8 m/s avec comme directions principales le nord, le nord-est, le sud et le sud-ouest. Ces directions correspondent globalement aux vents dominants du site et donc **l'activité ne semble pas être influencée par une direction du vent particulière**.

Enfin pour le rythme d'activité nocturne, la totalité de l'activité est relevée juste avant le coucher du soleil et jusqu'à 30 minutes avant le lever du soleil, dont la majeure partie est enregistrée entre

**30 minutes après le coucher du soleil et 2 heures avant le lever du soleil**. De plus, des **gîtes diurnes de Noctule commune** sont suspectés à proximité du parc.

Ce suivi d'activité, couplée au suivi de mortalité, étudié dans la partie suivante, va permettre de juger au mieux l'impact du parc de Chéry sur les chauves-souris. Cela expliquera par la suite, la mise en place de mesures proportionnelles et adaptées à l'activité présente sur site.

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

## 3.1 Objectifs du suivi de la mortalité

Le suivi de la mortalité sous les éoliennes du parc éolien de Chéry 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 Chéry, par unité de temps;
- les espèces les plus exposées en fonction des milieux, et en fonction des conditions météorologiques...

De façon plus générale, idéalement, les résultats du suivi de la mortalité doivent être analysés en parallèle des résultats d'activité des chauves-souris. Le tableau de synthèse général des données brutes de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux retrouvés lors du suivi 2022 est présenté en Annexe 2 page 84.

## 3.2 Méthodologie

### 3.2.1 Choix d'une méthode standardisée

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

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

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

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

### 3.2.2 Choix des périodes de suivis et fréquence des visites

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

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

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

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

- **Une période de mi-août à septembre** qui correspond surtout à une phase de risques plus marquée pour les chiroptères avec les effets d’une deuxième phase d’essaimage d’insectes, susceptible d’attirer les chiroptères en altitude selon les conditions climatiques. Vis-à-vis des oiseaux, il s’agit aussi d’une période phare pour les migrations de certains rapaces et notamment les ruzhs de bondrées apivores et milans noirs.

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 ». De plus, le suivi couvre l’ensemble des périodes les plus à risques pour les chiroptères et pour les oiseaux.

Dans notre cas précis, **le suivi de la mortalité est basé sur un échantillon de 30 visites entre avril et octobre, soit 30 semaines suivies sur la base de 1 visite par semaine.** L’effort de prospection est donc

Figure 22 : Calendrier des dates de visites effectuées lors du suivi de 2022

		janv-22	févr-22	mars-22	avr-22	mai-22	juin-22	juil-22	août-22	sept-22	oct-22	nov-22	déc-22																								
<b>Mortalité</b>	Suivi de la mortalité : nombre de visites ciblées sur le suivi de la mortalité oiseaux et chauves souris				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
	Réalisation des tests pour calcul des coefficients correcteurs du taux de mortalité (test en binome et retour test à N+1 et à N+3)									1								1																			

### 3.2.3 Choix des éoliennes suivies

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



### 3.2.4 Organisation des parcours de prospection

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

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

La recherche sous chaque éolienne doit être réalisée seulement au niveau des zones prospectables. C'est-à-dire au niveau de la végétation herbacée (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 herbacée 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.

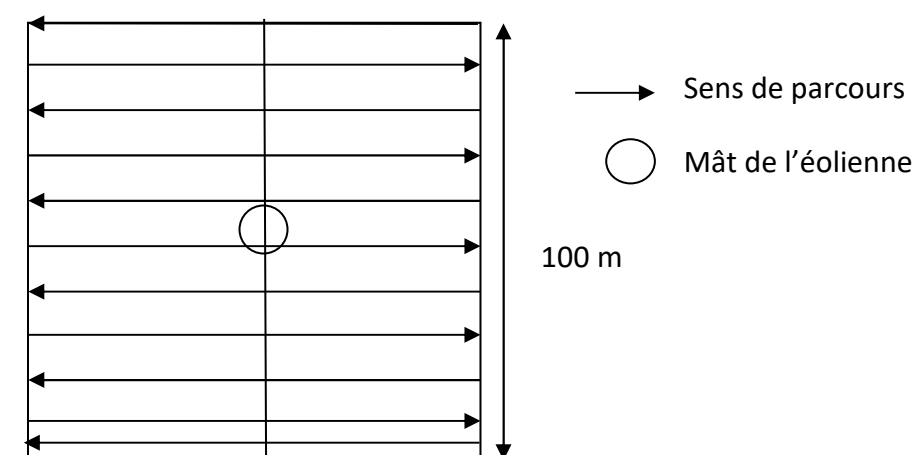
La durée de prospection sous une éolienne pour 100 % de prospection du carré (1 hectare) est d'environ 30 min. Pour une zone de prospection correspondant à 50 % du carré, la durée de prospection sera proportionnelle, soit d'environ 15 min. Il convient donc d'adapter son allure à cette durée de prospection 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 23 : 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 24 de la page suivante propose de visualiser les surfaces prospectées et celles non prospectées.

Figure 24 : Carte de l'orientation des carrés et de la surface prospectée lors du suivi mortalité sous les éoliennes de Chéry en 2022



Figure 25 : Clichés des principaux critères utilisés pour la détermination des chauves-souris

### 3.2.5 Recueil des données et destination des cadavres

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

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

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

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

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

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

La fiche type de saisie de données de terrain est présentée en Annexe 1 de la page 82.



### 3.2.6 Détermination des coefficients correcteurs

#### 3.2.6.1 Organisation générale

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

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

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

**Deux sessions de détermination de ces coefficients correcteurs ont été réalisées durant la campagne de suivi (9 mai et 23 août 2022).**

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

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

Deux tests de détection sont effectués au cours du suivi de la mortalité, répartis sur des saisons différentes. Ces derniers sont faits grâce à des peluches de taille et de couleur différente afin de mimer des cadavres de chauves-souris et d'oiseaux. Les peluches souris miment les chauves-souris, les peluches oiseaux (petite autruche et moineaux) miment les passereaux et les peluches de grande taille (type rapace) miment les rapaces (cf. Figure 26). Autrement dit, les coefficients correcteurs utilisés pour calculer le taux de mortalité des chiroptères se baseront sur les résultats de test liés aux souris. Pour les oiseaux, ils se baseront sur les résultats de test liés aux petites peluches d'oiseaux (type passereaux) et ceux liés aux plus grands oiseaux (type rapace). Au total et pour chaque test de détection, 10 peluches souris, 7 peluches oiseaux et 3 gros gabarits de peluches oiseaux sont dispersés (soit un total de 10 peluches pour mimer les chauves-souris et 10 peluches pour mimer les oiseaux). Les résultats de ces différents tests seront développés plus bas.

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

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

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

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

Figure 26 : Clichés des peluches utilisées pour la réalisation des tests de détection (sur un autre site)



Figure 27 : Clichés témoignant de la difficulté de perception des peluches dispersées (sur un autre site)



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

Une fois la dispersion effectuée, la recherche destinée à identifier le taux de découverte peut commencer. Le chercheur parcourt donc la parcelle de façon méthodique, suivi par le disperseur qui consulte en même temps les relevés de position sur carte. Il ne donne aucune information au chercheur sur le positionnement des peluches, mais veille à l'efficacité de la recherche en informant le chercheur sur la régularité de son parcours (parallélisme des lignes virtuelles, limites de la zone test, régularité de

la vitesse de prospection...). Chaque fois que le chercheur découvre une peluche, le disperseur enregistre cette découverte. En fin de session, les résultats permettent d'apprécier l'efficacité du chercheur, caractérisée par le « taux de détection » (nombre de peluches découvertes / nombre de peluches déposées).

### **3.2.6.3 Tests de disparition (ou « test de persistance »)**

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

2 tests sont effectués au cours de la période de suivi. Entre 15 et 20 cadavres-tests sont disposés sous les éoliennes, pour chaque test. Ce choix se justifie par la nécessité d'avoir assez de données pour avoir une idée précise du taux de prédation sur le site.

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

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

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

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

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

Les visites retour-tests sont réalisées de la façon suivante : une visite le lendemain de la dispersion des cadavres (Retour test 1), puis 3 jours après la dispersion (Retour test 2), puis au bout de 7 jours après la dispersion (Retour test 3). Les retours-tests suivant sont espacés de 3-4 jours entre eux à chaque fois. Ces retours-tests sont réalisés jusqu'à l'ensemble des cadavres-test ont disparu. Les retours-tests 1 à 3 sont rapprochés car souvent les poussins disparaissent dans la semaine. Il est donc important de revenir sur site régulièrement pour avoir une idée précise de la vitesse de disparition des cadavres-tests.

### **3.2.6.4 Calculs**

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

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

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

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

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

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

de végétation prospecté est homogène. Les paramètres seront donc estimés comme suit pour chacune des périodes identifiées :

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

### **3.2.6.5 Intervalle de confiance**

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

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

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

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

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

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

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

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

### 3.3 Bilan de la mortalité des chauves-souris

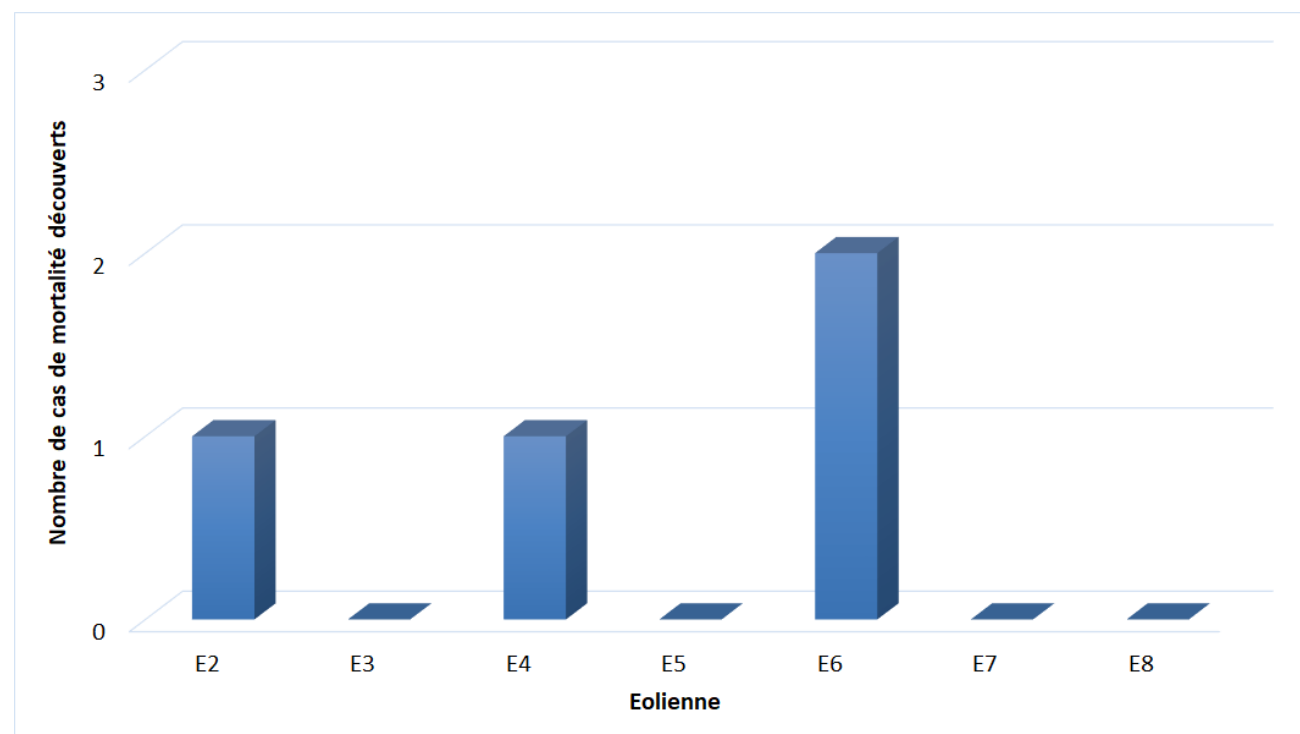
#### 3.3.1 Bilan des mortalités par éolienne

**3 chauves-souris** furent retrouvées sous les éoliennes du parc de Chéry, au cours de la campagne de suivi menée entre le 5 avril et le 25 octobre 2022. Une chauve-souris a également été retrouvée le 27 octobre sur le toit de la nacelle de l'éolienne E6 par un technicien (hors protocole de suivi de la mortalité). Ce cas de mortalité sera considéré dans l'analyse qualitative des cadavres, mais pas au niveau quantitatif puisqu'il a été retrouvé en dehors du protocole de suivi de la mortalité.

Pour 30 visites de recherches réalisées au cours de cette période de 7 mois, cela représente une moyenne de 0,6 chauve-souris découverte par mois pour l'ensemble du parc (soit 7 éoliennes).

Pour rappel, en 2015 (cf. Nature 18 – 2016), 1 chiroptère avait été retrouvé sous les éoliennes de Chéry. Il s'agissait d'une Pipistrelle commune retrouvée sous l'éolienne E8.

Figure 28 : Bilan des mortalités de chauves-souris constatées en 2022 et répartition par éolienne



La Figure 28 permet de constater que les éolienne E3, E5, E7 et E8 n'ont été à l'origine d'aucune mortalité brute en 2022. L'éolienne E6 est la plus accidentogène avec 2 cadavres découverts. Les éoliennes E2 et E4 ont été responsables d'un 1 seul cas de mortalité observée chacune.

#### 3.3.2 Chronologies constatées et corrigées des mortalités de chauves-souris

Le premier graphique de la Figure 30 page 41 représente la chronologie des découvertes de cadavres de chauves-souris sur l'ensemble du parc éolien en 2022.

Le délai qui s'écoule entre la mort des chiroptères et la date des découvertes des cadavres dépend du pas de temps de retour entre deux visites et de l'efficacité du chercheur. Comme le protocole d'étude était basé en 2022 sur une visite de terrain par semaine, le décalage entre la date de la découverte et la date de la mortalité effective pourra varier :

- entre 0 (cas d'une chauve-souris tombée la nuit précédant la visite) et 6-7 jours (1 visite par semaine)
- parfois plus pour les cadavres qui n'auraient été trouvés qu'après plusieurs passages des équipes de chercheurs.

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

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

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

- et l'analyse comparative que nous pouvons faire du processus de décomposition des cadavres tests dispersés sur le site et suivis au cours des deux sessions de test de la campagne de suivi.

Cette estimation reste approximative pour la présente étude, le niveau de précision nécessaire pour la suite des analyses étant aussi assez grossier. Ainsi, il convient de rester prudent sur toute analyse trop fine issue de la chronologie estimée des mortalités. Le deuxième graphique de la page 41 synthétise cette estimation corrigée de la date des mortalités. La différence est peu significative sur une si large échelle de temps, mais elles pourront avoir certains intérêts pour d'éventuelles confrontations à posteriori entre ces mortalités et les conditions climatiques par exemple.

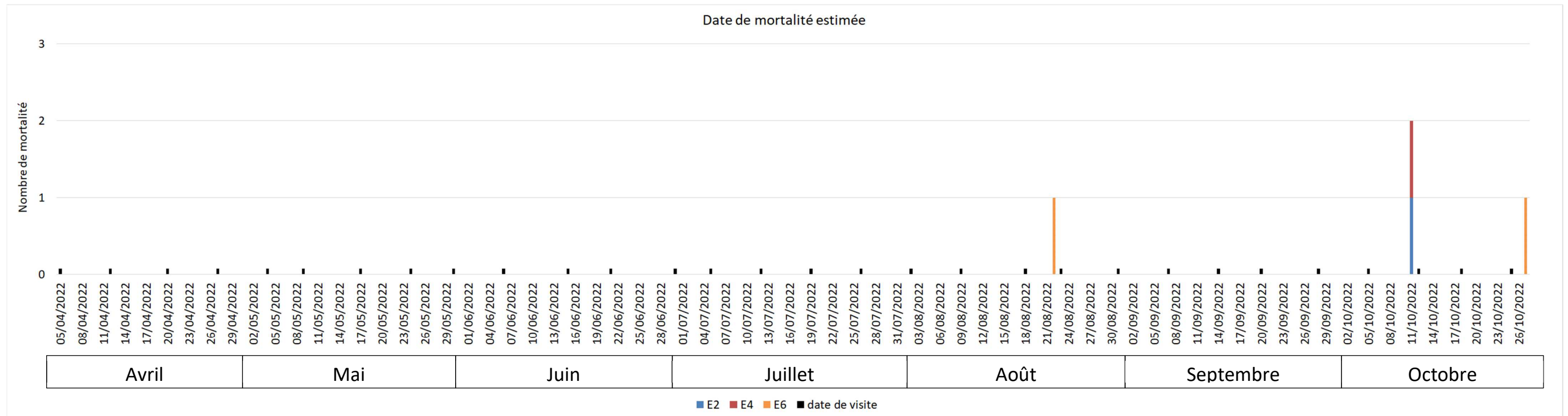
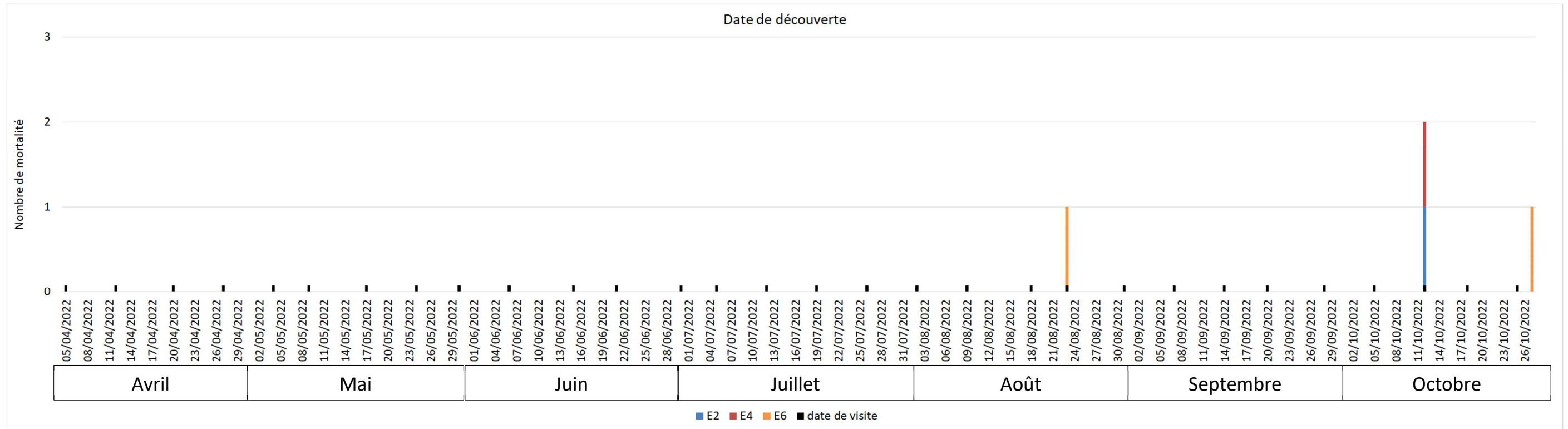
Les profils généraux des histogrammes mensuels des mortalités constatées de la page suivante permettent une vision de synthèse des périodes sensibles pour les chiroptères.

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





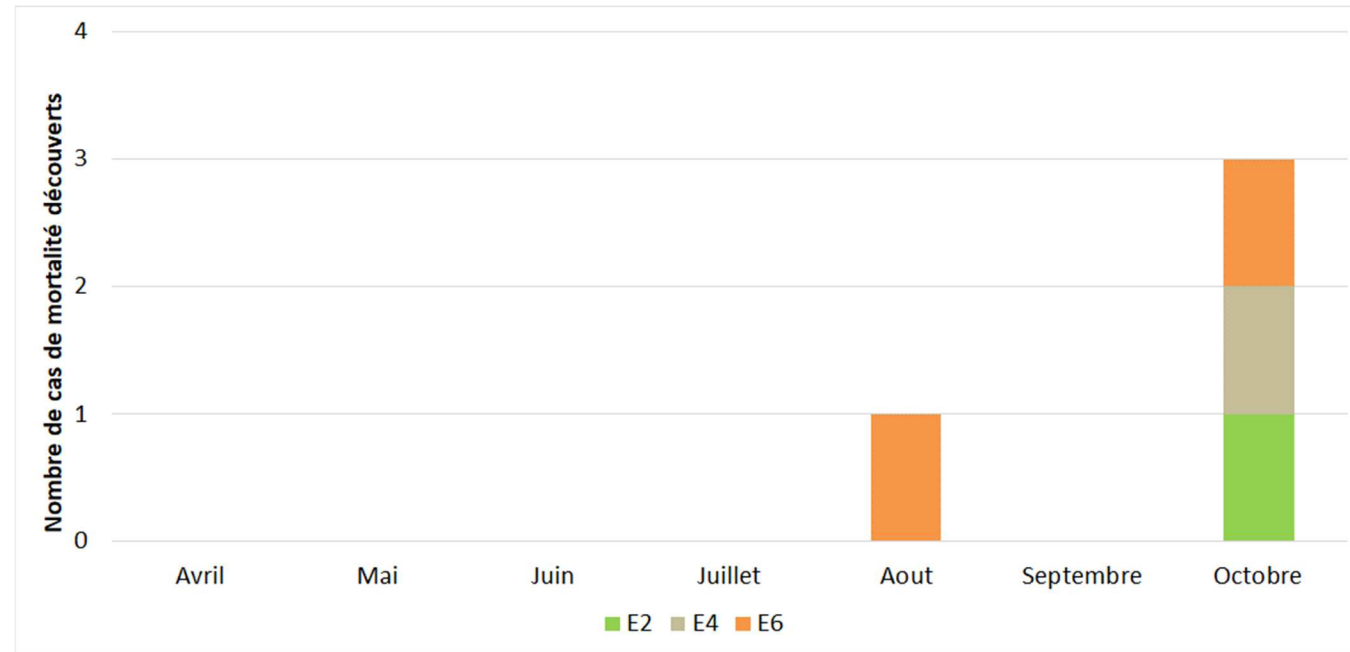
Figure 30 : Chronologie des mortalités de chauves-souris (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne en 2022



En ce qui concerne les rapports entre chronologie des mortalités et les éoliennes, aucune concentration des mortalités n'est relevée sous les éoliennes. Deux cas de surmortalité ont été découverts le même jour sous des éoliennes différentes (le 12 octobre). Une mortalité a eu lieu mi-août et une dernière mortalité a été retrouvée hors protocole, à la fin du mois d'octobre. Même si aucune concentration de la mortalité est relevée, on notera que les cadavres ont tous été retrouvés entre mi-août et fin octobre, période la plus accidentogène pour les chauves-souris.

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 ces mortalités s'expriment aussi pour des espèces ou des comportements comparables.

Figure 31 : Chronologie des mortalités de chauves-souris estimées (corrigées) par mois en 2022



### 3.3.3 Typologie des cadavres découverts

La détermination des espèces n'est pas toujours aisée selon l'état des cadavres au moment de leur découverte. Ce fut le cas en 2022, où un cadavre découvert hors protocole n'a pas pu être déterminé. Dans notre cas précis, tous les cadavres ont fait l'objet de plusieurs analyses biométriques.

Le **cortège d'espèces impactées en 2022 est diversifié** puisque parmi les 4 cadavres découverts, nous notons au moins 3 espèces différentes. La Noctule commune, la Pipistrelle de Nathusius et la Pipistrelle commune représentent 1 cas de mortalité chacune. Le cadavre découvert hors protocole par les techniciens n'a pas été ramassé. Il n'a pas été possible de déterminer de quelle espèce il s'agissait.

Pour rappel, en 2015, 1 Pipistrelle commune avait été retrouvée sur le site de Chéry.

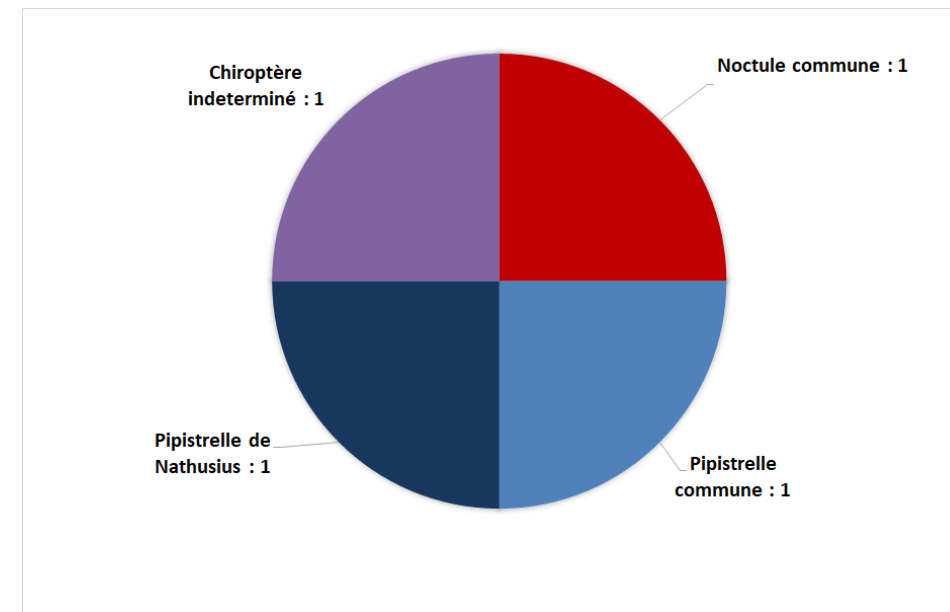
Le tableau ci-dessous présente les statuts de protection et de conservation des espèces retrouvées sous les éoliennes.

Figure 32 : Tableau représentant les statuts de protection et de conservation des espèces de chauves-souris retrouvées sous les éoliennes

Espèce	Nom scientifique	Statut de protection			Plan national d'action (2016-2025)		Statut de conservation				Niveau de patrimonialité
		Protec. Fr.	Protec. U.E.	Conv Berne	Espèce prioritaire	Tendance évolutive	Liste rouge UICN (Mondiale)	Liste rouge UICN (Europe)	Liste rouge nationale (Nov 2017)	Centre-Val de Loire (2013)	
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	P	H4	2	oui	?	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Vulnérable	Quasi menacé	Modéré à fort
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	P	H4	2	oui	-	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Preoc. Mineure	Modéré
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	P	H4	2	oui	?	Préoc. Mineure	Préoc. Mineure	Quasi menacé	Quasi menacé	Modéré

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

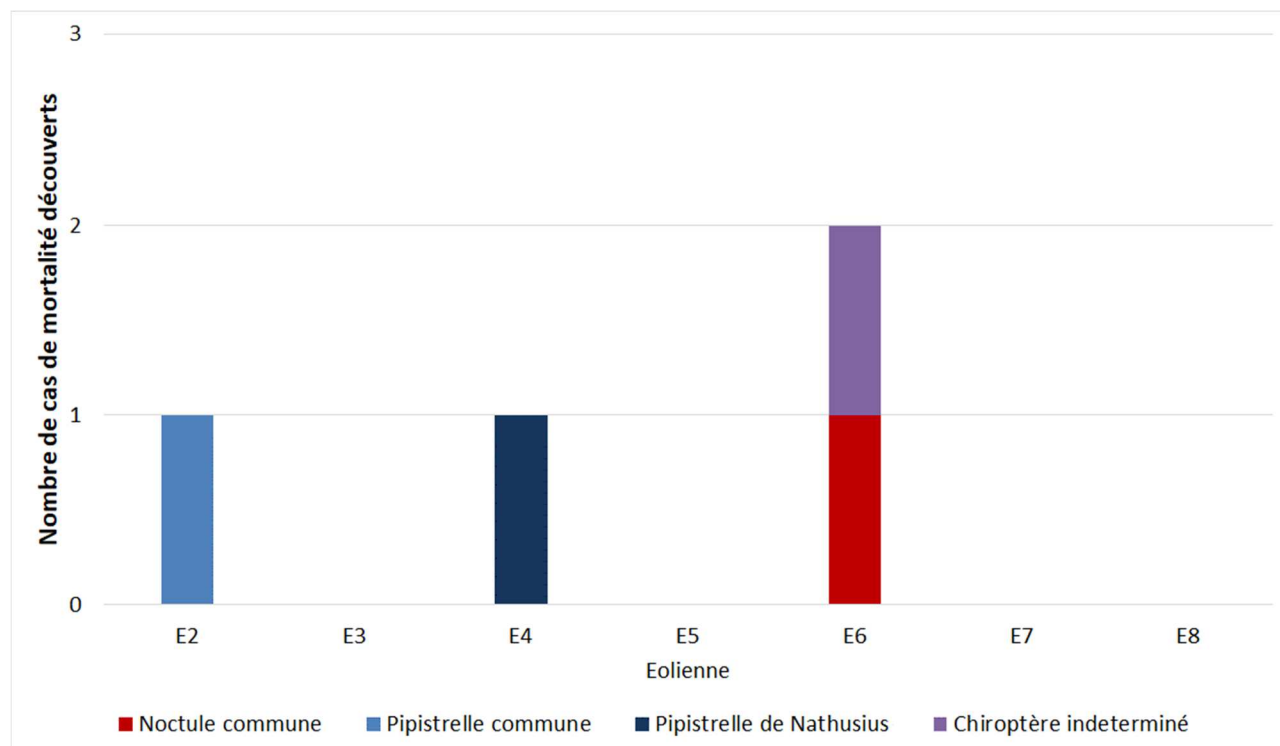
Figure 33 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèce (effectifs constatés) en 2022



### 3.3.4 Relation espèce / éolienne et type de vol / éolienne

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

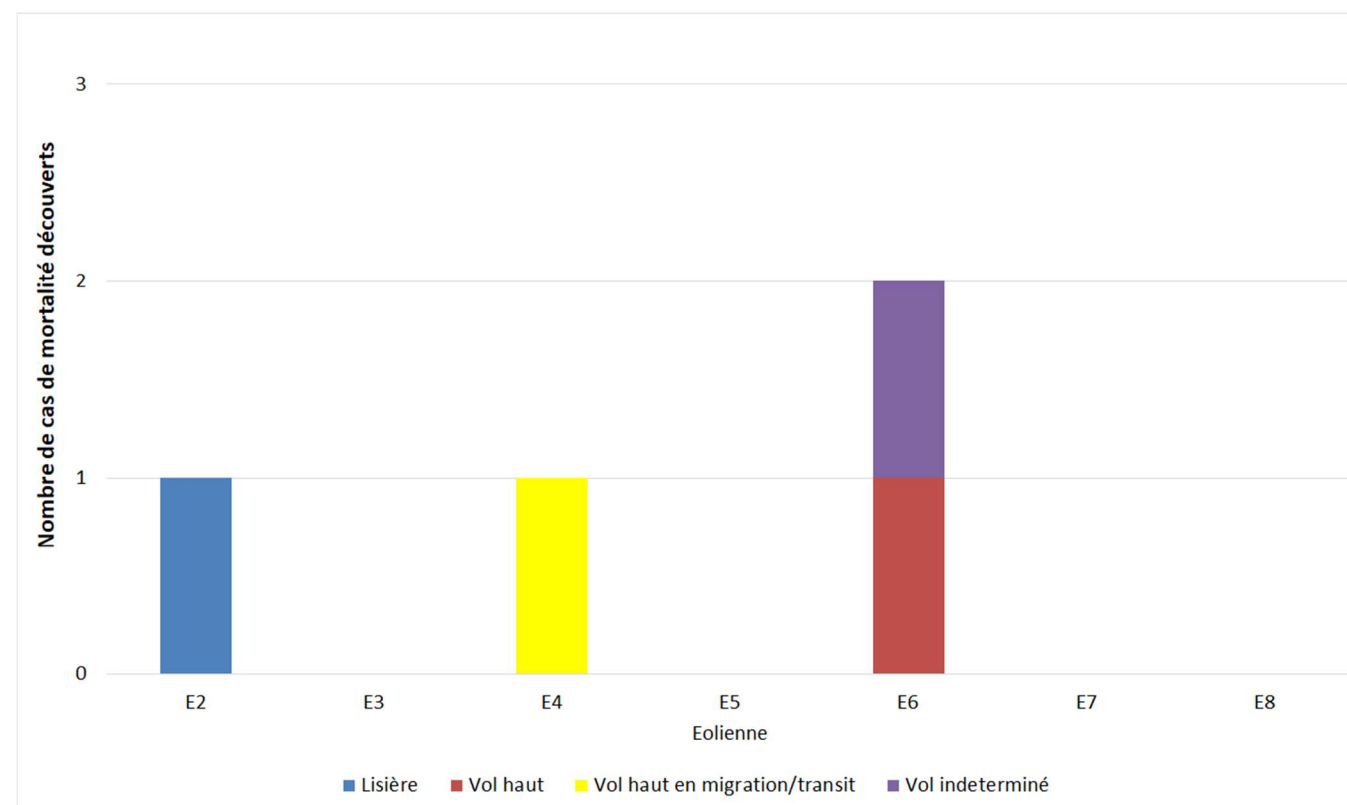
Figure 34 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2022



Le graphique précédent ne semble pas montrer la présence d'un regroupement de mêmes espèces sous les éoliennes accidentogènes du parc. En effet, toutes les espèces ont été retrouvées sous des éoliennes différentes. Une Pipistrelle commune a été retrouvée sous l'éolienne E2, une Pipistrelle de Nathusius a été découverte sous l'éolienne E4 et une Noctule commune et une chauve-souris indéterminée ont été retrouvées au niveau de l'éolienne E6.

Le graphique suivant représente, pour chaque cas de mortalité, le type de vol de l'espèce concernée, de manière à y rechercher l'expression de certaines explications phénologiques (migration, dispersion des jeunes...) ou comportementales (chasse en groupe, comportements sociaux...) par éolienne. On considère ainsi que la Noctule commune est une espèce de haut-vol (vol de plein ciel, sans support d'écholocation particulier) contrairement à la Pipistrelle commune qui est une espèce évoluant le long des lisières et la Pipistrelle de Nathusius qui évolue en altitude lors de vols migratoires.

Figure 35 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2022 en fonction du type de vol



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

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

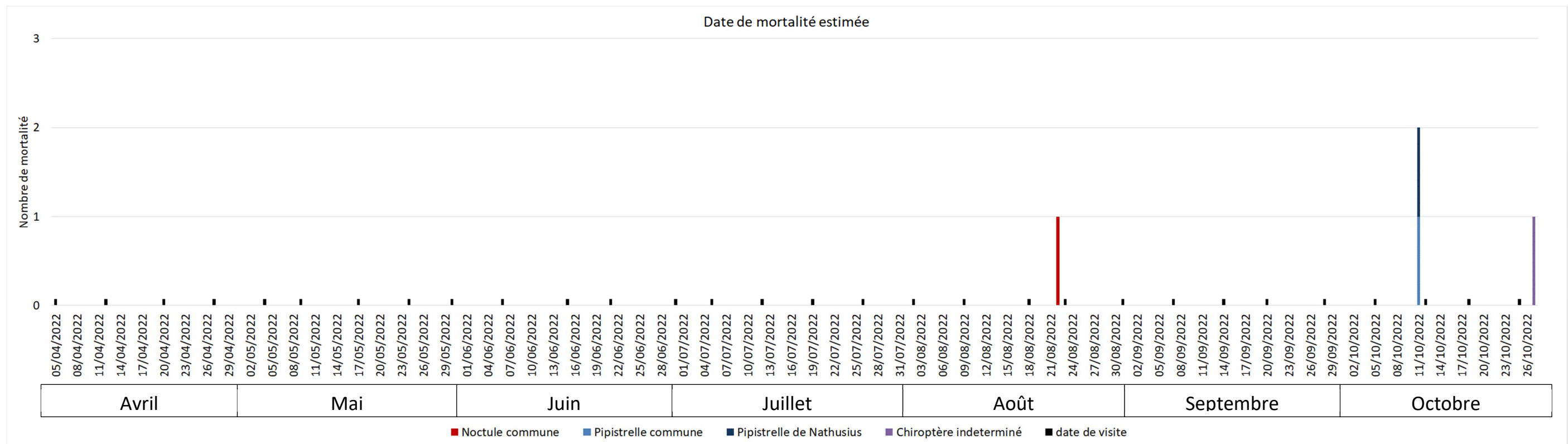
Deux types de mortalité peuvent être définie :

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

Sur le suivi 2022, aucun pic de mortalité n'a été constaté lors du suivi. Toutefois, les mortalités sont relevées entre mi-août et fin octobre, période souvent la plus accidentogène pour les chiroptères. En effet, cette période correspond à la période de swarming, de migrations automnales pour certaines espèces et aux premiers vols des petits de l'année. À propos des résultats de suivi d'activité en hauteur, le cadavre de Noctule commune a été retrouvé au cours d'une période d'activité régulière et plus intense d'espèces de haut vol (comme la Noctule commune). De même, les cadavres de pipistrelles retrouvés à la mi-octobre peuvent être mis en lien avec l'activité marquée des espèces de lisières à cette période de l'année. Pour ces cas-là, les mortalités semblent liées avec l'activité régulière et importante en hauteur. En revanche, le cadavre retrouvé par les techniciens a été découvert à un moment où les chauves-souris sont très peu actives en hauteur.

Aucun des cadavres retrouvés ne semble correspondre aux trois pics d'activités enregistrés en nacelle de l'éolienne E6 (le 10 juin, le 23 juillet et le 17 août).

Figure 36 : Répartition des mortalités de chauves-souris par espèce (effectifs constatés) en 2022



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

#### ➤ **Noctule commune (1 cas de mortalité)**

En ce qui concerne la **Noctule commune** (*Nyctalus noctula*), le cadavre identifié en 2022 a été découvert le 23 août sous l'éolienne E6. Il s'agissait d'un mâle et probablement d'un juvénile.

La Noctule commune est une espèce de haut vol, c'est-à-dire qu'elle vole à des hauteurs importantes, sans nécessité d'avoir un support d'écholocation. Elle est aussi considérée comme espèce migratrice, capable d'accomplir de très longs parcours de plusieurs centaines de kilomètres. Mais une partie des populations européennes semble montrer au fil des décennies une tendance à la sédentarisation. De plus, les migrations concernent les femelles (Arthur L. & Lemaire M., 2021).

Effectivement, les mâles sont plutôt erratiques. L'individu retrouvé sous l'éolienne E6 a donc pu être impacté lors de comportements de chasse, ou bien de transit, ou même de comportements sociaux (swarming à cette époque de l'année). Enfin, ce cas de mortalité est bien corrélé avec une période d'activité plus régulière et intense des espèces de haut vol à hauteur de nacelle E6 et notamment des nuits présentant une activité de Noctule commune d'un niveau modéré entre le 20 et le 22 août.

Figure 37 : Cliché de la Noctule commune découverte le 23 août 2022 sous l'éolienne E6



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

En ce qui concerne la **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*), le cadavre identifié en 2022 a été découvert le 12 octobre sous l'éolienne E2. Il s'agit d'une femelle probablement immature.

Cette espèce est considérée comme sédentaire. À cette période de l'année, il peut aussi bien s'agir de mortalité liée à un comportement de chasse, qu'à un comportement social notamment en période de swarming (grands regroupements liés à la reproduction avant l'hiver). Il est aussi possible que l'individu impacté l'ait été lors des déplacements entre le gîte et la zone de chasse, voire lors de déplacements entre différents gîtes.

Ce cas de mortalité est bien corrélé avec l'activité d'espèces de lisières relevée en hauteur à cette période de l'année. En effet, la première quinzaine du mois d'octobre démontre d'une activité moyenne modérée et régulière, alors qu'elle est jugée faible à modérée le reste de l'année.

#### ➤ **Pipistrelle de Nathusius (1 cas de mortalité)**

En ce qui concerne le cas de la **Pipistrelle de Nathusius** (*Pipistrellus nathusii*), un cadavre a été découvert sous l'éolienne E4 le 12 octobre 2022. Il s'agissait d'un mâle immature.

L'espèce est connue pour être une grande migratrice. À cette période de l'année, les individus se regroupent pour le swarming et pour entamer la migration automnale, ce qui peut induire des vols en hauteur proches du rotor. Il est donc probable que l'individu ait été impacté lors de comportements sociaux ou de transit (swarming, migration). Il l'a pu être aussi lors de comportements de chasse.

#### ➤ **Chiroptère indéterminé (1 cas de mortalité)**

Un chiroptère a été retrouvé par des techniciens le 27 octobre sous le toit de la nacelle de l'éolienne E6. Il n'est pas possible d'identifier cette espèce.

Figure 38 : Cliché du cadavre de chiroptère retrouvé le 27 octobre sur la nacelle de E6

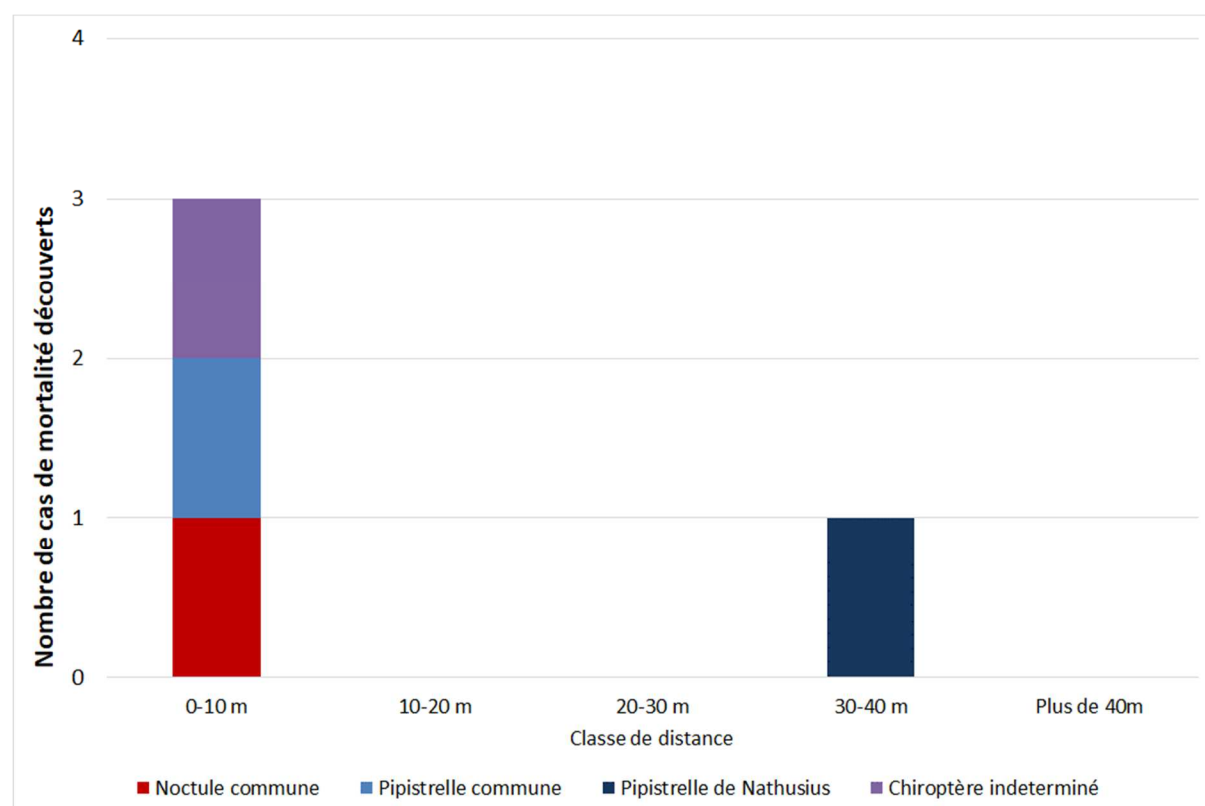


### 3.3.7 Dispersion des cadavres sous les éoliennes

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

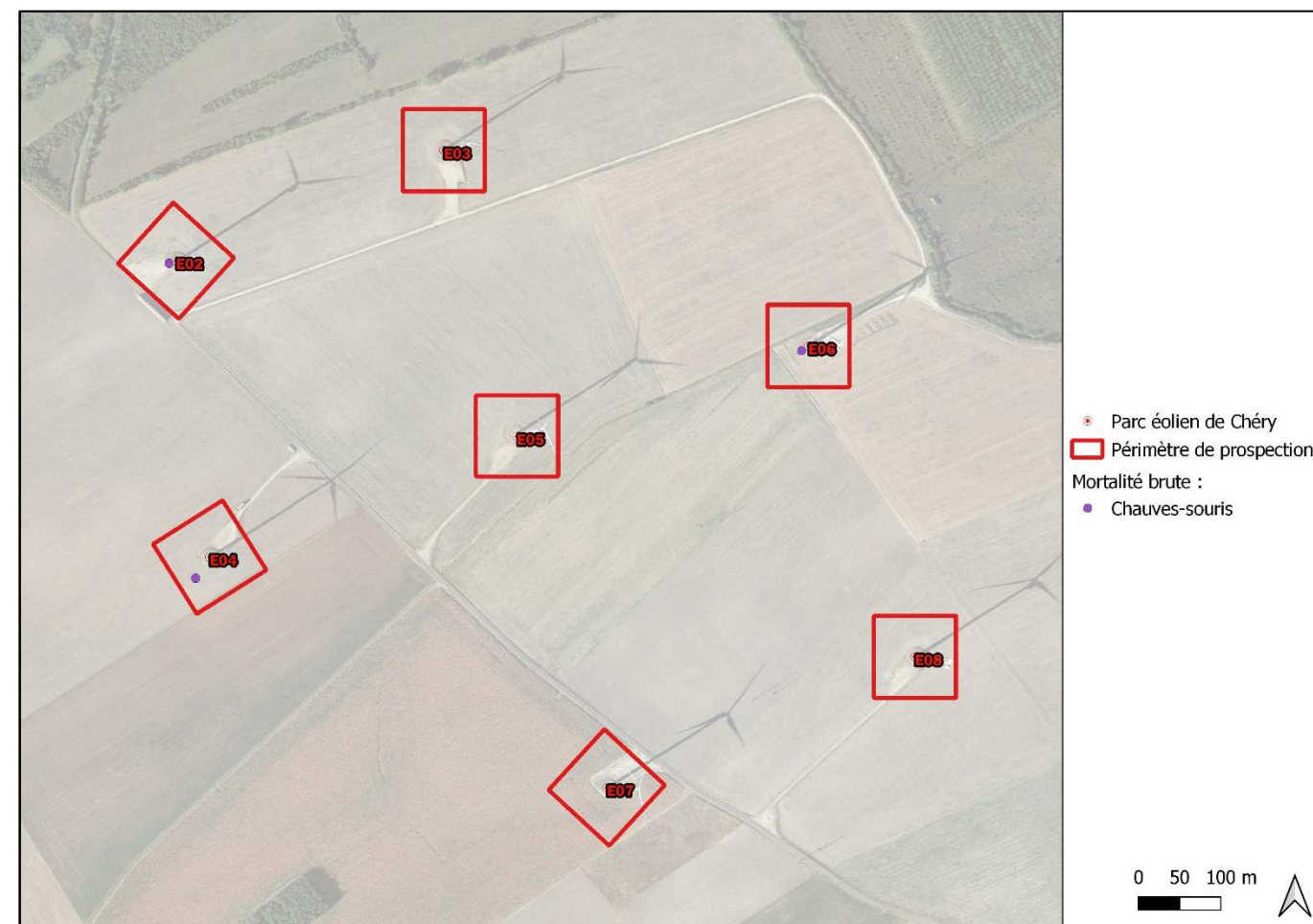
Lors du suivi de 2022, le graphique suivant témoigne d'une dispersion assez hétérogène. Une Noctule commune et une Pipistrelle commune ont été découvertes entre 0 et 10 mètres du mât. Le cas de mortalité de Pipistrelle de Nathusius a été retrouvé entre 30 et 40 mètres. Enfin, la chauve-souris retrouvée hors protocole par les techniciens a été découverte sur le toit de la nacelle.

Figure 39 : Graphique de répartition des cadavres de 2022 par classe de distances vis-à-vis du mât de l'éolienne



La distance moyenne de dispersion pour les 4 cadavres est d'environ 10,5m. Il semblerait, à la vue de ce graphique, que les mortalités auraient principalement eu lieu par vent faible ou dans la partie basse du rotor (entraînant une faible dispersion). Le cadavre de la Pipistrelle de Nathusius a en revanche été retrouvé plus loin, laissant supposer que l'individu a été impacté dans la partie haute du rotor, induisant une plus grande dispersion. Cependant, un facteur aléatoire (déplacement du corps par prédation, direction du vent, violence du contact avec les pales...) ne nous permet pas de certifier cette hypothèse.

Figure 40 : Carte de la localisation des cadavres de chauves-souris découverts en 2022 sous les éoliennes de Chéry



### 3.3.8 Taux de mortalité des chauves-souris

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

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

4 niveaux de difficulté de prospection ont donc été créés :

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

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

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

Pour rappel, le cadavre découvert par les techniciens l'a été en dehors du protocole de suivi de la mortalité sous les éoliennes (découverte le 27 octobre sur le toit de la nacelle de l'éolienne). De ce fait, cette donnée brute ne sera pas comptabilisé dans le calcul du taux de mortalité.

Figure 41 : 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	
05/04/2022	Période 1	68,80	14,60	16,60	
12/04/2022	Période 1	91,04	7,84	1,12	
20/04/2022	Période 1	10,09	88,97	0,93	
27/04/2022	Période 1	12,03	33,16	54,81	
04/05/2022	Période 1	51,31	40,49	8,21	
09/05/2022	Période 1	17,74	51,61	30,65	
17/05/2022	Période 1	78,88	14,21	6,92	
24/05/2022	Période 2	0,00	61,39	38,61	
30/05/2022	Période 2	35,71	15,87	48,41	
06/06/2022	Période 2	0,00	80,97	19,03	
15/06/2022	Période 2	2,47	19,79	77,74	
21/06/2022	Période 2	11,64	67,20	21,16	
30/06/2022	Période 2	0,00	15,43	84,57	
05/07/2022	Période 2	8,97	20,92	70,11	
12/07/2022	Période 3	26,39	72,57	1,04	
19/07/2022	Période 3	2,46	97,54	0,00	
26/07/2022	Période 3	6,90	91,38	1,72	
02/08/2022	Période 3	8,90	91,10	0,00	
09/08/2022	Période 3	20,75	72,11	7,14	
18/08/2022	Période 3	29,08	61,70	9,22	
23/08/2022	Période 3	21,48	70,42	8,10	1
31/08/2022	Période 3	31,97	55,78	12,24	
07/09/2022	Période 3	2,91	79,13	17,96	
14/09/2022	Période 3	0,00	86,51	13,49	
20/09/2022	Période 3	32,37	32,37	35,27	
28/09/2022	Période 3	0,00	97,63	2,37	
05/10/2022	Période 3	0,00	98,28	1,72	
12/10/2022	Période 3	0,00	100,00	0,00	2
18/10/2022	Période 3	0,00	100,00	0,00	
25/10/2022	Période 3	8,56	87,16	4,28	
<b>Moyenne</b>		19,35	60,87	19,78	3,00
<b>Période 1</b>		47,13	35,84	17,03	0,00
<b>Période 2</b>		8,40	40,22	51,38	0,00
<b>Période 3</b>		11,99	80,85	7,16	3,00

### 3.3.8.2 Les formules utilisées

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

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

- Winkelmann (LPO 2005)

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

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

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

C : Le nombre de cadavres comptés,

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

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

a : Coefficient de correction surfacique.

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

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

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

- Erickson (2000)

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

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

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

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

C : Le nombre de cadavres comptés,

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

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

a : Coefficient de correction surfacique.

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

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

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

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

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

C : Le nombre de cadavres comptés,

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

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

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

a : Coefficient de correction surfacique.



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

- Jones (2009)

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

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

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

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

D'où :

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

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

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

C : Le nombre de cadavres comptés,

a : Coefficient de correction surfacique,

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

$\hat{I}$  : Intervalle effectif,

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

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

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

- Huso (2010)

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

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

D'où :

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

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

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

C : Le nombre de cadavres effectivement découverts,

a : Coefficient de correction surfacique,

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

$\hat{I}$  : Intervalle effectif,

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

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

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

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

### 3.3.8.3 Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules)

En 2022, deux tests ont été menés le 9 mai et le 23 août pour apprécier les coefficients correcteurs nécessaires aux calculs du taux de mortalité.

#### Taux de détection

Figure 42 : 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	9	0,45
Type 1	Moyenne	Moyenne	6	2	0,33
Type 2	Moyenne	Moyenne	9	6	0,67
Type 3	Moyenne	Moyenne	5	1	0,20
Moyen	E3	09/05/2022	10	3	
Type 1	E3	09/05/2022	3	1	
Type 2	E3	09/05/2022	5	2	
Type 3	E3	09/05/2022	2	0	
Moyen	E8	23/08/2022	10	6	
Type 1	E8	23/08/2022	3	1	
Type 2	E8	23/08/2022	4	4	
Type 3	E8	23/08/2022	3	1	

	d	Pourcentage de prospection		
		Type 1	Type 2	Type 3
Moyenne	0,51	19,35	60,87	19,78
Période 1	0,43	47,13	35,84	17,03
Période 2	0,40	8,40	40,22	51,38
Période 3	0,59	11,99	80,85	7,16

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 :

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

$$d = 0,33 * (19,35/100) + 0,67 * (60,87/100) + 0,20 * (19,78/100) = 0,51$$

Autrement dit, 51% des peluches dispersées ont été retrouvées. Selon les périodes, le taux de détection varie entre 0,40 et 0,59 (fonction de la densité et de la hauteur de la végétation).

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

#### Taux de persistance

Figure 43 : 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	8	14	21					
Moyen		Moyenne	30	28	14	6	2	0	3,27	0,25	0,25	0,25	0,25
Type 1		Moyenne	10	8	2	2	0	0	2,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Type 2		Moyenne	10	10	5	2	1	0	3,60	0,26	0,26	0,26	0,26
Type 3		Moyenne	10	10	7	2	1	0	4,00	0,30	0,30	0,30	0,30
Moyen	Toutes	09/05/2022	15	15	7	5	2	0					
Type 1	Toutes	09/05/2022	5	5	2	2	0	0					
Type 2	Toutes	09/05/2022	5	5	2	1	1	0					
Type 3	Toutes	09/05/2022	5	5	3	2	1	0					
Moyen	Toutes	6/9/20220	15	13	7	1	0	0					
Type 1	Toutes	6/9/20220	5	3	0	0	0	0					
Type 2	Toutes	6/9/20220	5	5	3	1	0	0					
Type 3	Toutes	6/9/20220	5	5	4	0	0	0					

	Tm	p	Pourcentage de prospection		
			Type 1	Type 2	Type 3
Moyenne	3,27	0,25			
Période 1	3,01	0,24	47,13	35,84	17,03
Période 2	3,69	0,28	8,40	40,22	51,38
Période 3	3,46	0,26	11,99	80,85	7,16

### 1 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 41 page 47). Le tableau suivant détaille ce calcul. On obtient un intervalle moyen de l'ordre de **I = 7,00**.

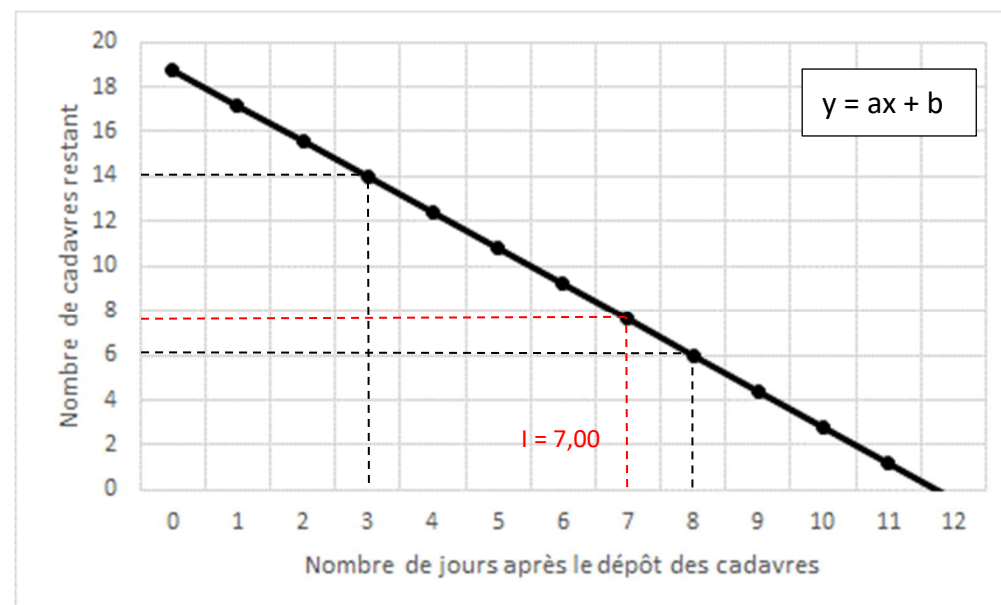
Durée intervalle (en jours)	Nombre d'intervalles	Total
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	3	15
6	4	24
7	15	105
8	4	32
9	3	27
Total	29	203
Intervalle pondéré (tot)		7,00

Période 1	7,00
Période 2	7,00
Période 3	7,00

En considérant que la diminution du nombre de cadavres est linéaire entre les retours tests de 1 à 21 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 44 : Schéma de calcul du « nombre de cadavre encore présent après I jours »



Courbe :  $y = ax + b$

- $x = I = 7,00$
- $a = (6 - 14) / (8 - 3)$   
 $a = -1,6$
- $b = 6 - (-1,6 * 8)$   
 $b = 18,8$
- $y = ax + b$   
 $y = -1,6 * 7 + 18,8$   
 $y = 7,60$

De ce fait,

$$p = \frac{\text{Nombre de cadavres encore présents après } I \text{ jours}}{\text{Nombre de cadavres déposés au départ}} = \frac{7,60}{30} = 0,25$$

Ainsi, on obtient une valeur de **p = 0,25**. En fonction des périodes, le coefficient p varie entre 0,24 et 0,28.

### 2 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 = 3,27**. Selon les périodes, on obtient un Tm variant entre 3,01 et 3,69.

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

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

**Autrement dit, la vitesse de disparition des cadavres est d'environ 3 à 4 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.

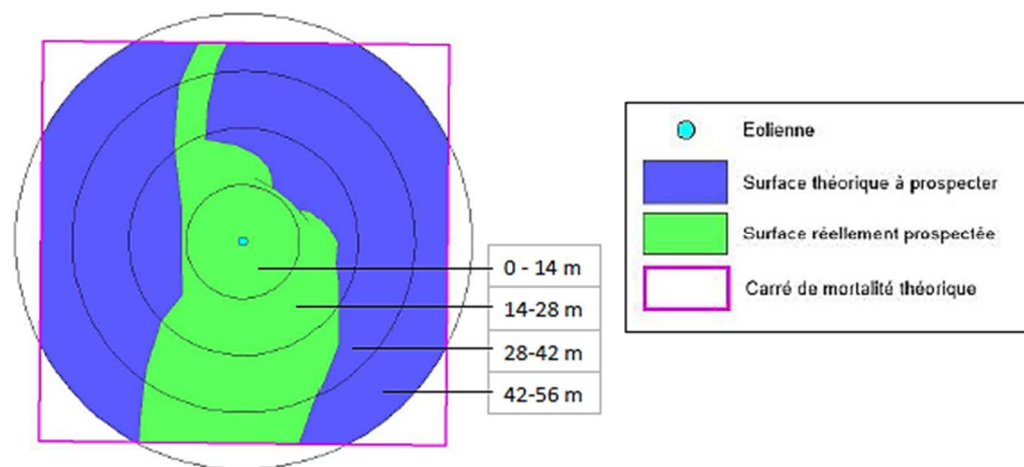
Arnett (2005) propose un mode de calcul du coefficient surfacique qui prend en compte à la fois la dispersion des cadavres découverts sous les éoliennes et la proportion de surfaces prospectées par classes de distances vis-à-vis du mât de l'éolienne. Cette estimation est basée sur la formule suivante, 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 56m, 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.

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

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	0,34942	7	2,44594	1,02	41,69	0
28m - 42m	0,3077	7	2,1539	0,98	45,39	1
14m - 28m	0,1846	7	1,2922	0,69	53,23	0
0m - 14m	0,0615	7	0,4305	0,37	87,08	2

$$a = 1,50$$

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

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

Figure 45 : 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	0,51	Valeur du taux de détection globale tout type de recouvrement confondu
p	0,25	Valeur du taux de persistance globale tout type de recouvrement confondu
tm	3,27	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain globale tout type de recouvrement confondu
I	7,00	Pas de temps du suivi
$\hat{I}$	6,53	$\hat{I} = -\log(0.01) * tm$
$\hat{e}$	0,93	$\hat{e} = \text{Min}(I/\hat{I}) / I$
a	1,50	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 :

$$N = \frac{C}{p \times d} \times a = \frac{3}{0,25 \times 0,51} \times 1,50 = \mathbf{34,84}$$

Erickson adaptée :

$$N = \frac{I \times (C - C \times p)}{tm \times d} \times a = \frac{7,00 \times (3 - 3 \times 0,25)}{3,27 \times 0,51} \times 1,50 = \mathbf{18,86}$$

Erickson réelle :

$$N = \frac{I \times C}{tm \times d} \times a = \frac{7,00 \times 3}{3,27 \times 0,51} \times 1,50 = \mathbf{18,91}$$

Jones :

$$N = \frac{C}{d \times \hat{e} \times e^{(-0,5 \times I / tm)}} \times a = \frac{3}{0,51 \times 0,93 \times e^{(-0,5 \times 7,00 / 3,27)}} \times 1,50 = \mathbf{25,70}$$

Huso :

$$N = \frac{C}{d \times \frac{tm \times (1 - e^{-I/tm})}{I} \times \hat{e}} \times a = \frac{3}{0,51 \times \frac{3,27 \times (1 - e^{-7,00/3,27})}{7,00} \times 0,93} \times 1,50 = 21,87$$

Tous ces résultats correspondent aux différentes estimations du nombre de chauves-souris mortes sur la période allant du 5 avril au 25 octobre 2022, et pour les 7 éoliennes du parc suivies. Ces résultats sont basés sur l'intégralité du parc éolien et sur 7 mois, soit la quasi-totalité de la période d'activité du cycle biologique des chiroptères. Même si ce raisonnement dépend bien sûr des espèces, on considère en effet que la phase d'activité des chiroptères s'étale en moyenne sur 8 mois / an (4 mois d'hibernation) sur le site de Chéry.

Pour ramener ces résultats par an et par éolienne,

- On divise ces résultats par 7 → on aura une estimation de la **mortalité par éolienne pour la période de suivi**
- On divise par 7 (7 mois) → on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par mois**
- On multiplie par 8 → on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par an** (pour la période d'activité moyenne des chiroptères).
- On multiplie par 7 → 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 3,48 mortalités par éolienne et par an**, avec une fourchette oscillant entre 3,08 et 4,20, (5,69 pour la formule de Winkelmann) mortalités par éolienne et par an selon les formules utilisées.

Figure 46 : 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	34,84	18,86	18,91	25,70	21,87	24,04	21,34
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	4,98	2,69	2,70	3,67	3,12	3,43	3,05
Mortalité par éolienne et par mois	0,71	0,38	0,39	0,52	0,45	0,49	0,44
Mortalité par éolienne et pour une année	5,69	3,08	3,09	4,20	3,57	3,92	3,48
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	39,81	21,56	21,61	29,38	25,00	27,47	24,39

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

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

Figure 47 : Paramètres pour le calcul des équations selon la deuxième méthode de calcul

Paramètres	Période	Valeurs	Explications
C	Période 1	0,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
	Période 2	0,00	
	Période 3	3,00	
d	Période 1	0,43	Valeur du taux de détection pondérée selon le type de recouvrement moyen de la période
	Période 2	0,40	
	Période 3	0,59	
p	Période 1	0,24	Valeur du taux de persistance pondérée selon le type de recouvrement moyen de la période
	Période 2	0,28	
	Période 3	0,26	
tm	Période 1	3,01	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain pondérée selon le type de recouvrement moyen de la période
	Période 2	3,69	
	Période 3	3,46	
I	Période 1	7,00	Pas de temps du suivi
	Période 2	7,00	
	Période 3	7,00	
Ī	Période 1	6,02	Ī = - log(0,01) * tm
	Période 2	7,38	
	Période 3	6,92	
ê	Période 1	0,86	ê = Min(I/Ī) / I
	Période 2	1,00	
	Période 3	0,99	
a	Toutes périodes confondues	1,50	Coefficient de correction surfacique selon la période

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

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

Le tableau aboutit à un résultat moyen de l'ordre de 2,83 mortalités par éolienne et par an, avec une fourchette qui oscille entre 2,50 et 3,40 (4,84 pour la formule de Winkelmann) mortalités selon les formules utilisées avec prise en compte de la dispersion des cadavres dans le coefficient surfacique.

Figure 48 : 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	29,66	15,30	15,34	20,85	17,74	19,78	17,31
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	4,24	2,19	2,19	2,98	2,53	2,83	2,47
Mortalité par éolienne et par mois	0,61	0,31	0,31	0,43	0,36	0,40	0,35
Mortalité par éolienne et pour une année	4,84	2,50	2,50	3,40	2,90	3,23	2,83
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	33,90	17,49	17,53	23,83	20,28	22,60	19,78

### 3.3.8.6 Calcul de mortalité avec l'application Shiny « EolApp »

L'application Shiny « EolApp » a été créée par Aurélien Besnard et Cyril Bernard pour permettre d'obtenir les intervalles de confiance à 80 et 95% des estimations de mortalité obtenues dans le cadre des suivis sous les éoliennes. 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.

Pour ce qui est de la méthode de calcul à employer, il y a deux possibilités, soit en « non-paramétrique », soit en « 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.

Le tableau suivant détaille l'ensemble de ces paramètres.

Figure 49 : Paramètres à renseigner dans l'application Shiny « EolApp »

Paramètres	Valeur
Intervalle de temps entre les passages	7,00
Nombre de peluches déposées pour l'étude de détection	20
Nombre de peluches découvertes pour l'étude de détection	9
Pourcentage de la surface prospectée	0,48

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 50 : Sortie de l'application Shiny EolApp (IC : Intervalle de confiance)

Formule	Médiane	IC à 95%		IC à 80%	
		IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	27,34	0,00	107,59	0,00	69,44
Huso	31,06	0,00	118,82	0,00	77,03
Winkelmann	62,50	0,00	333,33	0,00	187,50
Jones	37,99	0,00	154,96	0,00	99,29
Moyenne par éolienne	5,67	0,00	25,53	0,00	15,47
Moyenne par éolienne (sans Winkelmann)	4,59	0,00	18,16	0,00	11,70

En considérant les 3 modèles (sans Winkelmann), il y a 80% de chance que le nombre réel de chauves-souris impactées se situe entre 0 et 11,70 cas de mortalité. De même, il y a 95% de chance que le nombre réel de chauves-souris impactées se situe entre 0 et 18,16 cas de mortalité. La médiane est de 4,59 mortalités par éolienne sur la période suivie.

Pour ramener ces résultats par an et par éolienne :

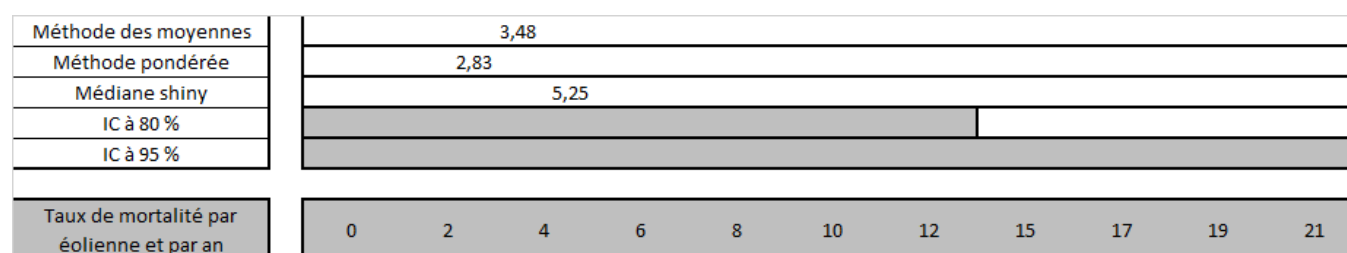
- on divise par 7 (7 mois) -> on aura une estimation de la mortalité par éolienne et par mois,
- on multiplie par 8 -> on aura une estimation de la mortalité par éolienne et par an (pour la période d'activité moyenne des chauves-souris).

On aboutit à un résultat à un intervalle de confiance de 95% de l'ordre de 0 à 20,75 mortalités par éolienne et par an. A un intervalle de confiance de 80%, le résultat est de l'ordre de 0 à 13,37 mortalités par éolienne et par an. La médiane est de 5,25 mortalités par éolienne et par an.

### 3.3.8.7 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 2 à 6 cas de mortalité par éolienne et par an, soit entre 14 et 42 mortalités par an pour le parc éolien de Chéry.**

Figure 51 : Comparatif des taux de mortalité calculés en 2022 et intervalles de confiance à 80% et à 95%



## 3.4 Bilan de la mortalité des oiseaux

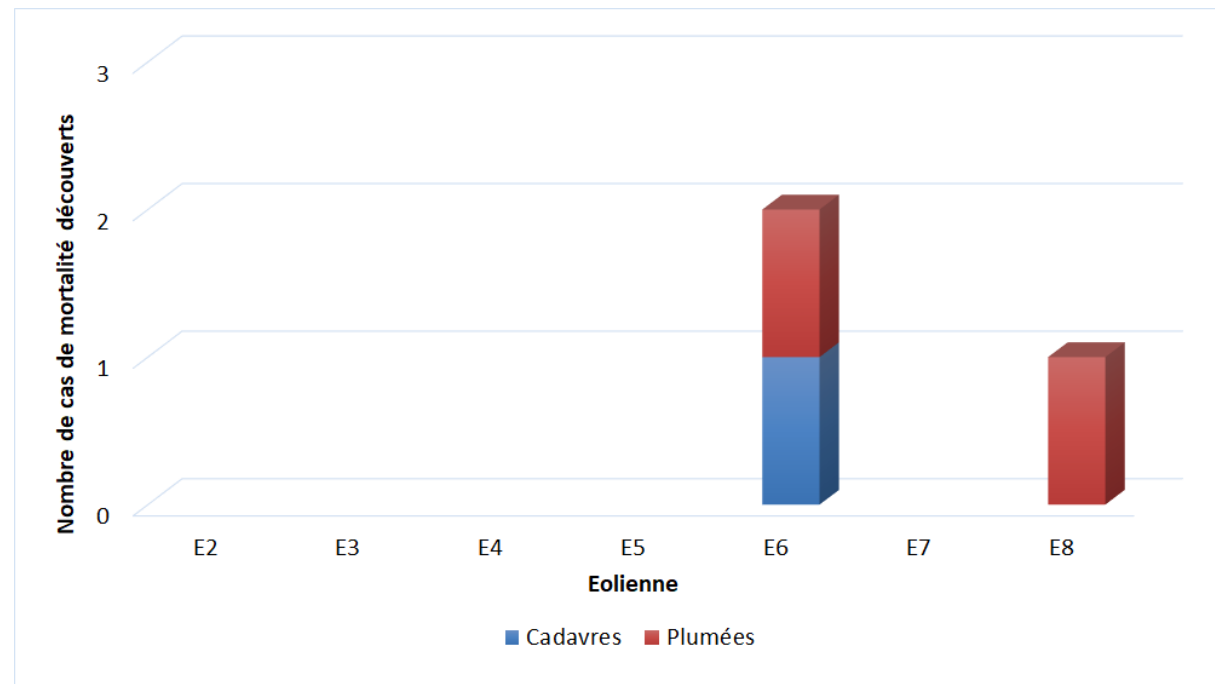
### 3.4.1 Bilan des mortalités par éolienne

Lors du suivi réalisé en 2022, aucun cadavre d'oiseaux n'a été retrouvé dans le cadre du protocole de suivi stricto sensus. Toutefois, 1 cadavre de Pic épeiche a été retrouvé en dehors de la zone étudiée. De la même manière, 2 plumées d'oiseaux ont également été observées entre le 5 avril et le 25 octobre 2022.

Pour 30 visites de recherches réalisées au cours de cette période de 7 mois, cela représente une moyenne de 0,4 oiseau découvert par mois pour l'ensemble du parc éolien (soit 7 éoliennes).

Pour rappel, en 2015, aucun oiseau n'avait été retrouvé sur le parc éolien de Chéry lors du suivi de mortalité.

Figure 52 : Bilan des mortalités des oiseaux constatées en 2022 et répartition par éolienne



On note que 2 des 7 éoliennes ont été à l'origine de mortalités avérées en 2022. L'éolienne E6 a été la plus accidentogène, avec 2 cas de mortalité découverts, avec 1 cadavre et 1 plumée. L'éolienne E8 a été responsable d'un cas de mortalité (1 plumée). Aucune mortalité n'a été relevée sous les éoliennes de E2 à E5 et E7.

### 3.4.2 Chronologies constatées et corrigées des mortalités d'oiseaux

Le premier graphique de la Figure 53 page 57 représente la chronologie des découvertes des cadavres et des plumées d'oiseaux sur l'ensemble du parc éolien en 2022.

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

- Entre 0 (cas d'un oiseau tombé la nuit précédant la visite) et 6-7 jours (1 visite par semaine),
- parfois plus pour les cadavres qui n'auraient été trouvés qu'après plusieurs passages des équipes de chercheurs.

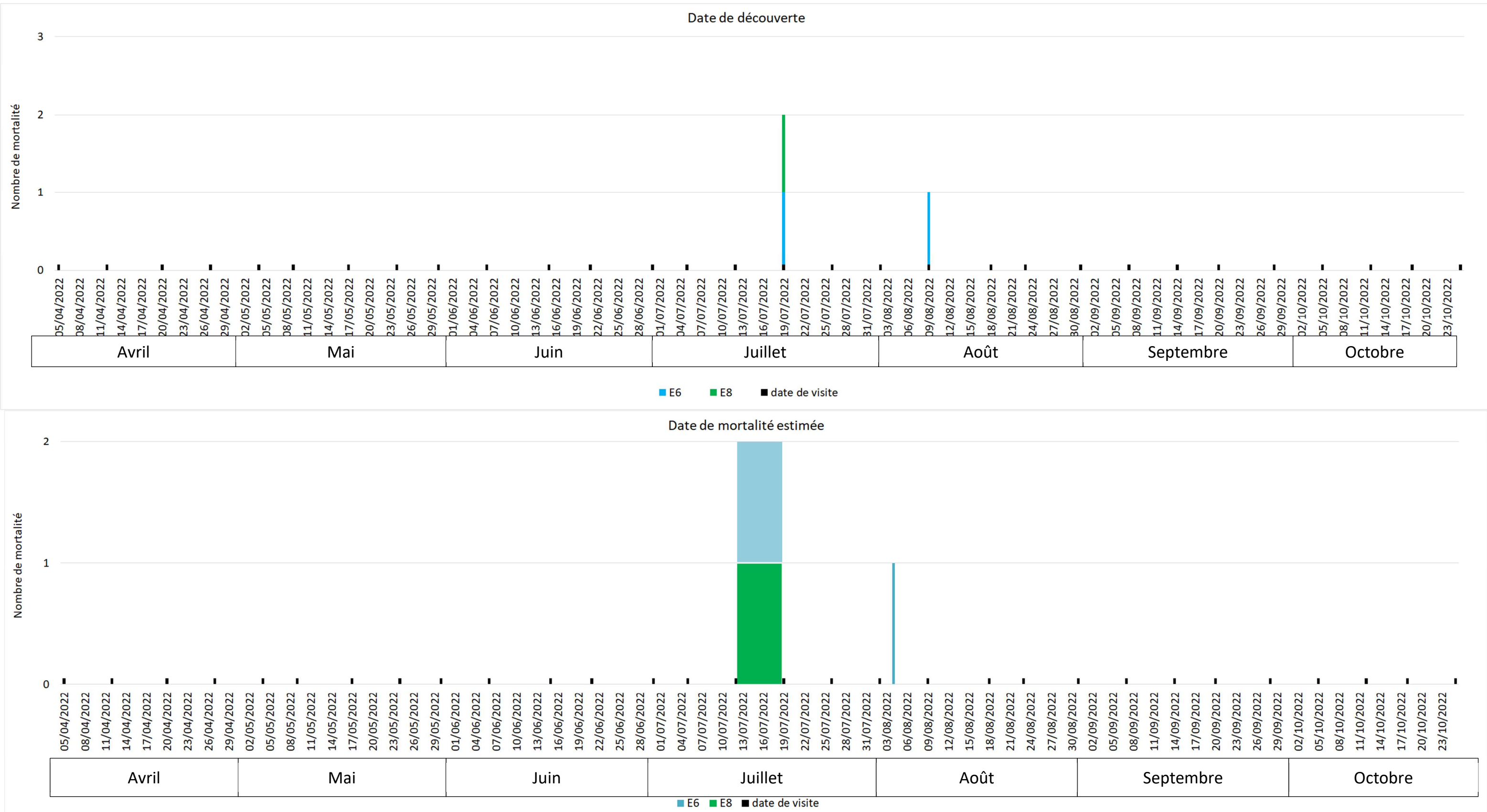
Si on veut tenter d'analyser même grossièrement cette chronologie des mortalités avec différents facteurs d'influence, nous cherchons à estimer la date de la mortalité de chaque cadavre en fonction de son état au moment de la découverte. Quand il est trouvé, chaque cadavre fait en effet l'objet d'une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

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

Cette estimation reste approximative pour la présente étude, le niveau de précision nécessaire pour la suite des analyses étant aussi assez grossier. Ainsi, il convient de rester prudent sur toute analyse trop fine issue de la chronologie estimée des mortalités. Le deuxième graphique de la page 57 synthétise cette estimation corrigée de la date des mortalités. La différence est peu significative sur une si large échelle de temps, mais elles pourront avoir certains intérêts pour d'éventuelles confrontations à postériori entre ces mortalités et les conditions climatiques par exemple.



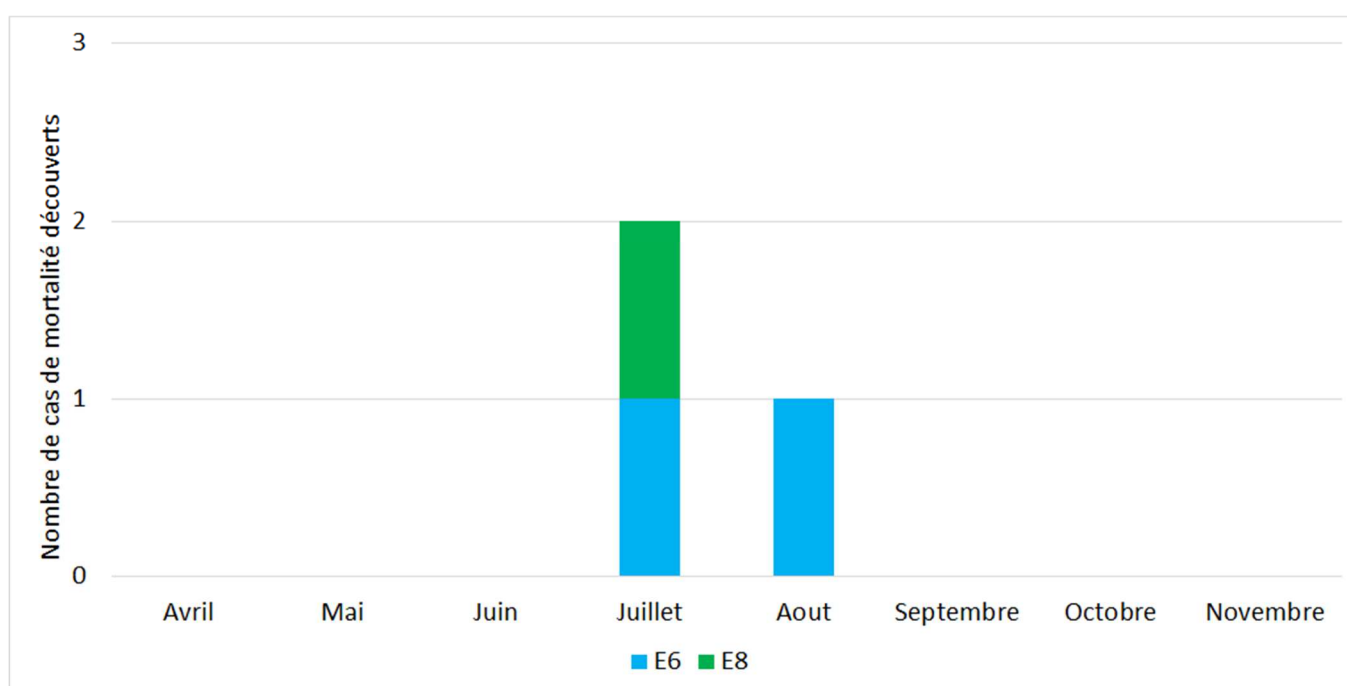
Figure 53 : Chronologie des mortalités des oiseaux (mortalités constatées et estimées (corrigées)) par éolienne en 2022



En ce qui concerne les rapports entre les cas de mortalité et leur chronologie, et les éoliennes, nous relevons une concentration particulière des mortalités. Les mortalités s'étalent entre mi-juillet et début août, et 2 des 3 cas de mortalités ont été relevés le 19 juillet.

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

Figure 54 : Chronologie des mortalités d'oiseaux estimées (corrigées) par mois en 2022



### 3.4.3 Typologie des cadavres découverts

La détermination des espèces n'est pas toujours aisée selon l'état des cadavres au moment de leur découverte. Ce ne fut pas le cas en 2022, où tous les cadavres ont pu être identifiés.

Le **cortège d'espèces impactées en 2022 est diversifié** puisque parmi le seul cadavre et les 2 plumées découverts, 3 espèces différentes sont représentées. Il s'agit d'une espèce de passereaux, d'une espèce de gallinacé et d'une espèce de pic.

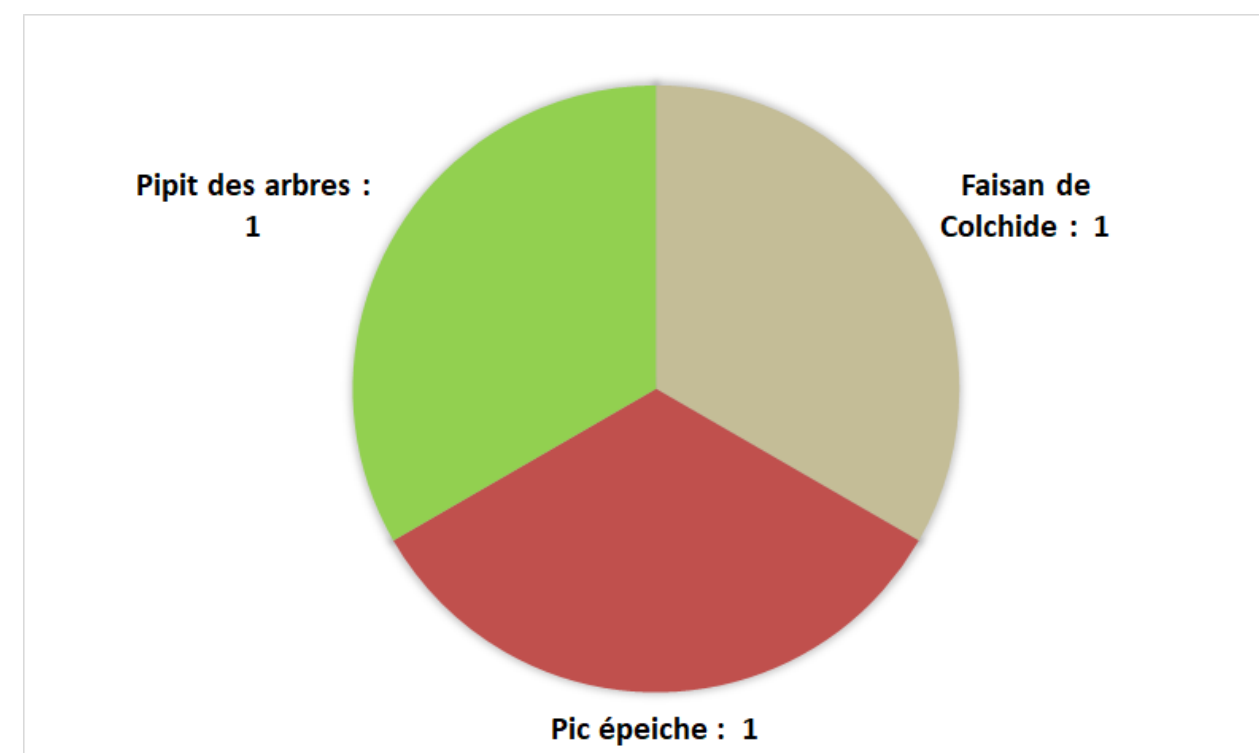
Le tableau suivant présente les statuts de protection et de conservation des espèces retrouvées sous les éoliennes.

Figure 55 : Tableau représentant les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux retrouvées sous les éoliennes

Espèce	Nom scientifique	Type	Statut de protection			Statuts de conservation		Niveau de patrimonialité
			Protec. Fr.	Protec. U.E.	Conv Berne	Liste rouge nationale (Nov 2017)	Liste Rouge Régionale Centre (oiseaux nicheurs 2013)	
Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Intermédiaire	GC	0.2.1 / 0.3.1	3	Préoc. mineure	NA	Très faible
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	Intermédiaire	P	-	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure	Faible
Pipit des arbres	<i>Anthus trivialis</i>	Passereau	P	-	2	Préoc. mineure	Préoc. mineure	Faible

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

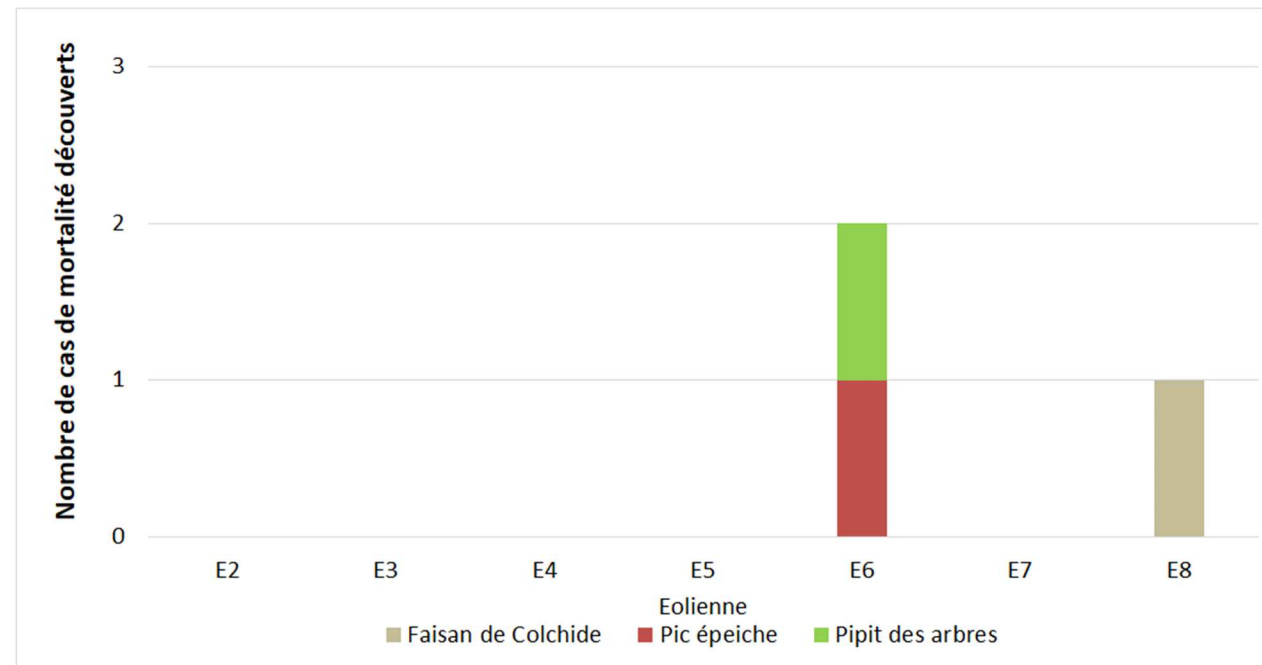
Figure 56 : Répartition des mortalités d'oiseaux par espèce (effectifs constatés) en 2022



### 3.4.4 Relation espèce / éolienne

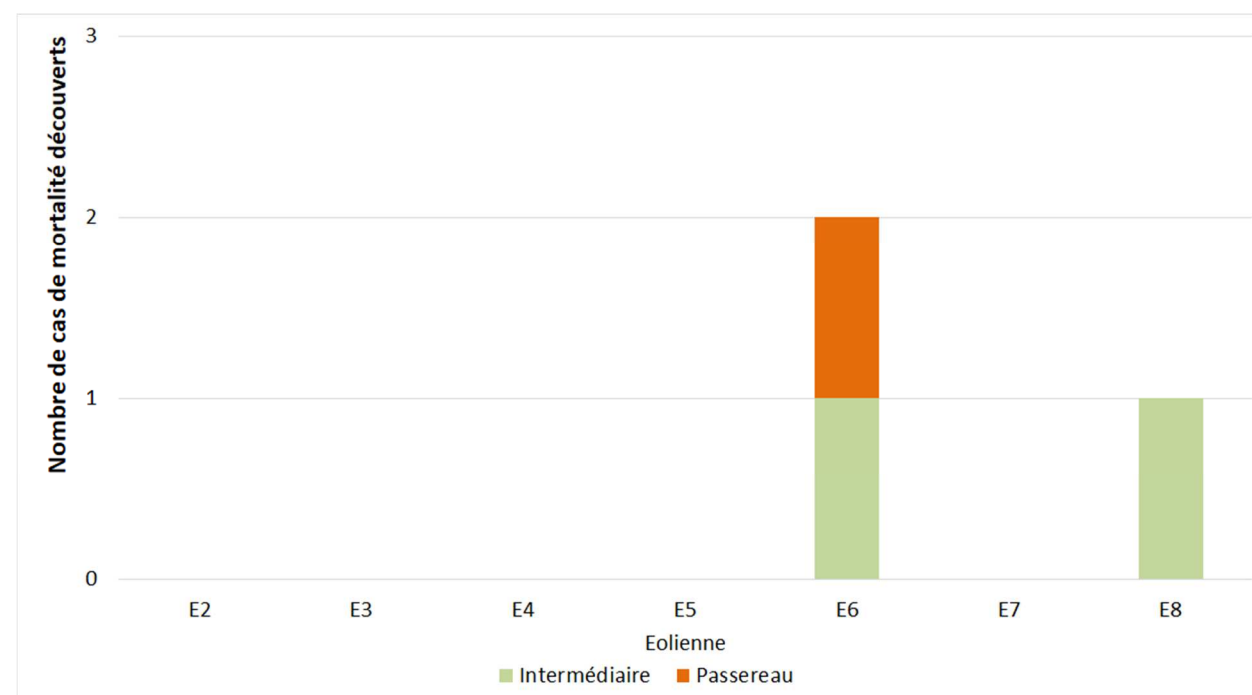
Le graphique suivant précise la répartition des cadavres des différentes espèces par éolienne.

Figure 57 : Histogramme de la répartition des espèces impactées par éolienne en 2022



Le graphique précédent ne montre pas la présence de regroupement d'un groupe d'espèces sous des éoliennes en particulier. De plus, les espèces appartenant aux mêmes catégories (2 intermédiaires) n'ont pas été impactées par la même éolienne.

Figure 58 : Histogramme de la répartition des différentes catégories impactées par éolienne en 2022



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

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

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

Figure 59 : Répartition des mortalités d'oiseaux par espèce (effectifs constatés) en 2022

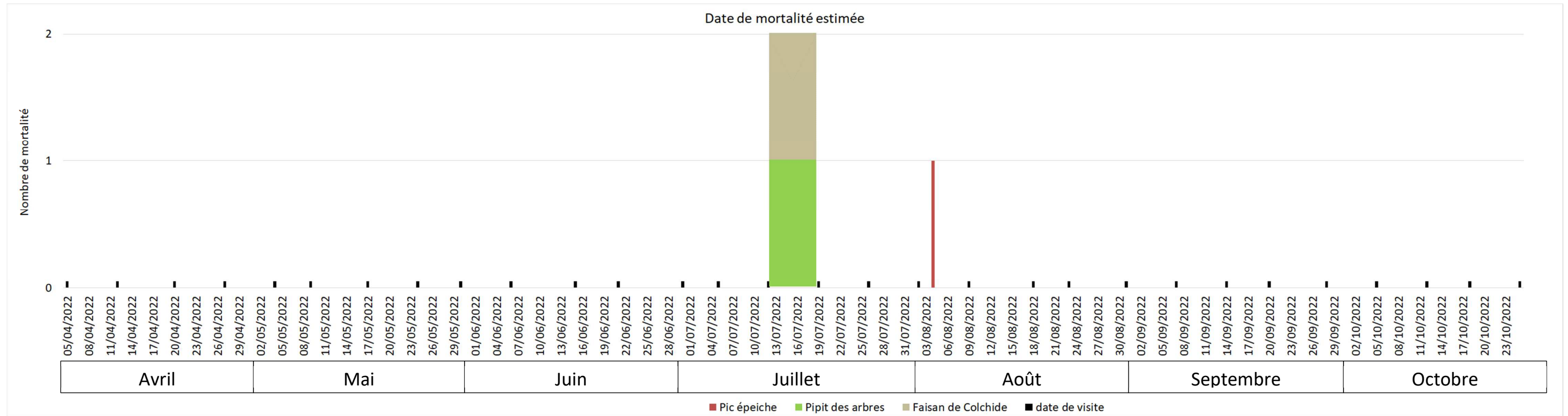


Figure 61 : Cliché de la plumée de Pipit des arbres retrouvée sous l'éolienne E6 le 19 juillet 2022



➤ **Pic épeiche (1 cadavre)**

Un cadavre de Pic épeiche (*Dendroscopus major*) a été découvert le 9 août sous l'éolienne E6. Il s'agit d'une espèce principalement sédentaire en France. La période de découverte du cadavre correspond à sa période de nidification. Son régime alimentaire est principalement constitué d'insectes qu'il trouve dans le bois. Même s'il reste adepte des sous-bois, ses transits peuvent l'exposer à des risques de collision avec les pales d'éoliennes. Cette espèce est protégée, est classée à l'annexe 2 de la convention de Berne et est classée en préoccupation mineure sur les listes rouges nationale et régionales des oiseaux nicheurs.

### 3.4.6 Interprétation par espèce

➤ **Faisan de Colchide (1 plumée)**

Une plumée de Faisan de Colchide (*Phasianus colchicus*) a été découverte le 19 juillet 2022 sous l'éolienne E8. À cette période de l'année, il est probable qu'il s'agisse d'un individu nicheur. Les oiseaux nicheurs en France sont sédentaires mais de nouveaux individus sont relâchés tous les ans à des fins cynégétiques. Cette espèce est principalement végétarienne mais elle se nourrit également d'invertébrés. Même si cette espèce ne s'envole que très rarement, lorsqu'elle se sent en danger, il arrive alors que les faisans percutent les éoliennes. Cette espèce est chassable en France. Il n'est donc pas possible d'affirmer que cette espèce ait été impactée par l'éolienne, elle aurait pu se faire prédater par un animal ou tirer par un chasseur. Elle n'est pas menacée à l'échelle nationale (classée en Préoccupation mineure).

Figure 60 : Cliché de la plumée de Faisan de Colchide retrouvée sous l'éolienne E8 le 19 juillet 2022



➤ **Pipit des arbres (1 plumée)**

Une plumée de Pipit des arbres (*Anthus trivialis*) a été découverte le 19 juillet sous l'éolienne E6. A cette période de l'année, il est très probable qu'il s'agisse d'un individu nicheur. Les Pipits des arbres apprécient en temps normal les contextes boisés et les bocages afin de se reproduire. Les Pipits des arbres mâles effectuent des vols de parade dits en "parachute" où les individus s'élèvent en chantant avant de se laisser retomber en planant. Ces comportements, ainsi que les comportements de transits exposent le Pipit des arbres aux risques de collision avec les pales des éoliennes. Cette espèce est protégée, est classée à l'annexe 2 de la convention de Berne et est classée en préoccupation mineure sur les listes rouges nationale et régionale des oiseaux nicheurs.

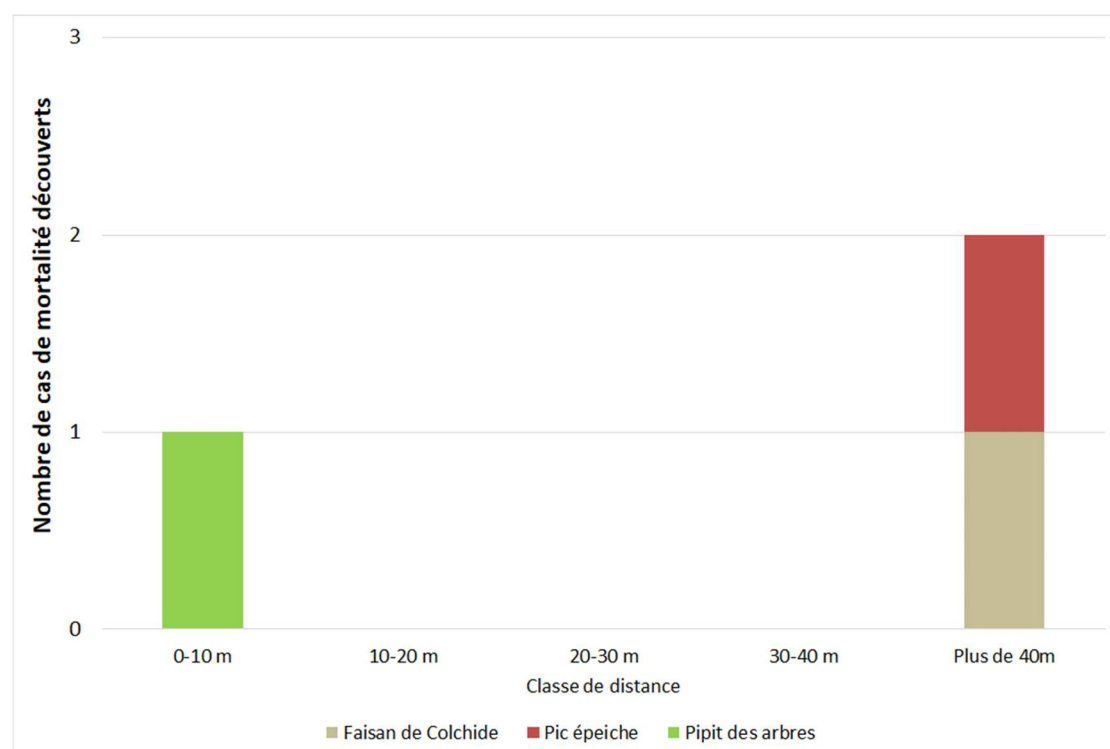
### 3.4.7 Dispersion des cadavres sous les éoliennes

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

Lors du suivi de 2022, le graphique suivant témoigne d'une dispersion assez marquée. Deux individus ont été retrouvés à plus de 40 mètres du mât et 1 plumée a été retrouvée à moins de 10 mètres de l'éolienne. Elle laisse présager des causes ou des conditions de mortalités particulières :

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

Figure 62 : Graphique de répartition des cadavres et des plumées de 2022 par classe de distances vis-à-vis du mât de l'éolienne



La distance moyenne de dispersion pour le cadavre et les 2 plumées est d'environ 40 m. Finalement, nous retiendrons que les dispersions permettent de supposer qu'au moins une partie des mortalités constatées peut être liée à des vols hauts (partie haute du rotor) et que l'autre partie est peut-être liée à quelques vols à faible altitude. Il est cependant bon de rappeler qu'il ne s'agit là que d'hypothèses et que d'autres éléments extérieurs peuvent venir interférer dans l'analyse des distances vis-à-vis de l'éolienne. La dispersion de la plumée de Faisan peut par exemple être liée à un charognard qui aura déplacé le cadavre pour le manger plus loin.

Figure 63 : Carte de la localisation des cas de mortalité d'oiseaux découverts en 2022 sous les éoliennes de Chéry ou à proximité



### 3.4.8 Taux de mortalité des oiseaux

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

Le tableau ci-contre montre la part moyenne de chaque niveau de difficulté de prospection au cours du suivi (parmi les zones prospectables), comme cela a été fait pour les chauves-souris.

Aucun cadavre n'a été retrouvé dans le périmètre de prospection de 1 ha autour des éoliennes. En revanche, un cadavre de Pic épeiche a été retrouvé sous l'éolienne E6, à proximité de la zone de prospection (en bordure). Mais il se peut que le cadavre ait été légèrement déplacé par un charognard.

**Compte tenu des biais liés à la détection et à la prédation sur site, ne pas retrouver d'oiseaux à l'état de cadavre dans les périmètres de prospection stricto sensu ne signifie pas qu'il n'y a pas eu de mortalité. Cela est d'autant plus renforcé par la découverte de 2 plumées dans les périmètres de prospection.**

Deux taux de mortalité seront donc calculés pour les oiseaux

- l'un correspondant uniquement à la mortalité estimée via la découverte du cadavre de Pic épeiche (retrouvé en limite de zone),
- l'autre correspondant au cumul de ce cadavre et des 2 plumées.

Figure 64 : 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			
05/04/2022	Période 1	68,80	14,60	16,60			
12/04/2022	Période 1	91,04	7,84	1,12			
20/04/2022	Période 1	10,09	88,97	0,93			
27/04/2022	Période 1	12,03	33,16	54,81			
04/05/2022	Période 1	51,31	40,49	8,21			
09/05/2022	Période 1	17,74	51,61	30,65			
17/05/2022	Période 1	78,88	14,21	6,92			
24/05/2022	Période 2	0,00	61,39	38,61			
30/05/2022	Période 2	35,71	15,87	48,41			
06/06/2022	Période 2	0,00	80,97	19,03			
15/06/2022	Période 2	2,47	19,79	77,74			
21/06/2022	Période 2	11,64	67,20	21,16			
30/06/2022	Période 2	0,00	15,43	84,57			
05/07/2022	Période 2	8,97	20,92	70,11			
12/07/2022	Période 3	26,39	72,57	1,04			
19/07/2022	Période 3	2,46	97,54	0,00		2	3
26/07/2022	Période 3	6,90	91,38	1,72			
02/08/2022	Période 3	8,90	91,10	0,00			
09/08/2022	Période 3	20,75	72,11	7,14	1		
18/08/2022	Période 3	29,08	61,70	9,22			
23/08/2022	Période 3	21,48	70,42	8,10			
31/08/2022	Période 3	31,97	55,78	12,24			
07/09/2022	Période 3	2,91	79,13	17,96			
14/09/2022	Période 3	0,00	86,51	13,49			
20/09/2022	Période 3	32,37	32,37	35,27			
28/09/2022	Période 3	0,00	97,63	2,37			
05/10/2022	Période 3	0,00	98,28	1,72			
12/10/2022	Période 3	0,00	100,00	0,00			
18/10/2022	Période 3	0,00	100,00	0,00			
25/10/2022	Période 3	8,56	87,16	4,28			
<b>Moyenne</b>		<b>19,35</b>	<b>60,87</b>	<b>19,78</b>	<b>1,00</b>	<b>2,00</b>	<b>3,00</b>
<b>Période 1</b>		<b>47,13</b>	<b>35,84</b>	<b>17,03</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Période 2</b>		<b>8,40</b>	<b>40,22</b>	<b>51,38</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Période 3</b>		<b>11,99</b>	<b>80,85</b>	<b>7,16</b>	<b>1,00</b>	<b>2,00</b>	<b>3,00</b>

### 3.4.8.2 Les formules utilisées

Les formules utilisées sont identiques à celles du calcul du taux de mortalité des chauves-souris (cf. : 3.3.8.2 Les formules utilisées page 48).

### 3.4.8.3 Calculs des coefficients correcteurs (paramètres de formules)

En 2022, deux tests ont été menés le 9 mai et le 23 août pour apprécier les coefficients correcteurs nécessaires au calcul du taux de mortalité.

#### ▪ Taux de détection

Figure 65 : 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	16	0,80
Type 1	Moyenne	Moyenne	6	6	1,00
Type 2	Moyenne	Moyenne	6	3	0,50
Type 3	Moyenne	Moyenne	8	7	0,88
Total	E3	09/05/2022	10	7	
Type 1	E3	09/05/2022	2	2	
Type 2	E3	09/05/2022	4	1	
Type 3	E3	09/05/2022	4	4	
Total	E8	23/08/2022	10	9	
Type 1	E8	23/08/2022	4	4	
Type 2	E8	23/08/2022	2	2	
Type 3	E8	23/08/2022	4	3	

	d	Pourcentage de prospection		
		Type 1	Type 2	Type 3
Moyenne	0,67	19,35	60,87	19,78
Période 1	0,80	47,13	35,84	17,03
Période 2	0,73	8,40	40,22	51,38
Période 3	0,59	11,99	80,85	7,16

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).

Le taux de détection est de 0,67. **Autrement dit, 67% des peluches dispersées ont été retrouvées.** En fonction des périodes, il varie entre 0,59 et 0,80, selon la hauteur et la densité de la végétation.

#### ▪ Taux de persistance

Figure 66 : 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	8	14	21					
Moyen		Moyenne	40	37	18	8	2	0	3,13	0,25	0,25	0,25	0,25
Type 1		Moyenne	14	11	2	2	0	0	1,79	0,14	0,14	0,14	0,14
Type 2		Moyenne	14	14	7	3	1	0	3,50	0,27	0,27	0,27	0,27
Type 3		Moyenne	12	12	9	3	1	0	4,25	0,35	0,35	0,35	0,35
Moyen	Toutes	09/05/2022	20	20	9	6	2	0					
Type 1	Toutes	09/05/2022	7	7	2	2	0	0					
Type 2	Toutes	09/05/2022	7	7	3	1	1	0					
Type 3	Toutes	09/05/2022	6	6	4	3	1	0					
Moyen	Toutes	6/9/2022	20	17	9	2	0	0					
Type 1	Toutes	6/9/2022	7	4	0	0	0	0					
Type 2	Toutes	6/9/2022	7	7	4	2	0	0					
Type 3	Toutes	6/9/2022	6	6	5	0	0	0					

	Tm	p	Pourcentage de prospection		
			Type 1	Type 2	Type 3
Moyenne	3,13	0,25			
Période 1	2,82	0,22	47,13	35,84	17,03
Période 2	3,74	0,30	8,40	40,22	51,38
Période 3	3,35	0,26	11,99	80,85	7,16

- Paramètre p (formules de Winckelmann + Erickson adaptée)

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

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



Durée intervalle (en jours)	Nombre d'intervalles	Total
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	3	15
6	4	24
7	15	105
8	4	32
9	3	27
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>203</b>
<b>Intervalle pondéré (tot)</b>		<b>7,00</b>

Période 1	7,00
Période 2	7,00
Période 3	7,00

En considérant que la diminution du nombre de cadavres est linéaire entre les retours tests de 1 et 21 jours, on estime le nombre de cadavres restant à l jours. Ainsi, on obtient une valeur de **p = 0,25**. Selon les périodes, p varie entre 0,22 et 0,30.

### 3 Paramètre Tm (formules de Erickson + Jones + Huso)

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

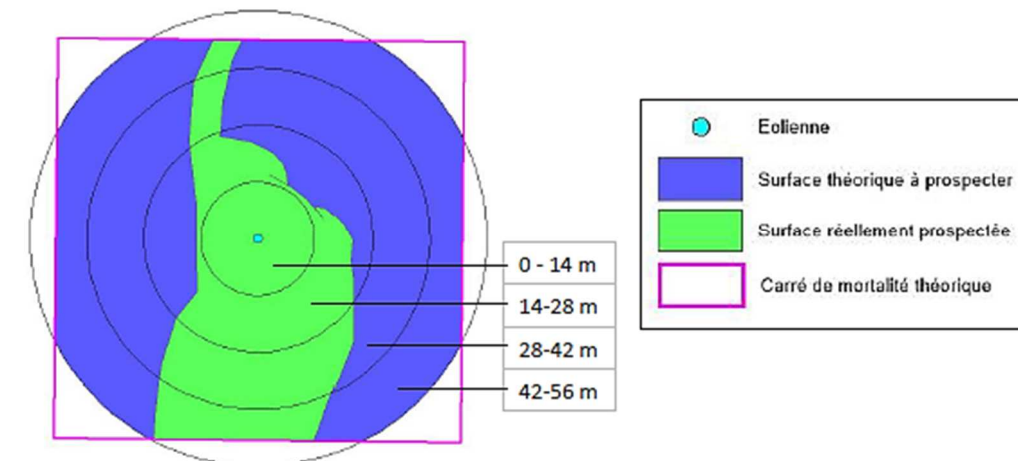
La durée moyenne de persistance d'un cadavre en jour est donc de :

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

Dans notre cas précis, Tm est égal à **3,13** (2,82 à 3,74 selon la méthode pondérée). **Autrement dit, il faut environ 2 à 4 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 du cadavre de Pic épeiche 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	0,34942	7	2,45	1,02	41,69	1	2
28m - 42m	0,3077	7	2,15	0,98	45,39	0	0
14m - 28m	0,1846	7	1,29	0,69	53,23	0	0
0m - 14m	0,0615	7	0,43	0,37	87,08	0	1

**a cadavre = 2,40**

**a cadavre et plumée = 1,98**

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

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

Figure 67 : Paramètres de calcul des équations selon la première méthode de calcul concernant uniquement le cadavre (en limite de zone)

Paramètres	Valeurs	Explications
C	1,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
d	0,67	Valeur du taux de détection globale tout type de recouvrement confondu
p	0,25	Valeur du taux de persistance globale tout type de recouvrement confondu
tm	3,13	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain globale tout type de recouvrement confondu
l	7,00	Pas de temps du suivi
$\hat{l}$	6,25	$\hat{l} = -\log(0.01) * tm$
$\hat{e}$	0,89	$\hat{e} = \text{Min}(l/\hat{l}) / l$
a	1,15	Coefficient de correction surfacique

Figure 68 : Paramètres de calcul des équations selon la première méthode de calcul concernant le cadavre (en limite de zone) et les plumées

Paramètres	Valeurs	Explications
C	3,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
d	0,67	Valeur du taux de détection globale tout type de recouvrement confondu
p	0,25	Valeur du taux de persistance globale tout type de recouvrement confondu
tm	3,13	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain globale tout type de recouvrement confondu
l	7,00	Pas de temps du suivi
$\hat{l}$	6,25	$\hat{l} = -\log(0.01) * tm$
$\hat{e}$	0,89	$\hat{e} = \text{Min}(l/\hat{l}) / l$
a	1,98	Coefficient de correction surfacique

Tous ces résultats correspondent aux différentes estimations du nombre d'oiseaux morts sur la période allant du 6 avril au 25 octobre 2022 et pour les 7 éoliennes du parc suivies. Ces résultats sont basés sur l'intégralité du parc éolien et sur 7 mois de suivi (en continu).

Pour ramener ces résultats par an et par éolienne,

- On divise ces résultats par 7 → on aura une estimation de la **mortalité par éolienne pour la période de suivi**
- On divise par 7 (7 mois) → on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par mois**
- On multiplie par 12 → on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par an** (pour la période d'activité des oiseaux, c'est-à-dire tout au long de l'année).
- On multiplie par 7 → 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 le cadavre de Pic épeiche est pris en compte, on aboutit à un **résultat moyen de l'ordre de 2,21 mortalités par éolienne et par an**, avec une fourchette oscillant entre 1,96 et 2,67 (3,50 pour la formule de Winkelmann) mortalités par éolienne et par an selon les formules utilisées. Pour rappel, ces résultats sont obtenus sur la base de la découverte du cadavre de Pic épeiche en limite de zone de prospection.

Si les plumées sont prises en compte dans les calculs, alors le résultat moyen est de **5,49 mortalités par éolienne et par an**, avec une fourchette oscillant entre 4,85 et 6,61 (8,68 pour la formule de Winkelmann) mortalités par éolienne et par an selon les formules utilisées.

Figure 69 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2022 (première méthode de calculs) prenant uniquement en compte le cadavre (en dehors de la zone de prospection, en limite)

	Winkelmann	Erickson		Jones	Huso	Moyenne	Moyenne (Sans)
		adaptée	réelle				
Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi	14,30	7,99	8,01	10,88	9,26	10,09	9,04
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	2,04	1,14	1,14	1,55	1,32	1,44	1,29
Mortalité par éolienne et par mois	0,29	0,16	0,16	0,22	0,19	0,21	0,18
Mortalité par éolienne et pour une année	3,50	1,96	1,96	2,67	2,27	2,47	2,21
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	24,52	13,69	13,73	18,66	15,88	17,30	15,49

Figure 70 : Résultats des calculs de taux de mortalité pour le suivi 2022 (première méthode de calculs) prenant en compte le cadavre et les plumées

	Winkelmann	Erickson		Jones	Huso	Moyenne	Moyenne (Sans Winkelmann)
		adaptée	réelle				
Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi	35,45	19,80	19,85	26,98	22,96	25,01	22,40
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	5,06	2,83	2,84	3,85	3,28	3,57	3,20
Mortalité par éolienne et par mois	0,72	0,40	0,41	0,55	0,47	0,51	0,46
Mortalité par éolienne et pour une année	8,68	4,85	4,86	6,61	5,62	6,12	5,49
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	60,77	33,94	34,03	46,25	39,36	42,87	38,40

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

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

Figure 71 : Paramètres pour le calcul des équations selon la deuxième méthode de calcul concernant uniquement le cadavre

Paramètres	Période	Valeurs	Explications
C	Période 1	0,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
	Période 2	0,00	
	Période 3	1,00	
d	Période 1	0,80	Valeur du taux de détection pondérée selon le type de recouvrement moyen de la période
	Période 2	0,73	
	Période 3	0,59	
p	Période 1	0,22	Valeur du taux de persistance pondérée selon le type de recouvrement moyen de la période
	Période 2	0,30	
	Période 3	0,26	
tm	Période 1	2,82	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain pondérée selon le type de
	Période 2	3,74	
	Période 3	3,35	
I	Période 1	7,00	Pas de temps du suivi
	Période 2	7,00	
	Période 3	7,00	
î	Période 1	5,64	$\hat{I} = -\log(0.01) * tm$
	Période 2	7,48	
	Période 3	6,70	
ê	Période 1	0,81	$\hat{e} = \text{Min}(I/\hat{I}) / I$
	Période 2	1,00	
	Période 3	0,96	
a	Toutes périodes confondues	2,40	Coefficient de correction surfacique selon la période

Figure 72 : Paramètres pour le calcul des équations selon la deuxième méthode de calcul concernant le cadavre et les plumées

Paramètres	Période	Valeurs	Explications
C	Période 1	0,00	Nombre de cadavres découverts sous les éoliennes suivies
	Période 2	0,00	
	Période 3	3,00	
d	Période 1	0,80	Valeur du taux de détection pondérée selon le type de recouvrement moyen de la période
	Période 2	0,73	
	Période 3	0,59	
p	Période 1	0,22	Valeur du taux de persistance pondérée selon le type de recouvrement moyen de la période
	Période 2	0,30	
	Période 3	0,26	
tm	Période 1	2,82	Valeur du temps de séjour moyen (en jours) des cadavres sur le terrain pondérée selon le type de
	Période 2	3,74	
	Période 3	3,35	
I	Période 1	7,00	Pas de temps du suivi
	Période 2	7,00	
	Période 3	7,00	
î	Période 1	5,64	$\hat{I} = -\log(0.01) * tm$
	Période 2	7,48	
	Période 3	6,70	
ê	Période 1	0,81	$\hat{e} = \text{Min}(I/\hat{I}) / I$
	Période 2	1,00	
	Période 3	0,96	
a	Toutes périodes confondues	1,98	Coefficient de correction surfacique selon la période

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

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

Concernant uniquement le cadavre (en limite de zone), le tableau aboutit à un **résultat moyen de l'ordre de 2,36 mortalités par éolienne et par an**, avec une fourchette oscillant entre 2,09 et 2,84 (3,83 pour la formule de Winkelmann) mortalités selon les formules utilisées avec prise en compte de la dispersion des cadavres dans le coefficient surfacique. Pour rappel, ces résultats sont obtenus sur la base de la découverte du cadavre de Pic épeiche en limite de zone de prospection.

Concernant le cadavre et les plumées, le tableau aboutit à un **résultat moyen de l'ordre de 5,85 mortalités par éolienne et par an**, avec une fourchette oscillant entre 5,17 et 7,05 (9,48 pour la formule de Winkelmann) mortalités selon les formules utilisées avec prise en compte de la dispersion des cadavres dans le coefficient surfacique.

Figure 73 : Résultats des calculs du taux de mortalité 2022 des oiseaux par la seconde méthode de calcul prenant uniquement en compte le cadavre (en limite de zone)

	Winkelmann	Erickson		Jones	Huso	Moyenne	Moyenne (Sans)
		adaptée	réelle				
Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi	15,62	8,52	8,55	11,62	9,88	10,84	9,64
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	2,23	1,22	1,22	1,66	1,41	1,55	1,38
Mortalité par éolienne et par mois	0,32	0,17	0,17	0,24	0,20	0,22	0,20
Mortalité par éolienne et pour une année	3,83	2,09	2,09	2,84	2,42	2,65	2,36
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	26,78	14,61	14,65	19,91	16,94	18,58	16,53

Figure 74 : Résultats des calculs du taux de mortalité 2022 des oiseaux par la seconde méthode de calcul prenant en compte le cadavre (en limite de zone) et les plumées

	Winkelmann	Erickson		Jones	Huso	Moyenne	Moyenne (Sans Winkelmann)
		adaptée	réelle				
Mortalité pour les éoliennes suivies pour la période de suivi	38,73	21,13	21,18	28,79	24,50	26,87	23,90
Mortalité par éolienne pour la période de suivi	5,53	3,02	3,03	4,11	3,50	3,84	3,41
Mortalité par éolienne et par mois	0,79	0,43	0,43	0,59	0,50	0,55	0,49
Mortalité par éolienne et pour une année	9,48	5,17	5,19	7,05	6,00	6,58	5,85
Mortalité pour l'année et pour le parc éolien entier	66,39	36,22	36,32	49,36	42,00	46,06	40,97

### 3.4.8.6 Calcul de la mortalité avec l'application Shiny « EolApp »

Comme pour les chauves-souris, nous avons utilisé l'application Shiny « EolApp » (créée par Aurélien Besnard et Cyril Bernard) pour permettre d'obtenir les intervalles de confiance à 95% des estimations de mortalité obtenues dans le cadre des suivis sous les éoliennes, pour les oiseaux.

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

Figure 75 : Paramètres à renseigner dans l'application Shiny « EolApp »

Paramètres	Valeur
Intervalle de temps entre les passages	7,00
Nombre de peluches déposées pour l'étude de détection	20
Nombre de peluches découvertes pour l'étude de détection	16
Pourcentage de la surface prospectée	0,48

Figure 76 : Sortie de l'application Shiny EolApp (IC : Intervalle de confiance) concernant uniquement les cadavres

Formule	Médiane	IC à 95%		IC à 80%	
		IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	5,48	0,00	21,89	0,00	14,59
Huso	6,21	0,00	24,08	0,00	16,10
Winkelmann	11,57	0,00	59,52	0,00	36,63
Jones	7,50	0,00	31,61	0,00	20,55
Moyenne par éolienne	1,10	0,00	4,90	0,00	3,14
Moyenne par éolienne (sans Winkelmann)	0,91	0,00	3,69	0,00	2,44

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 **0 et 2,44 cas de mortalité**. De même, il y a **95%** de chance que le nombre réel d'oiseaux impactés se situe entre **0 et 3,69 cas de mortalité**. La médiane est **0,91 mortalités par éolienne sur la période suivie**.

Pour ramener ces résultats par an et par éolienne :

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

On aboutit à un résultat à un intervalle de confiance de **95%** de l'ordre de **0 à 6,33 mortalités par éolienne et par an**. A un intervalle de confiance de **80%**, le résultat est de l'ordre de **0 à 4,18 mortalités par éolienne et par an**. La médiane est de **1,57 mortalités par éolienne et par an**.

Figure 77 : Sortie de l'application Shiny EolApp (IC : Intervalle de confiance) concernant les cadavres et les plumées

Formule	Médiane	IC à 95%		IC à 80%	
		IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	11,05	0,00	42,74	0,00	29,24
Huso	12,51	0,00	47,03	0,00	31,97
Winkelmann	24,51	0,00	111,11	0,00	72,16
Jones	15,16	0,00	61,65	0,00	41,11
Moyenne par éolienne	2,26	0,00	9,38	0,00	6,23
Moyenne par éolienne (sans Winkelmann)	1,84	0,00	7,21	0,00	4,87

En se basant sur le cadavre (en limite de zone) et les plumées découverts et en considérant les 3 modèles, il y a **80%** de chance que le nombre réel d'oiseaux impactés se situe entre **0 et 4,87 cas de mortalité**. De même, il y a **95%** de chance que le nombre réel d'oiseaux impactés se situe entre **0 et 7,21 cas de mortalité**. La médiane est de **1,84 mortalités par éolienne sur la période suivie**.

Pour ramener ces résultats par an et par éolienne :

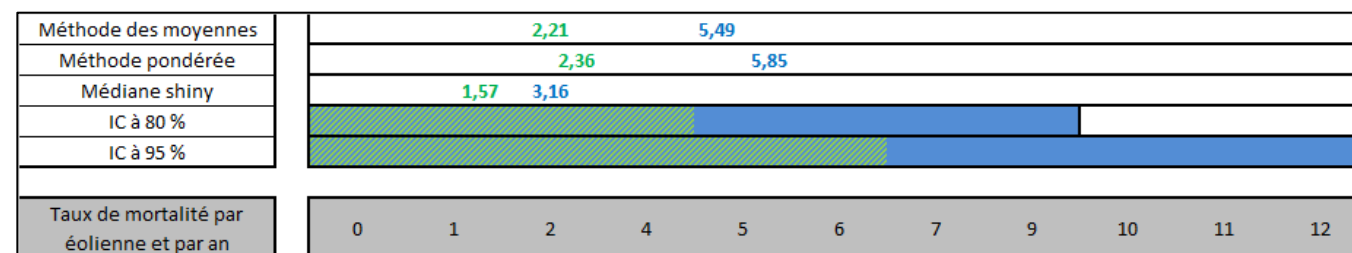
- On divise par 7 (7 mois) -> on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par mois**,
- On multiplie par 12 -> on aura une estimation de la **mortalité par éolienne et par an** (pour la période d'activité des oiseaux).

On aboutit à un résultat à un intervalle de confiance de **95%** de l'ordre de **0 à 12,36 mortalités par éolienne et par an**. A un intervalle de confiance de **80%**, le résultat est de l'ordre de **0 à 8,35 mortalités par éolienne et par an**. La médiane est de **3,16 mortalités par éolienne et par an**

### 3.4.8.7 Comparaison entre les différents calculs du taux de mortalité des oiseaux 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 1 à 6 cas de mortalité par éolienne et par an, soit entre 7 et 42 mortalités par an pour le parc éolien de Chéry**.

Figure 78 : Comparatif des taux de mortalité calculés en 2022 et intervalles de confiance à 80% et à 95% (En vert les résultats basés uniquement sur les cadavres, en bleu les résultats basés sur les cadavres et les plumées)



# 4 EVALUATION DES IMPACTS DU PARC EOLIEN DE CHERY

## 4.1 Impact sur les chiroptères

### 4.1.1 Analyse quantitative et comparaisons avec d'autres parcs éoliens

Selon nos méthodes de calcul, le taux de mortalité est estimé en 2022 **entre 2 et 4 mortalités par éolienne et par an** (soit entre 14 et 28 chauves-souris pour le parc entier et par an). Avec l'application Shiny, le taux moyen est estimé à 5,25 chauves-souris par éolienne et par an.

Ce taux de mortalité est calculé à partir de la mortalité relevée lors de la période de suivi allant du 5 avril au 25 octobre 2022, c'est-à-dire sur la quasi-totalité de la période d'activité des chauves-souris sur ce site, comme en témoignent les résultats de suivi d'activité à hauteur de la nacelle E6. Ce taux de mortalité caractérise donc bien ce qui se passe sur le site, pour la totalité de la période d'activité des chauves-souris, en termes de risque et niveau d'impact. En 2022, 3 cadavres ont été découverts durant le suivi de la mortalité. Un cadavre supplémentaire a été retrouvé par les techniciens de la maintenance (hors protocole). Ces cas de mortalité sont tous regroupés sur la période de fin d'été/début d'automne.

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

Le taux de mortalité calculé en 2022 est inférieur au taux de mortalité de l'année 2015 (Nature 18 – 2016) qui était de 54 à 219 chiroptères par an sur la totalité du parc. Bien qu'inférieur, celui-ci demeure non négligeable.

Finalement, du point de vue quantitatif, l'impact du parc éolien de Chéry en 2022 peut être qualifié de faible par rapport à d'autres parcs suivis en France ou en Europe et concerne essentiellement la période d'août à octobre.

Figure 79 : Taux de mortalité de chiroptères calculés pour différents suivis des parcs éoliens référencés en France (mise à jour du tableau de l'ALEPE)

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

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

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

Site	Période de l'année	Nombre de victimes / éolienne / an (* ou pour la période d'étude)	Référence
<b>EUROPE</b>			
Portugal (12 sites)	2005 à 2010	0	Plusieurs auteurs
Caravelas (Portugal)	2006	0,22	Strix, 2008 in Dubourg-Savage et al., 2011
Pinhal Interior - Fumas (Portugal)	2006, 2007	0,8	Alves et al., 2009 et 2010 in Dubourg-Savage et al., 2011
Pinhal Interior - Seladolino (Portugal)	2006	0,8	Alves et al., 2009 et 2010 in Dubourg-Savage et al., 2011
Pinhal Interior - Proença I e II (Portugal)	2006	1,8	Lopes et al., Alves et al., 2010 in Dubourg-Savage et al., 2011
Grèce (Soros)	2010	2,2	Geogiakis P., Fapadatou E. et WWF Hellas 2010
Mosqueiros I (Portugal)	2008	3,6	Barreiro et al., 2009 in Dubourg-Savage et al., 2011
Gardunha	2007	4,2	Alves et al., 2009 in Dubourg-Savage et al., 2011
Steinberg (Autriche)	09/2003 - 09/2004	5,3	Traxler et al., 2004 in Brinkmann et al., 2006
Grèce (Dydimos Lofos)	2010	5,5	Geogiakis P., Fapadatou E. et WWF Hellas 2010
Grèce (Monastiri)	2010	6,5	Geogiakis P., Fapadatou E. et WWF Hellas 2010
Candal Coelheira (Portugal)	2006, 2007	7,8	Alves et al., 2007, Amorim 2009 in Dubourg-Savage et al., 2011
Prellenkirchen (Autriche)	09/2003 - 09/2004	8	Traxler et al., 2004 in Brinkmann et al., 2006
Cantons de bern et de Lucerne (Suisse)	06/10/2007	8,2	Leuzinger, 2008
Grèce (Mati)	2010	10,8	Geogiakis P., Fapadatou E. et WWF Hellas 2010
District de Firbourg (Allemagne)	Début 04 - mi 05 et mi 07 - mi 10/2005	11,8	Brinkmann et al., 2006
S. Pedro (Portugal)	2006	12	Alves et al., 2007 in Dubourg-Savage et al., 2011
Grèce (Sapka)	2010	13,2	Geogiakis P., Fapadatou E. et WWF Hellas 2010
Navarre (Espagne)	03/200 - 03/2001	13,3	Lekuona, 2001
Grèce (Kerveros)	2010	13,9	Geogiakis P., Fapadatou E. et WWF Hellas 2010
Caramulo (Portugal)	2006, 2007	14,2	Hortencio et al., 2007, Silva et al., 2008
District de Fribourg (Allemagne)	fin 07 - fin 10/2004	20,9	Brinkmann et al., 2006
Outeiro (Portugal)	2006, 2008	26,3	in Dubourg-Savage et al., 2011

#### 4.1.2 Analyse qualitative des impacts sur les chiroptères

##### 1 Évaluation du niveau de risque théorique

##### a. La sensibilité théorique vis-à-vis de l'éolien

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

Pour chaque espèce impactée par les éoliennes, 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 mortalité, éléments d'écologie liés aux comportements de vol) renseignant sur la sensibilité des espèces ;
- Des résultats du suivi d'activité en hauteur ;
- Des résultats du suivi de la mortalité.

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

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

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

##### b. Le niveau de fréquentation

Quatre 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 :

- Très faible : espèce non identifiée précisément sur le site ;
- Faible : quelques contacts ponctuels répartis sur plusieurs périodes de l'année ;
- Faible à modéré : activité récurrente répartie sur plusieurs périodes de l'année ;
- Modéré : activité récurrente répartie sur plusieurs périodes de l'année, avec un niveau d'activité moyen modéré.

##### c. Mortalité brute

La mortalité avérée sur le site est évaluée par le nombre de cadavres découverts sous les éoliennes au cours du suivi mortalité en 2022.

#### d. Risque d'occurrence de mortalité sur le site

L'évaluation du risque d'occurrence de mortalité sur le site se base sur la figure suivante en croisant le niveau de sensibilité théorique à l'éolien (sensibilité) avec le niveau de fréquentation (enjeux).

Figure 81 : Grille de calcul des niveaux de risques d'impacts éoliens pour les chauves-souris (inspiré du protocole SER/SFEPM 2010)

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

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

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

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

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

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

Figure 82 : 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	Mortalité brute recueillie lors du suivi 2022	Risque d'occurrence de mortalité sur le site
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Forte	Modéré	1	Modéré à fort
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Forte	Faible à modéré		Modéré
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Forte	Modéré	1	Modéré à fort
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Modérée à forte	Faible		Faible à modéré
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Forte	Faible	1	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
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Modérée	Très faible		Faible
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savi</i>	Forte	Très faible		Faible à modéré

#### 2 Évaluation des impacts théoriques du parc éolien de Chéry

##### a. 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 Centre-Val de Loire (2013)

##### b. Risque d'occurrence

Correspond aux risques d'occurrences de mortalité sur le site exposé précédemment.

##### c. Niveau d'impact théorique

Les niveaux d'impact théorique attendus sont évalués comme indiqué dans le tableau précédent de la Figure 81 en croisant le niveau de patrimonialité (enjeux) avec le niveau du risque d'occurrence (sensibilité).



Finalement, quatre niveaux d'impact (modéré à fort, modéré, faible à modéré, faible) ont donc été définis et sont présentés dans le tableau suivant.

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

Espèce	Nom scientifique	Niveau de patrimonialité	Risque d'occurrence	Niveau d'impact théorique
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Modéré à fort	Modéré à fort	Modéré à fort
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Modéré à fort	Modéré	Modéré
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
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Faible à modéré	Faible	Faible
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savi</i>	Faible	Faible à modéré	Faible

Finalement, l'espèce ayant l'impact théorique le plus important (modéré à fort) correspond à une espèce patrimoniale et sensible à l'éolien, c'est-à-dire la **Noctule commune**. Elle est suivie de la **Noctule de Leisler**, 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.

Pour ce groupe d'espèces, seules 3 espèces ont été retrouvées sous les éoliennes : la Noctule commune, la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Nathusius (1 mortalité brute chacune). Mais compte tenu des biais qu'il existe (détection, prédation notamment), il se peut que d'autres individus aient été impactés sans être retrouvé au sol. Les niveaux d'impacts théoriques ont été définis compte tenu des éléments disponibles actuellement, à savoir la connaissance des populations locales et leur état de conservation, la sensibilité à l'éolien et les cadavres retrouvés sous les machines. Il s'agit donc d'un impact qualitatif théorique.

**Seules les espèces de Noctule commune, de Pipistrelle commune et de Pipistrelle de Nathusius ont été retrouvées sous les éoliennes. De ce fait, l'impact qualitatif du parc sur ces espèces varie de « Modéré » à « Modéré à fort » en théorie.**

## 4.2 Impact sur l'avifaune

### 4.2.1 Analyse quantitative et comparaisons avec d'autres parcs éoliens

D'après nos méthodes de calcul (méthode des moyennes et méthode pondérée), le taux de mortalité en 2022 est estimé à environ **2,21 à 2,36 oiseaux par éolienne et par an si seul le cadavre est pris en compte** (soit 15,49 à 16,53 oiseaux pour le parc entier et par an) et est estimé à environ 5,49 à 5,85 oiseaux si les cadavres et les plumées sont pris en compte (soit 38,40 à 40,97 oiseaux pour le parc entier et par an). Avec l'application Shiny, les taux estimés sont similaires aux calculs réalisés.

**Ces taux sont jugés faible par rapport à ce qui a été observé sur d'autres parcs français et européens** suivis dans les mêmes conditions à des valeurs plus importantes. Si les résultats restent encore peu nombreux à l'échelle régionale, les évaluations à l'échelle nationale ou européenne montrent généralement un taux de mortalité variant de 0 à 10 oiseaux/éolienne/an.

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

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

#### 4.2.2 Analyse qualitative des impacts sur l'avifaune

3 espèces d'oiseaux ont été impactées, il s'agit du **Pipit des arbres**, du **Faisan de Colchide** et du **Pic épeiche**. Comme vu précédemment pour les chiroptères, nous proposons par la suite une évaluation de l'impact du parc en place sur ces espèces au regard des mortalités constatées, mais aussi en se prenant en compte leur valeur patrimoniale. Pour rappel, le cadavre du Pic épeiche n'est pas rentré en compte dans les calculs car celui-ci avait été découvert dans un contexte ne respectant pas entièrement le protocole (trouvé en bordure de carré de prospection). Cependant, l'impact théorique du parc éolien sur cette espèce sera tout de même estimé.

Le Pic épeiche et le Pipit des arbres sont des espèces protégées en France.

**Le Faisan de Colchide** fait partie des espèces modérément sensibles à l'éolien. Il correspond à la 30<sup>ème</sup> espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2022, 124 cas de mortalité). Une plumée a été retrouvée le 19 juillet 2022 sous l'éolienne E8. A cette période de l'année, il s'agit très probablement d'un individu nicheur. Cette espèce est considérée comme chassable en France mais ses statuts de conservation sont favorables à l'échelle nationale et régionale. Le Faisan de Colchide est classé en préoccupation mineure. Au niveau global, ses effectifs sont en augmentation. **Ainsi, nous estimons un impact théorique très faible du parc éolien sur cette espèce.**

**Le Pipit des arbres** fait partie des espèces peu sensibles à l'éolien. Il correspond à la 129<sup>ème</sup> espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2022, 12 cas de mortalité). Une plumée a été retrouvée sur le parc éolien de Chéry le 19 juillet 2022 sous l'éolienne E6. A cette période de l'année, il s'agit très probablement d'un individu nicheur. Cette espèce est protégée, et ses statuts de conservation sont favorables à l'échelle nationale et locale (Préoccupation mineure en France et en région Centre). Ses effectifs sont cependant en diminution au niveau global. **Ainsi, nous estimons un impact théorique faible du parc éolien sur cette espèce.**

**Le Pic épeiche** fait partie des espèces peu sensibles à l'éolien. Il correspond à la 152<sup>ème</sup> espèce la plus impactée en Europe (T. DÜRR 2022, 9 cas de mortalité). Un cadavre a été retrouvé le 09 août sous l'éolienne E6. Il peut s'agir très certainement d'un individu nicheur. Cette espèce est protégée, mais ses statuts de conservation ne sont pas défavorables à l'échelle nationale et régionale (classée préoccupation mineure sur la liste rouge nationale et région Centre). Au niveau global, ses effectifs sont en augmentation. **Ainsi, nous estimons un impact théorique faible du parc éolien sur cette espèce.**

Finalement, **l'impact théorique sur les populations locales varie de très faible à faible** selon les espèces d'oiseaux. Les impacts en 2022 semblent concerner principalement des espèces nicheuses.

Figure 84 : Niveau d'intensité des risques de mortalité pour l'avifaune

Nom de l'espèce	Sensibilité	Nombre de mortalités	Risque d'occurrence (sensibilité * nb de mortalités)
Faisan de Colchide	Très Faible	1	Très Faible
Pipit des arbres	Faible	1	Faible
Pic épeiche	Faible	1	Faible

Figure 85 : Évaluation des impacts du parc éolien de Chéry sur les oiseaux

Nom de l'espèce	Risque d'occurrence	Patrimonialité	Niveau d'impact théorique (risque d'occurrence * patrimonialité)
Faisan de Colchide	Très Faible	Très Faible	Très Faible
Pipit des arbres	Faible	Faible	Faible
Pic épeiche	Faible	Faible	Faible

# 5 MESURES DE REDUCTION DES IMPACTS MISES EN ŒUVRE SUR LE PARC

## 5.1 Concernant les chiroptères

Le niveau d'impact quantitatif pour les chiroptères a été jugé faible du fait d'un taux de mortalité estimé à entre 2 et 4 mortalités par éolienne et par an et concerne essentiellement la période d'août à octobre. Au niveau qualitatif, il varie en théorie entre modéré et modéré à fort pour les espèces retrouvées sous les machines.

### 5.1.1 Ralentissement du rotor préventif par très faibles vitesses de vent non exploitables par les éoliennes

Cette mesure est déjà appliquée et doit être maintenue au cours de la vie du parc.

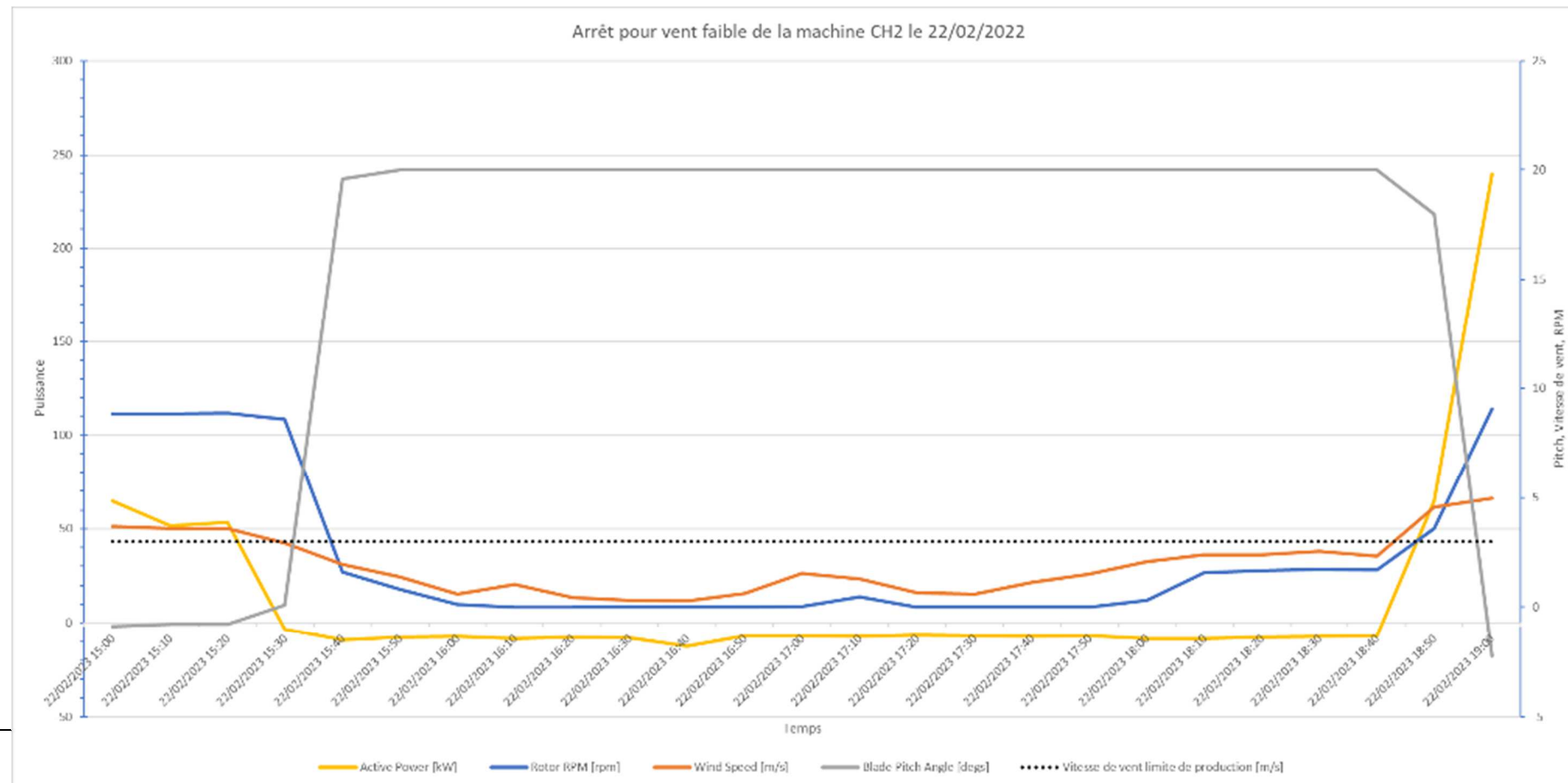
Il s'agit de **faire en sorte d'arrêter ou de réduire fortement la vitesse de rotation des pales des éoliennes lorsque la vitesse du vent est trop faible pour produire de l'électricité**. C'est en effet lors de ces faibles vitesses de vent que l'activité des chauves-souris est la plus importante en général. C'est également le cas ici, 79% de l'activité chiroptérologique fut enregistrée pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 3 m/s.

La plupart des études internationales sur l'efficacité des mesures de régulations en faveur des chauves-souris (Behr & von Helversen 2006, Kunz 2007, Baerwald & al. 2009, Arnett & al. 2011, Young & al. 2011, Arnett 2013...) converge en effet vers une perception des risques de mortalité concentrés pour des faibles, voire très faibles vitesses de vent (3-4 m/s). Dans ces conditions, les éoliennes peuvent pourtant tourner sans produire réellement d'électricité.

Une expérience, rapportée par Arnett 2013, a montré l'efficacité de la mise en drapeau sous des seuils de vitesses de démarrage différents. Lors de la mise en drapeau pour des vents inférieurs à 3,5 m/s, 4,5 m/s et 5,5 m/s, la mortalité a diminué respectivement de 36,3%, 56,7% et 73,3% par rapport au témoin. **Cette mesure de régulation préventive** est recommandée par EUROBATS au niveau international, recommandation reprise par les guides de la SFPEM (2016).

Sur le parc éolien de Chéry, une mesure est appliquée pour la préservation des risques récurrents en phase d'exploitation pour les chiroptères. En effet, pour des vitesses de vent très faibles ne permettant pas la production d'énergie (en général sous 3 m/s), la vitesse de rotation des pales des éoliennes est fortement ralentie. Ainsi, lorsque l'éolienne ne produit pas, les pales sont pitchées à 20°. De fait, le rotor tourne à environ 0,4 RPM, ce qui correspond à une vitesse de l'ordre de 7,5 km/h en bout de pales.

Figure 86 : Arrêt de l'éolienne CH2 pour des vitesses de vent faibles le 22 février 2022



## 5.2 Mesures communes aux chiroptères et aux oiseaux

Les mesures suivantes sont déjà engagées sur le parc. Il s'agira donc de veiller à la poursuite de ces mesures tout au long de la vie du parc :

- Veiller à ne pas encourager l'installation de chauves-souris et d'oiseaux au niveau des éoliennes et des aménagements annexes (vides et interstices rendus inaccessibles, pas de bardage sur le poste de livraison ...)
- Maintenir les aménagements les plus artificialisés sous les éoliennes, avec des revêtements inertes (gravillons) ne favorisant pas la repousse d'un couvert végétal ;
- 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) ;
- Ne pas créer d'ornières ou autres zones où l'eau est susceptible de stagner sous les éoliennes.

Il s'agit d'éviter autant que possible de recréer des conditions favorables au développement d'insectes au pied des éoliennes, ce qui pourrait créer de nouvelles zones de chasse et donc des niches écologiques pour les chauves-souris et les oiseaux insectivores.

# 6 MESURES REGLEMENTAIRES

## 6.1 Suivi de la mortalité

Le suivi de mortalité de 2022 a permis de montrer que le parc de Chéry a un impact faible sur les chiroptères et les oiseaux. Le prochain suivi de mortalité devra donc avoir lieu pour les 20 ans d'exploitation du parc, en 2032.

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. Ainsi, il devra donc idéalement se dérouler de début août à fin octobre. Il pourra être étendu de mi-mai à fin octobre afin de respecter le protocole national de suivi dans sa version la plus à jour (actuellement version 2018).

Avec une vitesse de disparition moyenne des cadavres d'environ 3-4 jours, il s'agira dans l'idéal d'avoir une pression de suivi de 2 visites par semaine sur la période de début août à mi-septembre (période accidentogène pour les noctules, dont les effectifs sont plus faibles) a minima, et une pression de suivi d'une visite par semaine jusqu'à fin octobre (période accidentogène pour les pipistrelles, retrouvées en plus grand nombre sous les éoliennes).

Il s'agira donc d'effectuer 32 visites, réparties sur 25 semaines. Le planning ci-dessous permet de visualiser la répartition des visites au cours du prochain suivi.

## 6.2 Suivi de l'activité en nacelle

En parallèle du suivi de mortalité, il sera également nécessaire d'effectuer un suivi d'activité des chiroptères en nacelle. Ce dernier couvrira l'ensemble de la période du suivi de la mortalité au sol et permettra d'évaluer l'activité chiroptérologique et de mieux évaluer les conditions de vol des chiroptères lors des périodes à plus forts risques de mortalité.

Ce dernier s'étalera donc de début mi-mai à fin octobre. Dans l'idéal, il s'agirait d'équiper la même éolienne pour faciliter les comparaisons interannuelles, soit l'éolienne E6. Il s'agira donc de mettre en relation les résultats de mortalité avec l'activité au niveau d'une nacelle et les conditions météorologiques.

Figure 87 : Planning prévisionnel pour le suivi de la mortalité et le suivi de l'activité en nacelle

	Avril 2032				Mai 2032				Juin 2032				Juil. 2032				Août 2032				Sept. 2032				Oct. 2032				Nov. 2032				Dec. 2032																																							
Suivi de la mortalité							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1																																								
Suivi d'activité des chauves-souris en nacelle																																																																								
N° de semaine	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	52																																	

## 7 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Un suivi environnemental (activité et mortalité) a été réalisé en 2022 sur le parc éolien de Chéry par le bureau d'étude EXEN. Le suivi d'activité des chauves-souris s'est déroulé de fin mars à mi-novembre au niveau de la nacelle de l'éolienne E6. En parallèle, un suivi de la mortalité a été effectué au sol entre avril et octobre 2022.

### 7.1 Suivi de l'activité des chiroptères

En ce qui concerne l'activité des chiroptères, elle a été mesurée du 12 avril au 5 novembre 2022 sur l'éolienne E6. Lors de ces suivis, les points suivants ont été observés :

- Une activité qui augmente en fin d'été et début d'automne,
- Une activité qui diminue au milieu de l'été et au milieu de l'automne,
- Trois pics d'activité plus importants, notamment en été,
- Un cortège d'espèces largement dominé par la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl au printemps, en début d'été et en fin d'automne
- Un cortège d'espèces largement dominé par la Noctule commune durant la fin de l'été et au début de l'automne,
- Une activité plus marquée pour des vitesses de vent inférieures à 5,5 m/s, par des températures supérieures à 17 °C et au rythme nocturne variable au cours du suivi.

### 7.2 Suivi de la mortalité des chiroptères et des oiseaux

#### 7.2.1 Concernant les chiroptères

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

- **3 cas de mortalité découverts en 2022** dont 1 cas de Noctule commune, 1 cas de Pipistrelle de Nathusius et 1 cas de Pipistrelle commune,
- Une chauve-souris non identifiée, retrouvée hors protocole de suivi de la mortalité.
- **Deux périodes de mortalité, fin août et début octobre, qui semblent liées à une période d'activité à risque plus importante,**

**En ce qui concerne les chiroptères, l'impact quantitatif** est faible, du fait d'un taux de mortalité compris entre 2 et 4 mortalités par éolienne et par an (en deçà de ce qui est observé sur d'autres parcs éoliens en France ou en Europe).

**Concernant l'impact qualitatif théorique**, la Noctule commune serait l'espèce la plus concernée (niveau d'impact jugé modéré à fort) ; la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Nathusius ont un niveau d'impact modéré. Les autres espèces ont un niveau d'impact plus faible.

Pour ce groupe d'espèces, seules 3 espèces ont été retrouvées sous les éoliennes : la Noctule commune, la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Nathusius (1 mortalité brute chacune). Mais compte tenu des biais qu'il existe (détection, prédation notamment), il se peut que d'autres individus aient été impactés sans être retrouvé au sol. Les niveaux d'impacts théoriques ont été définis compte tenu des éléments disponibles actuellement, à savoir la connaissance des populations locales et leur état de conservation, la sensibilité à l'éolien et les cadavres retrouvés sous les machines. Il s'agit donc d'un impact qualitatif théorique qui est potentiellement surestimé.

**Au vu des résultats du suivi 2022, le parc de Chéry n'atteint toutefois pas significativement les chiroptères.**

#### 7.2.2 Concernant les oiseaux

En ce qui concerne le suivi de mortalité des oiseaux en 2022, nous pouvons retenir les points suivants :

- **Aucun cadavre retrouvé dans le respect stricto sensu du protocole national mais 1 cadavre** retrouvé en limite **et 2 plumées d'oiseaux** découverts au sein du périmètre de prospection en 2022,
- **3 espèces différentes**, avec le Pic épeiche, le Faisan de Colchide et le Pipit des arbres,
- Des périodes de mortalité entre juillet et août.

**En ce qui concerne l'avifaune, l'impact quantitatif** est nul au sens strict du protocole, mais en considérant le cadavre de Pic épeiche retrouvé en limite de zone prospectable, le taux de mortalité est estimé entre 2,21 à 2,36 oiseaux par éolienne et par an. En intégrant les plumées aux calculs, celui-ci est estimé entre 5,49 à 5,85 oiseaux par éolienne et par an. Même en intégrant ces données brutes, le taux de mortalité estimé dans l'hypothèse défavorable reste d'un niveau faible par rapport aux résultats des suivis sur d'autres parcs éoliens en France.

**D'un point de vue qualitatif, l'impact théorique sur les populations locales varie de très faible à faible** selon les espèces d'oiseaux. Les impacts en 2022 semblent concerner principalement des espèces nicheuses.

### 7.3 Poursuite des mesures déjà engagées

Finalement, au vu des résultats du suivi post-implantation de 2022 sur le parc de Chéry, il n'est **pas nécessaire de mettre en place de nouvelles mesures correctives car les impacts sont non significatifs sur les populations locales d'oiseaux et de chiroptères.**

Seules les **mesures déjà engagées seront reconduites** au cours de la vie du parc (régulation préventive sous seuil de production, limitation de la fréquentation de la faune volante autour des éoliennes, etc).

## 8 BIBLIOGRAPHIE

- **ADOMEIT U., WILLUTZKI F., BRINKMANN R., NIERMANN I., BEHR O.** (2009) : Caractérisation de l'activité des Chiroptères à proximité des éoliennes à l'aide d'enregistrements stéréoscopiques à infrarouge. Extrait d'une traduction des Synthèses des conférences tenues à Hanovre, le 09 juin 2009.
- **ARNETT E.B., SCHIRMACHER M.R., HUSO M.M.P. & HAYES J.P.**, 2009. Patterns of bat fatality at the Casselman Wind Project in south-central Pennsylvania. An annual report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative and the Pennsylvania Game Commission. Bat Conservation International, Austin, Texas, USA, 60 p.
- **ADAMS A M., JANTZEN M K., HAMILTON RM., BROCKETT FENTON M.** (2012) – Do you hear what I hear ? Implications of detector selection for acoustic monitoring of bats. *Methods in Ecology and Evolution* 2012, 3, 992-998.
- **ALBOUY S., DUBOIS Y. & PICQ H.** (1997-2001) Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue Haute (Aude). ABIES, LPO Aude, ADEME, 59 p. + annexes.
- **ANDRE Y.** (2005) – Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. (avril 2005 en cours de validation MEDD) – LPO, 21 p.
- **ARTHUR L., LEMAIRE M.** (2009) – Les chauves-souris de France, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (Collection Parthénope) ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 544 p.
- **BAERWALD E.F., D'AMOURS G.H., KLUG B.J., BARCLAY R.** (2008) - Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. University of Calgary, Calgary
- **BARCLAY, R.M.R., BAERWALD, E.F., AND GRUVER, J.C.** (2007). Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height. *Can. J. Zool.* 85, 381–387.
- **BEHR, O., NIERMANN, I., MAGES, J., BRINKMANN, R.** (2009): Fachtagung Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen: Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen: 06.09.2009; Hannover
- **BERGEN F.** (2001), Untersuchungen zum Einfluss der Errichtung und des Betriebs von Windenergieanlagen auf Vogel im Binnenland. 283 p.
- **BEUCHER Y.** (2007), Suivi évaluation de l'impact sur les oiseaux du parc éolien de Ségur (12). Campagne 2007, première année d'exploitation. 66p.
- **BEUCHER Y., KELM V., GEYELIN M. PICK D.** (2010) - Parc éolien de Castelnaud-Pégayrols (12) ; suivi évaluation post-implantation de l'impact sur les chauves-souris. Bilan de campagne de la première et de la deuxième année d'exploitation (2009 2010).
- **BEUCHER Y., ALBESPY F., MOUGNOT J.** (2012) - Projet éolien de Gelles et Heume l'Eglise (63) Focus sur la Grande Noctule *Nyctalus lasiopterus* (Schreber, 1780). Prospections complémentaires visant la localisation de gîtes et la précision des enjeux. 62 p.
- **BOUZIN M., WALEAU A.** (2017) Parcs éoliens de Murat, de la Salesse et du Haut Languedoc – Bilan du suivi de la mortalité – Années 2015 & 2016. 80 p.
- **BOUZIN M.** (2015) Parc éolien de Fraïsse-sur-Agout (34) – SAS Parc éolien de Fontfroide et SAS Parc éolien de Roc de l'Ayre. Bilan du suivi de la mortalité. Année 2015. 40 p.
- **BUREAU DE COORDINATION ENERGIE EOLIENNE** (2009) – Méthodes pour l'analyse et la réduction du risque de collision de chiroptères avec des installations éoliennes terrestres. Synthèse de congrès chauves-souris. Hanovre, 9 juin 2009. 5 p.
- **CORNUT J. VINCENT S.** (2010) – Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du Sud de la région Rhône-Alpes. LPO Drôme. 39 p.
- **COSSON, M., DULAC, P.** (2004) : Suivi Évaluation de l'impact du parc Éolien de Bouin, 2003 : Comparaison État initial et fonctionnement des Éoliennes. A.D.E.M.E. Pays de la Loire, Région Pays de la Loire, L.P.O., Rochefort, 91 p.
- **Dachverband der deutschen Natur- und Umweltschutzverbände (DNR)** (2005). Pour une exploitation de l'énergie éolienne respectueuse de la nature et de l'environnement en Allemagne (onshore). Traduction du Bureau de coordination énergie éolienne/ Koordinierungsstelle Windenergie e.V. 166 p.
- **De LUCAS M., JANSS G.F.E., FERRER M.** (2007) – Birds and wind farms, Risk assessment and mitigation. Quercus publishing compagny. 275p.
- **DEJEAN S.** (2007) – Clé de détermination des chauves-souris de Midi-Pyrénées – En main-Cren/Gcmp DS. 16 p.
- **DIETZ C., Von HELVERSEN O.** (2004) – Clé d'identification illustrée des chauves-souris d'Europe. Version 1. Tuebingen & Erlangen (Allemagne). Traduction JC Louis. 56 p.
- **DUBOURG-SAVAGE M-J.**, (2005) : Impact des éoliennes sur les Chiroptères, de l'hypothèse à la réalité, Arvicola XVI n°2, SFPEM.
- **DUBOURG-SAVAGE M-J, BACH ET AL.** (2005): Report of the Intersessional Working Groupon Wind Turbines and Bat Populations. Eurobats10th Meeting of the Advisory Committee Bratislava, Slovak Republic, 25 – 27 April 2005
- **DULAC, P.** (2008) : Évaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris Bilan des 5 années de suivi. Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon - Nantes, 106 pages.
- **DURR Tobias** (2022) Synthèse de bilan de suivi de la mortalité sous les éoliennes d'Allemagne et d'Europe, bilan de décembre 2016.
- **EXO, K.-M., O. HÜPPOP et S. GARTHE.** 2003. « Birds and offshore wind farms: a hot topic in marine ecology », *Wader Study Group Bull.* 100:50-53
- **ECOSPHERE.** (2022) Rapport du suivi post-implantation du parc éolien de Ids-Saint-Roch et Touchay (18) de 2021
- **GEROUDET P. & CUISIN M.** (2000)- Les rapaces d'Europe diurnes et nocturnes. Editions Delachaux et Niestlé. 446p.
- **GENSOL B.** (2004) – Guide des rapaces diurnes, Europe, Afrique du Nord et Moyen Orient – Coll° Les guides du naturaliste – Ed° Delachaux et Niestlé. Paris. 403 p.
- **GISCLAR D., WALEAU A.** (2018) Evaluation de l'impact du parc éolien de Bois de Merdelou sur l'Avifaune et les Chiroptères. 2018 – Année 1 39 p.
- **Groupe Chiroptères de la SFPEM**, 2016. – Suivi des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de Chiroptères, Version 2.1 (février 2016). Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Paris, 17 pages
- **HORN, J., ARNETT, E., KUNZ, T.**: (2008) : Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. *Journal of Wildlife Management* 72(1):123-132. 2008
- **HÖTKER H.** (2006). NABU. The impact of repowering of wind farms on birds and bats. 38p.

- **HÖTKER H., THOMSEN K-M, JEROMIN H.** (2006). Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources : the example of birds and bats. NABU Michael-Otto-Institut. 65 p.
- **HUSO M.**, 2010. An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. Environmetrics. 19 p.
- **KINGSLEY et WHITTAM** (2007) – Les éoliennes et les oiseaux : Revue de la documentation pour les évaluations environnementales. 93p.
- **KORN M., STÜBING S.** (2003) - Regionalplan Oberpfalz-Nord – Ausschlusskriterien für Windenergieanlagen im Vorkommensgebiet gefährdeter Großvogelarten. Stellungnahme des Büros für faunistische Fachfragen. 56p.
- **KORNER-NIEVERGELT F., KORNER-NIEVERGELT P., BEHR O., NIERMANN I., ROBERT BRINKMANN R. & HELLRIEGEL B.**, 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. Wildlife Biology. 17 : 350-363.
- **KINGSLEY A., WHITTAM B.** (2007), - Les éoliennes et les oiseaux, revue de la littérature pour les évaluations environnementales. Version provisoire du 2 avril 2007. Etudes d'Oiseaux Canada pour Environnement Canada/ Service Canadien de la Faune. 93 p.
- **Kunz, T., Arnett, E.B, Wallace P, Erickson, W.P., Hoar, A.R., Johnson G.D., Larkin, R.P., Strickland, Thresher, R.W., Tuttle, M.D.** (2007): Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. Front Ecol Environ 2007; 5(6): 315–324.
- **LEKUONA, J.** (2001) : Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves y murciélagos en los parques eólicos de Navarra durante un ciclo anual. Informe Técnico. Dirección General de Medio Ambiente. Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda. Gobierno de Navarra.
- **MADDERS M. & WHITFIELD D.P** (2006) – Upland raptors and the assessment of wind farm impacts. Art. 148 43-56 of Ibis, British Ornithologists' Union. 14 p.
- **MARMET J.** (2014) Cahier technique d'identification des chiroptères (2014)...
- **MAUREL C., TALHOET S.** (2018) Parc éolien de Bois de Merdelou. Suivi des mouvements de vautours et de l'Aigle royal. Avril-décembre 2017. 30 p.
- **MEEDDAT** (2010) - Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens. Actualisation 2010. 188p + annexes techniques.
- **MULLARNEY K., SVENSSON L., ZETTERSTRÖM D., GRANT P. J** (2004) - Le guide ornitho — Delachaux et Niestlé – Paris - 398 p.
- **NATURE 18.** (2016) – Suivi post-implantation, Site éolien de Chéry (18). 30p
- **NEOMYS, CPEPESC-Lorraine et COL** (2012) – Définition et cartographie des enjeux avifaunistiques et chiroptérologiques vis-à-vis des éoliennes en Lorraine. 70p.
- **Niermann, I., Brinkmann, R., Korner-Nievergelt, F. & Behr, O.** 2011. Systematische Schlagopfersuche – Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. - In: Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & Reich, M. (Eds.); Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Cuvillier Verlag, Göttingen, Germany, Umwelt und Raum. 4 : 40-115.
- **NIERMANN I., BRINKMANN R., BEHR O., KORNER-NIEVERGELT F., MAGES J.** (2009) : Recherche systématique de cadavres –conditions méthodologiques, methodes d'analyses statistique et résultats. Extrait d'une traduction des Synthèses des conférences tenues à Hanovre, le 09 juin 2009.
- **ROCAMORA G., YEATMAN-BERTHELOT D.** (1999) - Oiseaux menacés et à surveiller en France. Liste rouge et priorités. Société d'Etudes ornithologiques de France / Ligue pour la protection des oiseaux. Paris. 560p.
- **SANE F. CHRISTOPHE F., MERLY S. (ALEPE)** (2012) - Contrôle de l'impact post-implantation du parc éolien de Lou Paou sur les habitats, l'avifaune et les chiroptères : bilan des 3 années de suivi (2008-2009-2010). 110 p.
- **THIOLLAY JM., BRETAGNOLLE V.** (2004) – Rapaces nicheurs de France ; distribution, effectifs, conservation. - Coll° Les guides du naturaliste - Ed° Delachaux et Niestlé. Paris. 175 p.
- **ULDRY V. (2013)** – Comparaison entre deux détecteurs d'ultrasons automatiques (Batcorder et Batlogger) dans le domaine de l'éolien. 36 p.
- **WALEAU A.** (2018) Evaluation de l'impact du parc éolien de Puech del Vert sur l'Avifaune et les chiroptères. 2018-année 1. 40 p.
- **WHITFIELD D.P. & MADDERS M.** (2006) – A review of the impacts of wind farms on hen harriers *Circus cyaneus* and an estimation of collision avoidance rates. Natural research information note 1 (revised). Aberdeen. 32 p.
- **WHITFIELD D.P. & MADDERS M.** (2005) – Flight height in the hen harrier *Circus cyaneus* and its incorporation in wind turbine collision risk modelling. Natural research information note 2. Aberdeen. 13 p.



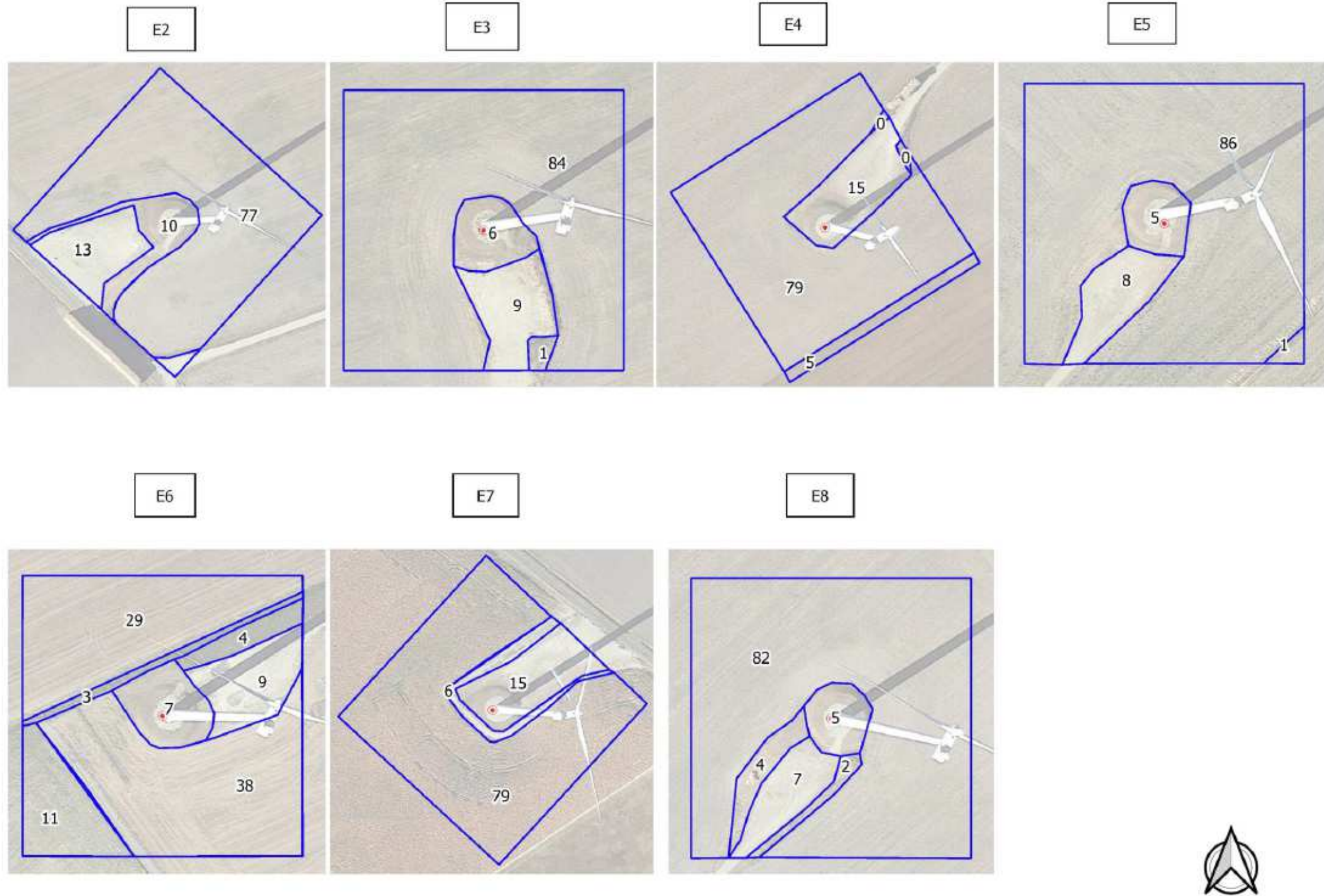
## ANNEXES

## 8.1 Annexe 1 : Fiche de relevé de terrain



### FICHE DE TERRAIN MORTALITE Suivi mortalité du parc éolien de Chéry (2022)

	Chercheur :		Heure d'embauche :		Heure début suivi :		Temps de pause :		Rq par éolienne (traces prédation, maintenance, éclairage allumé, tas de fumier sous éolienne...)
	Date :		Heure de débauche :		Heure fin suivi :		Orages depuis dernière visites ?		
	Durée de prospection	Surface prospectée (%)	Type 1 (%) Très facile	Type 2 (%) Facile	Type 3 (%) Moyen	Type 4 (%) Non prospectable	Assolement : culture, prairie, lande ...		
<b>CONTEXTE</b>	E2								
	E3								
	E4								
	E5								
	E6								
	E7								
	E8								
	<b>DÉCOUVERTES IN PROTOCOLE</b>	Oiseau ou Chauve-souris (OIS ou CS)							
Numéro éolienne									
Distance au mât									
Direction au mât									
Coordonnées GPS Lambert 93 (X, Y)									
Type dans lequel le cadavre a été trouvé (type 1, type 2...)									
Etat (vivant, frais, avancé, sec)									
Mort depuis (nb j)									
Blessure (non/oui et quoi)									
Insecte dans la bouche ?									
Espèce (ou genre...)									
Taille Avant bras (mm)									
Age (ad, jeune)									
Sexe (male, fem) ?									
Si fem allaitante? (mamelles pelées)									
Si fem gestante ?									



## 8.2 Annexe 2 : Données brutes de mortalités découvertes

Date	Découvreur	Plumée ou cadavre	Eolienne	Distance au mat (m)	Direction par rapport au mat	Oiseau (OIS) ou Chauve-souris (CS)	Date de mortalité estimée	Espèce	Nom latin	Type de vol	Sexe	Age	Mesure de l'avant-bras (mm)	Commentaires
19/07/2022	CR	Plumée	E8	50	W	OIS		Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	Intermédiaire	femelle			
19/07/2022	CR	Plumée	E6	2	N	OIS		Pipit des arbres	<i>Anthus trivialis</i>	Passereau		Juvenile		
09/08/2022	MB	Cadavre	E6	67	E	OIS	04/08/2022	Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>	Intermédiaire				
23/08/2022	CR/VP	Cadavre	E6	9	SO	CS	22/08/2022	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Vol haut	Mâle	Juvenile probable	52	
12/10/2022	CR	Cadavre	E4	30	SO	CS	11/10/2022	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Vol haut en migration/transit	Mâle	Juvenile	34	
12/10/2022	CR	Cadavre	E2	3	SO	CS	11/10/2022	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Lisière	Femelle	Juvenile probable	31	
27/10/2022	Hors protocole	Cadavre	E6			CS					impossible à déterminer			découvert par techniciens sur le toit de la nacelle