



Parc éolien des sources du Mistral

Communes de
Sacquenay et
Chazeuil (21)

CNR

mars 2023

**Suivi environnemental
post-implantation – suivi
de mortalité**



Citation recommandée	Biotope, 2023, Mars 2023, Suivi environnemental post-implantation – suivi de mortalité sur le parc éolien des sources du Mistral. 140p	
Version/Indice	V1	
Date	Mars 2023	
Nom de fichier	Sacquenay_Mortalité_CNR_Biotope_2022_VF2.docx	
Référence dossier	2019382	
Maître d'ouvrage	CNR, société de projet : Parc éolien des sources du Mistral	
Interlocuteurs	Camille ROLIN Chargée d'affaires environnement	Contact : C.ROLIN@cnr.tm.fr Tél : 07 87 70 72 68
Biotope, Rédaction de l'étude	Landeline VALORY	Contact : lvalory@biotope.fr Tel : 06 29 95 51 63
Biotope, Contrôleur qualité	Michaël GUILLON	Contact : mguillon@biotope.fr Tél : 06 29 83 22 43

Avant-propos

Le parc éolien des sources du Mistral a été mis en service en juin 2019.

Au regard des engagements pris par le porteur de projet au stade développement (étude d'impact), notamment les mesures de suivi faisant suite à l'avis de la DREAL Bourgogne Franche-Comté (version modifiée) et, en second lieu, au regard des préconisations issues du protocole national de suivi des parcs éoliens (révision de 2018), la société CNR a missionné Biotope pour la réalisation du suivi de mortalité et du suivi de la migration de l'avifaune du parc éolien. A noter que le parc éolien a fait l'objet d'un arrêté préfectoral de prescriptions complémentaires (APC) du 18 août 2020 en réponse à l'impact sur le Milan royal observé sur le parc lors du suivi 2019. Le protocole a donc été adapté afin d'être conforme à l'arrêté précité.

Le présent document présente les résultats du suivi réalisé durant la période de février à décembre 2022 par le bureau d'études BIOTOPE et une comparaison avec les résultats du suivi de 2019, 2020 et 2021. L'objectif de ce suivi est d'estimer les taux de mortalité des chauves-souris et des oiseaux, liés à l'exploitation du parc éolien des sources du Mistral et vis-à-vis des mesures de réduction appliquées :

- 1) **Un système d'asservissement dynamique des éoliennes lors de la détection du Milan royal, ou oiseaux de gabarit similaire** (mis en place depuis septembre 2020)
Ce système d'asservissement est mis en œuvre afin d'interrompre le fonctionnement des éoliennes durant les périodes de migration des Milans royaux et d'éviter leur mortalité. Cette mesure s'applique entre une heure après le lever du soleil et jusqu'à une heure avant son coucher, sur chacune des éoliennes, du 1er février au 31 mai (prénuptial) et du 1er septembre au 30 novembre (postnuptial).
- 2) **Un système d'asservissement des éoliennes lors des conditions météorologiques favorables aux chauves-souris** (mis en place dès le 28 avril 2021 sur 6 des 9 éoliennes, à savoir E2, E4, E5, E6, E8 et E9 ; ce système a été étendu à l'ensemble du parc suite à l'édiction de l'arrêté du 6 septembre 2021)

Le système d'asservissement pour les chiroptères actuel est appliqué :

- Sur toutes les éoliennes
- entre le 1^{er} avril et le 31 octobre,
- du coucher du soleil au lever du soleil,
- lorsque la vitesse du vent est inférieure à 5 m/s
- lorsque la température est supérieure ou égale à 12°C

Au regard des éléments fournis par la CNR (volet faune de l'étude d'impact), des résultats des suivis 2019, 2020 et 2021 et des échanges réalisés pour la réalisation de l'offre commerciale, un protocole adapté, issu du document validé par le Ministère « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens » et respectant les attendus de l'APC du 18 août 2020, a été mené tel que souhaité par CNR.

À noter que la révision du document « protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » est paru en mars 2018 fixant les modalités à suivre notamment pour la réalisation

d'un suivi mortalité. Ainsi, le protocole et ce rapport tiennent compte des évolutions du protocole national.

Sommaire

1	Contexte de l'étude et aspects méthodologiques	10
1	Contexte et présentation du parc éolien	11
2	Rappel des enjeux de l'étude d'impact	15
2.1	Présentation de l'aire d'étude initiale et des techniques employées	15
2.2	Intérêts du site et de ses abords pour les oiseaux, définis par l'étude d'impact	17
2.3	Intérêt du site et de ses abords pour les chiroptères, définis par l'étude d'impact	19
3	Méthodologie appliquée	19
4	Rappel des mesures correctives mises en œuvre en 2020 et 2021	20
2	Synthèse et analyse des résultats	23
1	Résultats du suivi de mortalité	24
1.1	Résultats bruts	24
1.2	Analyse des résultats	38
1.3	Synthèse du suivi de mortalité 2022	48
2	Facteurs d'impact et mesures correctives analysés sur les données des suivis de mortalité et de migration entre 2019 et 2022	49
2.1	Analyse croisée avec l'étude d'impact	49
2.2	Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères	54
2.3	Analyse croisée avec les suivis de migration de l'avifaune	69
3	Mesures correctives	74
3	Bibliographie	75
	Annexes	78
1.1	Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national	89
1.2	Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées	95
1.3	Équipe de travail et dates de prospection	102
1.4	Conditions de réalisation du suivi de mortalité	104

Liste des tableaux

Tableau 1 : Application du bridage sur les données récoltée lors des analyses acoustiques entre 2019 et 2022. Bridage détaillé selon la saison ou l'espèce	22
Tableau 2 : Comparatif des résultats bruts de cadavres découverts entre 2019 et 2021	24

Tableau 3 : Comparatif du suivi par éolienne entre 2019 et 2021	27
Tableau 4 : Résumé des oiseaux retrouvées entre 2019 et 2021	31
Tableau 5 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mise à jour le 17 juin 2022) des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe	32
Tableau 6 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées en 2022 par le parc éolien des Sources du Mistral	33
Tableau 7 : Résumé des chauves-souris retrouvées entre 2019 et 2021 sur le parc des Sources du Mistral	34
Tableau 8 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mise à jour le 17 juin 2022) des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe	35
Tableau 9 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauve-souris touchées par le parc des Sources du Mistral	36
Tableau 10 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 39 passages	38
Tableau 11 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les deux tests de persistance pour chacune des quatre éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.	39
Tableau 12 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations et interpolations) par type d'occupation du sol pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi. Les valeurs d'extrapolation renseignées à dire d'expert sont indiquées en gras.	111
Tableau 13 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation	42
Tableau 14 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du par des Sources du Mistral sur la période du suivi en 2022	43
Tableau 15 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc des sources du Mistral sur la période du suivi en 2022	44
Tableau 16 Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité	50
Tableau 17 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces en 2019	65
Tableau 18 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces en 2020	65
Tableau 19 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces en 2021	65
Tableau 20 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces en 2022	66
Tableau 21 : Croisement des informations issues du suivi migration et du suivi mortalité	69
Tableau 22 : Équipe de travail	102

Tableau 23 : Prospections de terrain et informations météorologiques	103
Tableau 24 : Bilan de l'occupation du sol pour les neuf éoliennes sur l'ensemble de la période de suivi.	105
Tableau 25 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 3 tests).	110

Liste des illustrations

Figure 1 : Éolienne 1 le 10 octobre 2019	11
Figure 2 : Éolienne 2 le 10 octobre 2019	11
Figure 3 : Éolienne 3 le 10 octobre 2019	11
Figure 4 : Éolienne 4 le 10 octobre 2019	11
Figure 5 : Éolienne 5 le 10 octobre 2019	12
Figure 6 : Éolienne 6 le 10 octobre 2019	12
Figure 7 : Éolienne 7 le 10 octobre 2019	12
Figure 8 : Éolienne 8 le 10 octobre 2019	12
Figure 9 : localisation des 17 points d'observation utilisés pour l'expertise avifaune lors de l'étude d'impact (source : Exen 2011)	16
Figure 10 : Points d'écoute et de prospection chiroptères (source : Exen 2011)	17
Figure 11 : Sensibilité en période de migration postnuptiale identifiée sur l'aire d'étude	18
Figure 12 : Sensibilité en période de migration postnuptiale identifiée sur l'aire d'étude.	18
Figure 13 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien des Sources du Mistral en 2022	25
Figure 14 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien des Sources du Mistral en 2022	26
Figure 15 : Nombre de cadavres découverts par éolienne	28
Figure 16 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc des Sources du Mistral. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.	29
Figure 17 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation	29
Figure 18 : Direction et vitesse du vent diurne sur le secteur du parc éolien des sources du Mistral en 2022.	30
Figure 19 : Répartition des individus trouvés en fonction de l'occupation du sol	30
Figure 20 : Durées de persistance moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédation	39

Figure 21 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien des sources du Mistral au cours du suivi de 2022 sur 305 jours	44
Figure 22 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien des Sources du Mistral au cours du suivi de 2022 sur 305 jours	45
Figure 23 : Comparaison de la mortalité estimée la plus probable (et IC à 95%) pour les chiroptères selon la méthode de Huso 2010 entre les suivis effectués sur 2019, 2020 et 2021	47
Figure 24 : Comparaison de la mortalité estimée la plus probable (et IC à 95%) pour les oiseaux selon la méthode de Huso 2010 entre les suivis effectués sur 2019, 2020, 2021 et 2022	48
Figure 25 : Nombre de cadavres de chauves-souris trouvés par passage sur le parc éolien des Sources du Mistral en 2022	55
Figure 26 : Éolienne E5 - Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues (en haut) et filtré sur la Pipistrelle commune (en bas) en 2022.	56
Figure 27 : Éolienne E5 - Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues (en haut) et filtré sur la Pipistrelle commune (en bas) en 2022.	57
Figure 29 : Éolienne E7 - Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, toutes espèces confondues, durant la période de réalisation du suivi mortalité en 2022	58
Figure 29 : Éolienne E5 - Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, toutes espèces confondues, durant la période de réalisation du suivi mortalité en 2022.	58
Figure 30 : Représentativité des espèces et groupes d'espèces contactés sur l'éolienne E5 (n = 1 893 contacts de 5 sec. et 1 349 min. pos.)	61
Figure 31 : Représentativité des espèces et groupes d'espèces contactés sur l'éolienne E7 (n = 1 030 contacts de 5 sec. et 719 min. pos.)	61
Figure 32 : Eolienne E5 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour la Pipistrelle commune, durant les différents mois de mars à novembre	64
Figure 33 : Eolienne E7 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour la Pipistrelle commune, durant les différents mois de mars à novembre	64
Figure 34 : Proportion de vol en altitude prédite pour différentes espèces à partir d'un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) avec l'espèce et la hauteur médiane des microphones en effet fixe (pour contrôler leur effet) et le site niché dans le groupe de sites comme effet aléatoire (Roemer, 2018).	67
Figure 35 : Exemple de log de fonctionnement des identifications par réseau de neurone	85
Figure 36 : Analyse manuelle des identification réalisées par un réseau de neurones	86
Figure 37 : Visualisation des cellules d'évaluation de risque de ProBird V4	86
Figure 38 : Principe de déclenchement d'un arrêt en fonction de l'évaluation temporelle du niveau de danger	87

Figure 39 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018	90
Figure 40 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018)	91
Figure 41 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi en 2022	106
Figure 42 : Occupation du sol au pied des éoliennes	107
Figure 43 : Evolution du pourcentage de surface prospectée par passage	108
Figure 44 : Synthèse (boîte à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum)	108
Figure 45 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope	109

Tables des cartes

Carte 1 : Localisation des éoliennes	13
Carte 2 : Situation paysagère et disposition des éoliennes	14

Annexes

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres 2019	79
Annexe 2 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres 2020	80
Annexe 3 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres 2021	82
Annexe 3 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres 2022	83
Annexe 4 : Principe de fonctionnement du dispositif ProBird	84
Annexe 5 : Méthodologie appliquée	89
Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche	111

1

Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Contexte et présentation du parc éolien

Le parc éolien des Sources du Mistral se situe dans les communes de Sacquenay et de Chazeuil (à respectivement 1 km et 2 km des centres-urbains) en Côte d'Or (21). Localisé en région Bourgogne-Franche-Comté il est très proche de la frontière avec la Haute-Marne (52).

Le parc, mis en service en juin 2019, comprend 9 éoliennes Vestas V110 d'une puissance totale de 18 MW. Ces éoliennes présentent une hauteur de mât de 95m pour une hauteur totale de 150m et une hauteur de bas de pale de 45m (pale de 55m).

Le parc de Sacquenay et Chazeuil se situe au sein de la plaine de Mirebeau, en contexte principalement agricole clairsemé de bosquets et petits boisements. Une des éoliennes est implantée au sein d'une prairie permanente, les autres sont au milieu de cultures. Les éoliennes E4, E5, E8 et E9 sont localisées à moins de 100m de bosquets.



Figure 1 : Éolienne 1 le 10 octobre 2019



Figure 2 : Éolienne 2 le 10 octobre 2019



Figure 3 : Éolienne 3 le 10 octobre 2019



Figure 4 : Éolienne 4 le 10 octobre 2019

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



Figure 5 : Éolienne 5 le 10 octobre 2019



Figure 6 : Éolienne 6 le 10 octobre 2019



Figure 7 : Éolienne 7 le 10 octobre 2019



Figure 8 : Éolienne 8 le 10 octobre 2019



Figure 9 : Éolienne 9 le 10 octobre 2019



Parc éolien des sources du
Mistral
CNR
mars 2023

Localisation des éoliennes

Parc éolien des sources du Mistral - Commune de
Sacquenay et Chazeuil (21)
Suivi environnemental

- ⊙ Implantation des éoliennes
- Aire d'étude
(50m de rayon autour des éoliennes)
- Limites communales



Carte 1 : Localisation des éoliennes



*Suivi environnemental post-
implantation – suivi de mortalité*



Situation paysagère et disposition des éoliennes

Parc éolien des sources du Mistral - Commune de
Sacquenay et Chazeuil (21)
Suivi environnemental

- ⊙ Implantation des éoliennes
- Aire d'étude
(50m de rayon autour des éoliennes)
- Limites communales



Parc éolien des sources du
Mistral
CNR
mars 2023

Carte 2 : Situation paysagère et disposition des éoliennes

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2 Rappel des enjeux de l'étude d'impact

L'objectif de cette partie est de résumer et de faire ressortir les espèces à enjeux identifiées lors de l'étude d'impact du projet éolien réalisée en 2011 et rédigée en 2012 afin de les comparer avec les résultats des suivis post-implantations réalisés de 2019 à 2022.

Pour rappel, entre 2019 et 2022, le suivi réalisé a consisté en un suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères au niveau des neuf éoliennes du parc. Une étude de la migration de l'avifaune sur le parc et des écoutes en altitude des chiroptères sur 2 éoliennes ont été réalisées en parallèle. Un zoom sur l'utilisation du site par le Milan royal a été réalisé en 2020, 2021 et 2022 pour répondre à l'arrêté préfectoral d'août 2020.

L'objectif du suivi de mortalité de 2022, comme en 2021, est principalement de vérifier l'efficacité du bridage dynamique mis en place depuis septembre 2020 concernant l'avifaune.

2.1 Présentation de l'aire d'étude initiale et des techniques employées

2.1.1 Etude avifaune :

L'expertise avifaune de l'étude d'impact a été réalisée en 2011 et 2012.

Elle a été réalisée sur l'aire d'étude rapprochée, définie selon les contraintes du développeur éolien pour l'implantation des éoliennes. Cette aire d'étude présentait une surface d'environ 740 ha dans un paysage mixte de parcelles agricoles et d'îlots boisés.

Toutes les expertises oiseaux ont été réalisées sur cette aire d'étude : la nidification, la migration et l'hivernage. L'analyse a également pris en compte le contexte paysager dans un rayon de 5km depuis le centre de l'aire d'étude rapprochée. Cela a permis d'analyser le fonctionnement des populations vis-à-vis de la diversité de milieux et de reliefs autour de l'aire d'étude pressentie pour l'implantation des éoliennes.

Les points d'observation ont été définis afin de couvrir l'ensemble de la diversité des habitats potentiels sur l'aire d'étude rapprochée et d'avoir la meilleure visibilité possible en fonction de l'expertise. Les points en hauteur ont notamment été privilégiés pour l'analyse des mouvements migratoires et des comportements des rapaces.

- 6 visites ont été principalement affectées au suivi de la migration prénuptiale entre début mars et mi-avril 2011 (08/03/2011, 23/03/2011, 24/03/2011, 31/03/2011, 01/04/2011 et 13/04/2011) ;
- Le suivi des nicheurs a été réalisé via la mise en place de 5 suivis IPA entre mai et juillet (05/05/2011, 06/05/2011, 24/05/2011, 16/06/2011, 13/07/2011) ;
- 6 journées différentes entre août et novembre 2011 ont été au moins partiellement suivies pour la migration postnuptiale (21/08/2011, 22/08/2011, 13/09/2011, 22/09/2011, 19/10/2011, 08/11/2011) ;
- 2 visites furent dédiées à l'observation de l'avifaune hivernante (24/02/2011 et 25/02/2011).

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

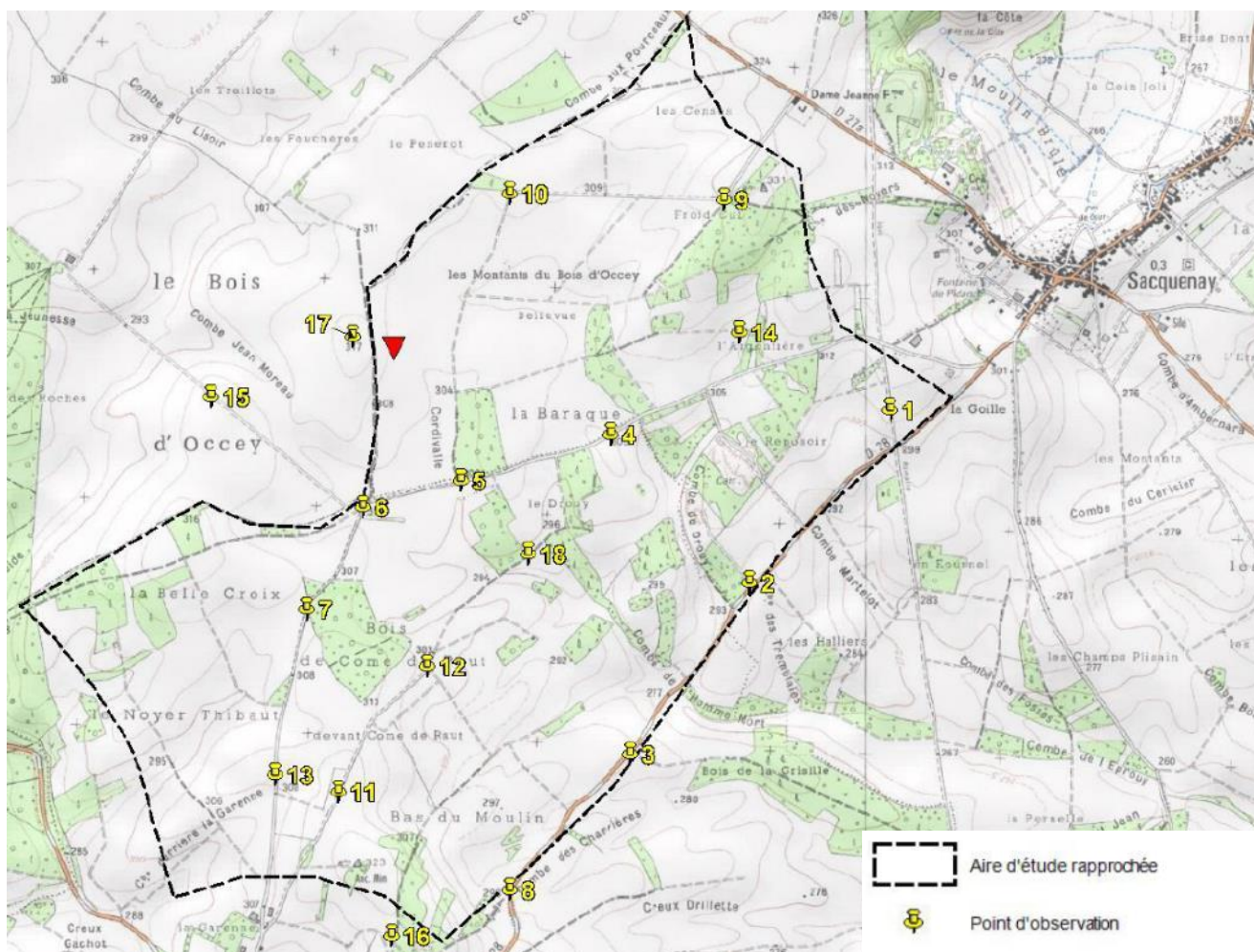


Figure 9 : localisation des 17 points d'observation utilisés pour l'expertise avifaune lors de l'étude d'impact (source : Exen 2011)

2.1.2 Etude chiroptère

Les études chiroptères ont été réalisées sur 3 aires d'étude :

- Aire d'étude immédiate (0 à 500 m) englobant l'ensemble des implantations envisagées et leur périphérie immédiate. Y ont été effectuées les parcours d'écoute nocturne et la pose des enregistreurs automatiques ;
- Aire d'étude rapprochée (500 m - 2 km). La recherche de gîtes bâtis a été réalisée dans cette aire d'étude qui intègre les principaux hameaux et villages périphériques ;
- Aire d'étude éloignée (2 km - 20 km). Elle a été utilisée pour la recherche de données bibliographiques.

La prospection nocturne a été réalisée à l'aide d'un détecteur à ultrasons sur 11 points d'écoute et l'enregistrement automatique des émissions d'ultrason des Chauves-souris (situés entre 12 et 120 kHz) a été effectué à l'aide de 4 systèmes batcorders positionnés à des emplacements fixes (cf. Figure 10) et choisis en fonction de leur degré de pertinence (emplacement prévu des éoliennes, secteurs de chasse potentiels, corridors de déplacements...).

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Six sorties d'écoute ont été effectuées de mi-mai à octobre 2011 (18-19 mai 2011, 15-16 juin 2011, 11-12 juillet 2011, 21-22 août 2011, 21-22 septembre 2011 et 03-04 octobre 2011) permettant à chaque fois la dépose des batcorders et la réalisation de points d'écoute à l'aide d'un détecteur à expansion de temps (modèle Laar TR 30) et d'un détecteur Pettersson D 240x.

La recherche de gîtes anthropiques a été effectuée sur l'aire d'étude rapprochée. Les bourgs de Chazeuil et Sacquenay ont été prospectés lors des passages de juin et juillet.

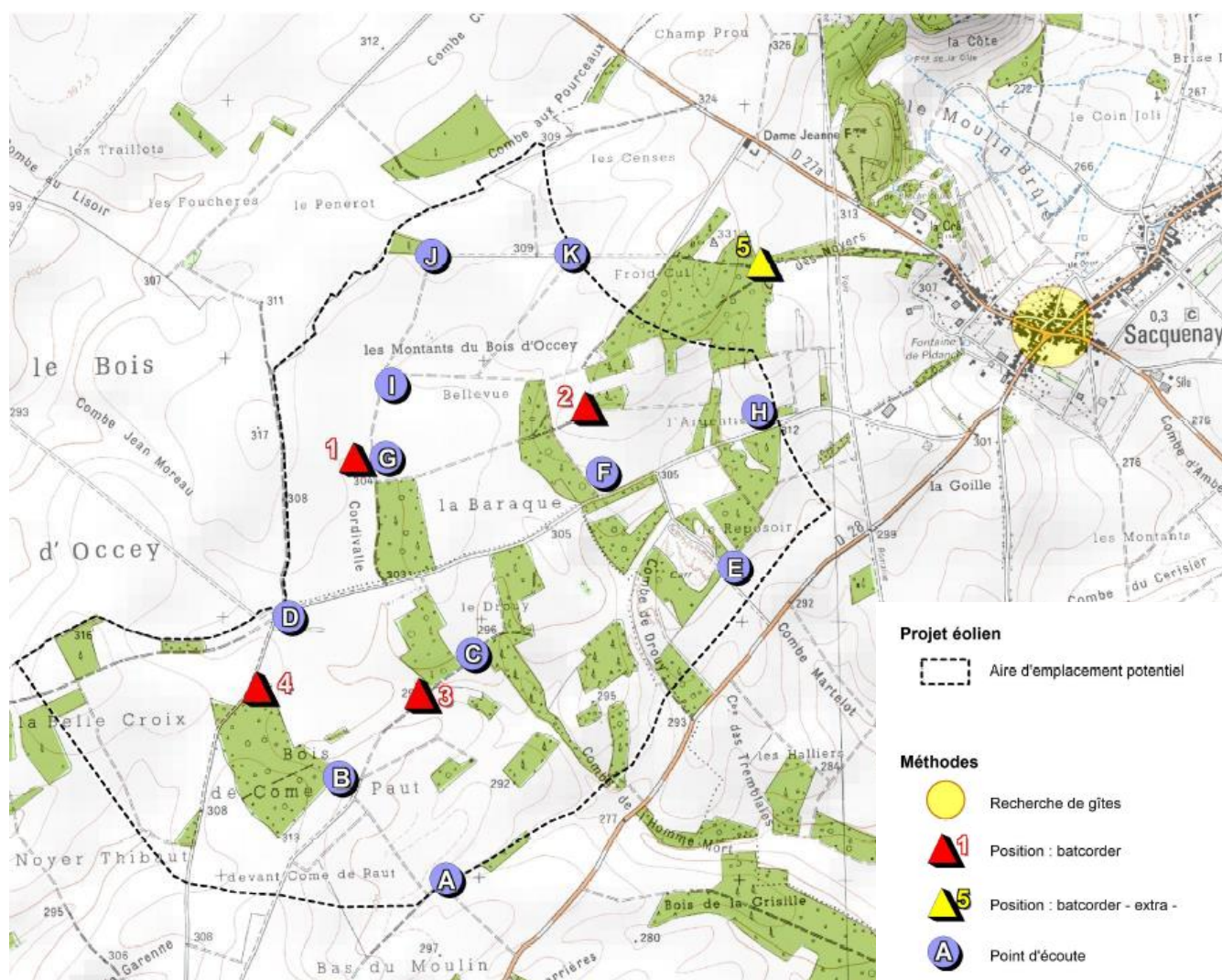


Figure 10 : Points d'écoute et de prospection chiroptères (source : Exen 2011)

2.2 Intérêts du site et de ses abords pour les oiseaux, définis par l'étude d'impact

L'expertise avifaune de l'étude d'impact identifie une sensibilité forte lors de la migration postnuptiale avec le passage de grands voiliers dans le prolongement nord-ouest de l'aire d'étude, au sud du secteur de prise d'altitude localisé sur les coteaux exposés de Sacquenay. En effet, si le flux migratoire est principalement caractérisé par le passage de passereaux

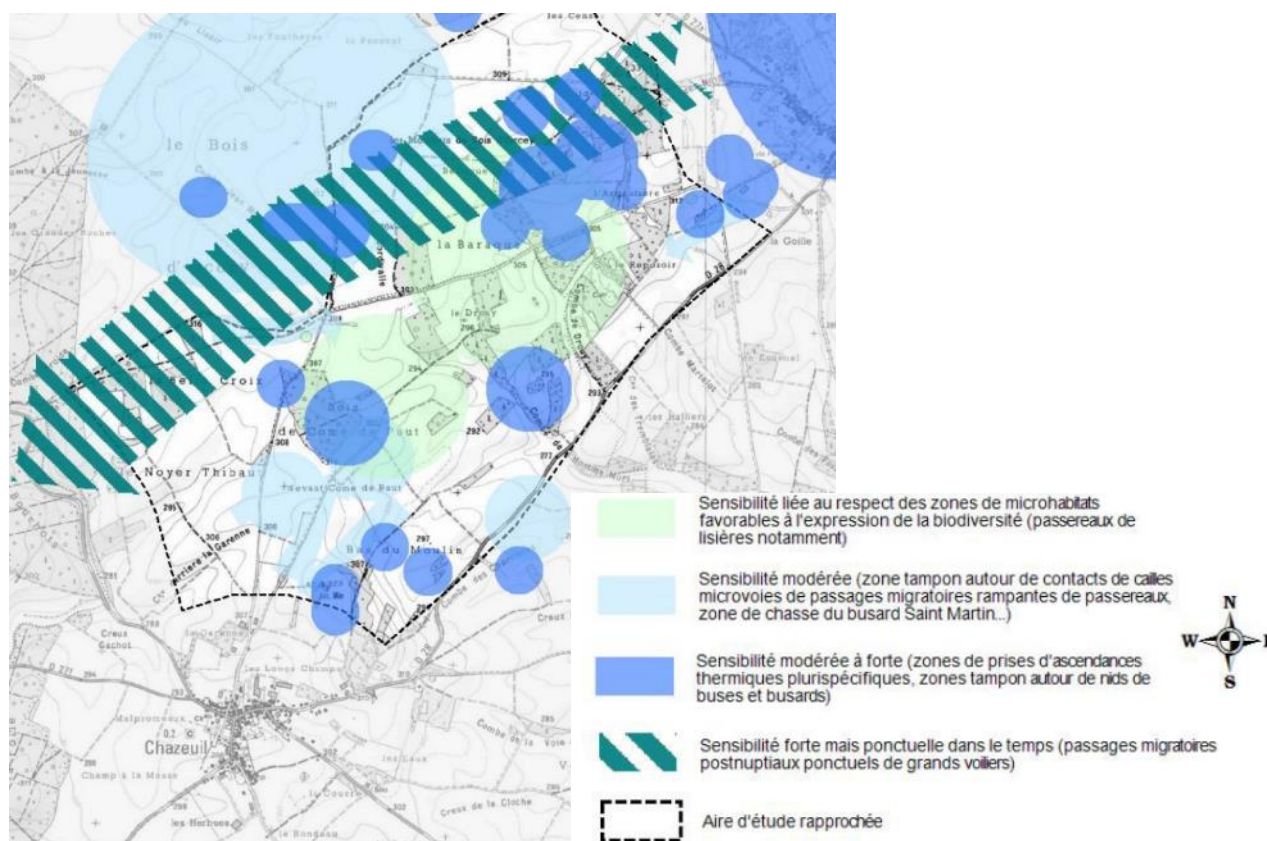
1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

(Hirondelles rustiques en majorité), un passage de rapaces et notamment de Milans royaux est identifié au mois d'octobre. Une zone d'ascendance thermique au nord-est de l'aire d'étude semble particulièrement empruntée par les milans royaux.

La migration prénuptiale semble quant à elle moins marquée sur le secteur et concerne moins les rapaces que les petits passereaux effectuant une migration diffuse et par « bonds successifs ». Les cultures jouent un rôle limité de site de halte migratoire (contact de groupes de Vanneaux huppés).

A une échelle plus large, l'étude d'impact rappelle que la migration pré et postnuptiale est beaucoup plus concentrée au niveau de la vallée de la Saône, à l'est du site d'implantation des éoliennes, ou le long des coteaux de Selongey à l'ouest.

Le secteur d'implantation des éoliennes est en lui-même favorable à l'avifaune. En effet, la présence de bosquets et de haies en interaction avec les milieux de cultures crée une mosaïque d'habitats favorables à la nidification et à l'alimentation de plusieurs espèces. L'étude d'impact identifie d'ailleurs la nidification de plusieurs espèces de passereaux, principalement en lisière des bosquets, et de rapaces comme la Buse variable, le Faucon crécerelle et le Busard Saint-martin, nicheurs sur site ou à proximité. En hiver, ces mêmes espèces de rapaces sédentaires fréquentent le site.



1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.3 Intérêt du site et de ses abords pour les chiroptères, définis par l'étude d'impact

Le site étudié lors de l'étude d'impact présente une diversité d'espèces de chiroptères relativement importante (14 espèces détectées). Parmi les espèces de chiroptères sensibles à l'éolien, la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius n'ont été que très marginalement enregistrées. La Pipistrelle commune quant à elle fréquente beaucoup le site et a été détectée à chaque passage au cours de l'étude d'impact. Six gîtes ont été identifiés à proximité du projet, sur les communes de Sacquenay et de Chazeuil.

Les lisières de haies et de bosquets sont identifiées comme zone de transit et de chasse pour les chauves-souris. Aucun mouvement migratoire marqué n'a été détecté sur l'aire d'étude.

3 Méthodologie appliquée

La méthodologie appliquée aux relevés de terrain ainsi qu'à la rédaction de ce rapport est présentée en Annexe 5 de ce document.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

4 Rappel des mesures correctives mises en œuvre en 2020 et 2021

En 2019 les résultats du suivi de mortalité étaient non significatifs pour l'avifaune et pour les chauves-souris. Toutefois, à la suite de l'observation de 3 cas de mortalité du Milan royal, espèce patrimoniale et très sensible aux collisions avec l'éolien, une mesure d'asservissement a été élaborée afin de réduire les risques de collision de cette espèce sur le parc des Sources du Mistral (**Mesure corrective 1**).

Cette mesure a été élaborée et mise en place en parallèle de l'arrêté préfectoral de prescriptions complémentaires du 18 août 2020. Arrêté complémentaire, faisant également suite à la mortalité des 3 Milans royaux et qui décrit donc certaines attentes de la préfecture en réaction à la découverte de cet impact.

En 2020, la mortalité significative pour les chauves-souris a induit la mise en place d'une mesure de bridage pour ce groupe lors de conditions météorologiques favorables (**Mesure corrective 2**).

Mesure corrective 1 : Mise en place d'un système de bridage dynamique pour le Milan royal

- Principe de fonctionnement

Principe de fonctionnement détaillé présenté en Annexe 4

Le fonctionnement du système d'asservissement (ici, le ProBird, développé par le bureau d'études Sens of Life) s'appuie sur la technologie du réseau de neurones.

Lorsqu'un objet en déplacement est détecté, si ces caractéristiques correspondent aux dimensions possibles d'un oiseau de type Milan royal, une image est soumise au réseau de neurones pour identification. Le déclenchement de l'arrêt d'une éolienne est lié au niveau de danger calculé par ProBird.

Toutes les éoliennes du parc des Sources du Mistral sont couvertes par au moins une caméra portant ce système.

La mise en place de ce dispositif de bridage dynamique a été autorisée par l'arrêté préfectoral complémentaire du 18 août 2020. **Il est opérationnel depuis le 17 septembre 2020.**

- En cas de défaillance

Comme demandé par l'arrêté préfectoral complémentaire à l'article 7, les prescriptions suivantes sont appliquées : «

- En cas de défaillance, d'indisponibilité, ou de fonctionnement en dehors de la plage de fonctionnement nominal d'une des composantes du système de détection ou de bridage dynamique ;
- En cas de mortalité d'un Milan royal constatée malgré le fonctionnement du système de détection, d'effarouchement et de bridage dynamique.

La société Parc éolien des Sources du Mistral met en œuvre un bridage (arrêt des machines), sur le parc éolien des Sources du Mistral, pour prévenir les collisions de Milans royaux en migration sur les éoliennes.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Ce bridage est mis en œuvre afin d'interrompre le fonctionnement des éoliennes durant les périodes de migration des Milans royaux et d'éviter leur mortalité. Cette mesure s'applique entre une heure après le lever du soleil et jusqu'à une heure avant son coucher, sur chacune des éoliennes, du 1^{er} février au 31 mai et du 1^{er} septembre au 30 novembre.

L'exploitant tient à la disposition de l'inspection des installations classées les enregistrements permettant de justifier du respect de la mise en place de ce bridage dans le respect des conditions citées ci-dessus. »

Ce fût le cas du 1^{er} au 16 septembre 2020, alors que Probird n'était pas encore opérationnel, un arrêt complet des machines a été appliqué tous les jours, d'une heure après le lever du soleil jusqu'à une heure avant le coucher du soleil conformément aux articles 3 et 7 de l'arrêté.

• Mesure de réduction expérimentale

Comme indiqué à l'article 3 de l'arrêté complémentaire, le système d'asservissement est considéré comme un système expérimental et doit faire l'objet d'un suivi environnemental (= suivi de mortalité) renforcé sur les périodes de migration du Milan royal jusqu'à validation du système.

Mesure correctrice 2 : Mise en place d'un système d'asservissement pour les chiroptères

A partir du 28 avril 2021, 6 éoliennes sur 9 ont fait l'objet d'une mesure d'asservissement.

- Pour les éoliennes E1, E3 et E7 : ces éoliennes ne présentent pas de seuil de mortalité significatif pour les chauves-souris, ni en 2019, ni en 2020 et elles sont implantées à plus de 200 m des lisières ou bosquets. Aucun bridage n'est donc proposé.
- Pour les éoliennes E2, E4, E5, E6, E8 et E9 : les suivis ont mis en évidence une mortalité significative pour chacune d'elles sur au moins l'une des 2 années de suivi. Elles sont par ailleurs situées à moins de 200 m des lisières boisées. Il semble donc nécessaire de mettre en place un bridage, dès lors que les critères cumulatifs suivants sont remplis :
 - Du 1^{er} avril au 31 octobre,
 - Du coucher du soleil au lever du soleil,
 - Par des températures supérieures à 12°C,
 - Par des vitesses de vent inférieures à 5 m/s.

À la suite des résultats bruts du suivi de mortalité de 2021, 2 cadavres de chauves-souris ayant été découverts au niveau de l'éolienne E7, le bridage a été étendu aux 9 éoliennes du parc des Sources du Mistral. Cette extension au parc éolien dans son ensemble a été mise en place à la suite de l'édiction de l'arrêté de septembre 2021. Ce bridage (hors paramètre pluie en l'absence de données) testé sur les données récoltées durant les suivis acoustique en altitude entre 2019 et 2022 permet de couvrir 80,9 à 83,1% de l'activité des chauves-souris (voir tableau ci-dessous).

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Tableau 1 : Application du bridage sur les données récoltées lors des analyses acoustiques entre 2019 et 2022. Bridage détaillé selon la saison ou l'espèce

Seuil de température		Par des températures supérieures à 12°C	
Seuil de vent		Par des vitesses de vents inférieures à 5 m/s	
Période		Du 1^{er} avril au 31 octobre. Du coucher du soleil au lever du soleil.	
Critère de sélection	État des machines	Nombre de contacts (5s)	Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par les arrêts machines sur l'éolienne
Toutes saisons Toutes espèces	OFF	7 865	83,2 %
	ON	1 583	
Noctule commune Toute saison	OFF	401	83,0 %
	ON	82	
Noctule de Leisler Toute saison	OFF	5 230	83,2 %
	ON	6 286	
Groupe Pipistrelles de Kuhl / Nathusius Toute saison	OFF	528	84,9 %
	ON	94	
Pipistrelle commune Toute saison	OFF	1 328	84,9 %
	ON	160	
Toute espèce Printemps (avr-mai)	OFF	375	77,6 %
	ON	108	
Toute espèce Été (juin-juil)	OFF	1 666	84,9 %
	ON	297	
Toute espèce Automne (août-sept-oct)	OFF	5 824	83,2 %
	ON	1 178	

2

Synthèse et analyse des résultats

2 Synthèse et analyse des résultats

1 Résultats du suivi de mortalité

1.1 Résultats bruts

1.1.1 Données générales concernant les cadavres découverts

Synthèse des résultats obtenus sur les trois années précédentes

● Cf. *Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres.*

Tableau 2 : Comparatif des résultats bruts de cadavres découverts entre 2019 et 2021

Année	Total des cadavres trouvés	Total des cadavres trouvés par taxon	Espèces concernées	Période à laquelle les cadavres ont été observés
2019	18	8 oiseaux	Martinet noir, Roitelet à triple bandeau, Pouillot véloce, Milan royal, Milan noir et Gobemouche noir	De mi-juillet à mi-août puis fin septembre à mi-octobre
		10 chauves-souris	Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Noctule de Leisler ainsi que 3 pipistrelles non-identifiées à l'espèce	Mai-juin et septembre-octobre
2020	29	5 oiseaux	Roitelet triple-bandeau, Martinet noir et Alouette des champs	Mi-mai puis fin juillet/début septembre et enfin fin octobre
		24 chauves-souris	Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Noctule commune, Noctule de Leisler ainsi que 2 pipistrelles non-identifiées à l'espèce et 2 chauves-souris qui n'ont pas pu être identifiées	Trouvés de manière continue sur la période allant de fin juillet à début octobre, avec un pic de découvertes lors de la seconde quinzaine de septembre, période de <i>swarming</i>
2021	16	11 oiseaux	Alouettes des champs, Alouette lulu, Épervier d'Europe, Étourneau sansonnet, Grive draine, Mésange bleue, Milan noir, Pigeon ramier, Roitelet triple-bandeau	Février-mars, période de nidification, 1 cadavre mi-août (Grive draine) et 2 cadavres mi-octobre (Mésange bleue et Roitelet triple-bandeau)
		5 chauves-souris	Noctule de Leisler, Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl et une pipistrelle non identifiée	Principalement en période de mise bas et d'élevage des jeunes et 2 Noctules de Leisler découvertes début avril et début octobre

2 Synthèse et analyse des résultats

*Rappel : le système d'asservissement des éoliennes relatif au Milan royal ou aux oiseaux de gabarit similaire a été mis en place en **septembre 2020** et le système d'asservissement relatif aux chauves-souris a été mis en place sur l'ensemble du parc en **septembre 2021**.*

Au total en 2022, **25 cadavres** ont été trouvés au sein du parc éolien des Sources du Mistral, dont 24 oiseaux (11 espèces) et 1 chauve-souris, entre le 3 février et le 5 décembre 2022.

Les espèces d'oiseaux trouvés sont l'Alouette des champs (5 individus), la Buse variable (4 individus – dont 1 hors protocole), l'Etourneau sansonnet (1 individu), le Faucon crécerelle (3 individus), le Hibou moyen-duc (1 individu), l'Hirondelle rustique (1 individu), la Mésange bleue (1 individu), le Milan noir (1 individu hors protocole), le Pipit farlouse (1 individu), le Pouillot véloce (1 individu) et le Roitelet huppé (1 individu hors protocole). Les espèces d'oiseaux les plus fréquemment observées sont l'Alouette des champs, la Buse variable et le Faucon crécerelle.

Une seule espèce de chauve-souris a été trouvée entre le 3 février et le 5 décembre 2022 : il s'agit de la Pipistrelle commune (1 individu).

Parmi les 25 cadavres, 3 ont été trouvés hors protocole de suivi de mortalité : 1 Buse variable, 1 Milan noir et 1 Roitelet huppé. Ces individus ne sont pas inclus dans l'analyse qui suit. Celle-ci sera donc basée sur 22 cadavres d'oiseaux et 1 de chauve-souris soit un total de 22 cadavres.

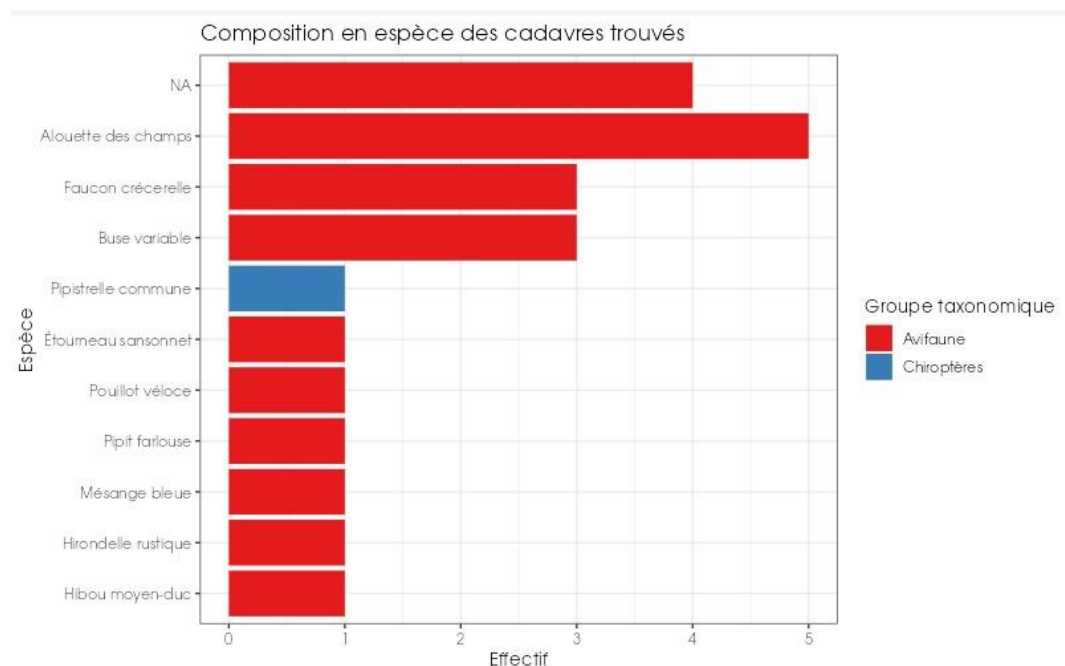


Figure 13 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien des Sources du Mistral en 2022

Au niveau phénologique, on remarque que :

- Les cadavres d'oiseaux ont été principalement observés sur trois périodes : de début février à début avril, puis sur la période de nidification ou d'élevage des jeunes, entre mi-mai et mi-juin et entre mi-juillet et mi-août
- L'unique cadavre de chauve-souris a été observé en période de *swarming*.

2 Synthèse et analyse des résultats

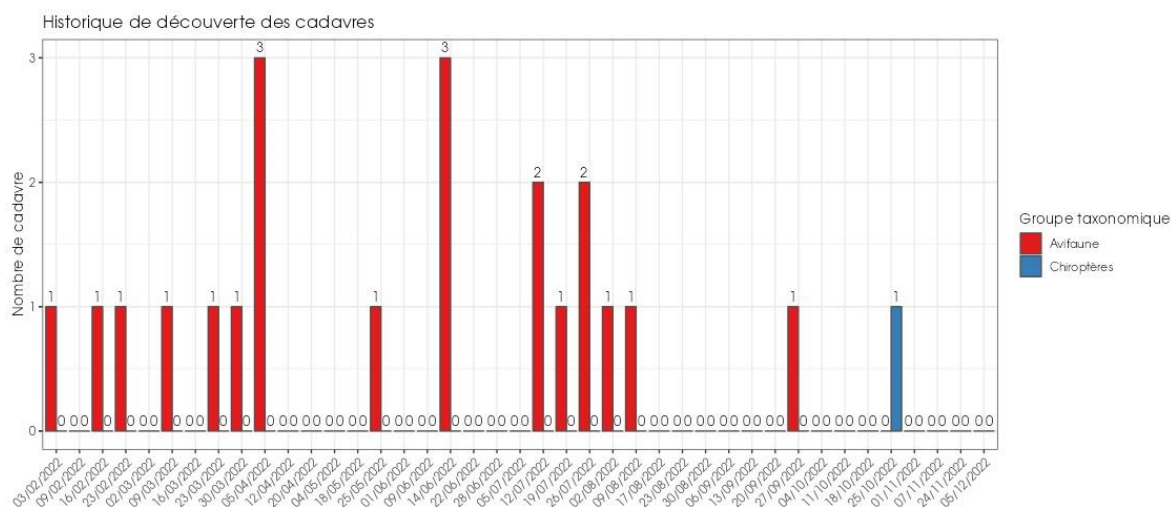


Figure 14 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien des Sources du Mistral en 2022

Bilan des 4 années de suivi :

- Il y a une différence notable dans les espèces et le nombre d'individus découverts par espèce sur les années 2019, 2020 et 2021. L'année 2020 est celle qui compte le plus de cadavres de chauves-souris (24 individus) et l'année 2022 est celle qui compte le plus de cadavres d'oiseaux (24 individus).
- En 2022, où le nombre de prospections était plus important qu'en 2019 et 2020, il a été découvert près de 24 fois moins de chiroptères qu'en 2020.
- Aucune collision de Milan royal n'est à déplorer depuis 2020. Seul un rapace (Milan noir) a été retrouvé en 2021 et un en 2022, trouvé hors protocole. Dans les deux cas, la mortalité a été détectée hors période de bridage dynamique. La problématique des collisions du Milan royal en période de migration postnuptiale sur le parc éolien en 2019 a abouti à la mise en place d'un système de bridage des éoliennes à partir de septembre 2020. L'absence de mortalité brute depuis semblerait indiquer que le dispositif installé est efficace. Les résultats de ce système sont présentés dans un rapport spécifique.

2 Synthèse et analyse des résultats

1.1.2 Suivi par éolienne

Synthèse des résultats obtenus sur les trois années précédentes :

Tableau 3 : Comparatif du suivi par éolienne entre 2019 et 2021

Année	Nombre de cadavres trouvés en moyenne par éolienne	Nombre de cadavres trouvés en moyenne par éolienne par taxon	Nombre de passages effectués	Nombre de cadavres découverts en moyenne par passage	Eoliennes où ont été retrouvés le plus d'individus
2019	2	0,9 oiseaux	23	0,8	E2 (4 individus)
		1,1 chauves-souris			E6, E8 et E9 (3 individus chacune)
2020	3,2	0,5 oiseaux	26	1,1	E9 (7 individus)
		2,6 chauves-souris			E2, E5, E6 et E8 (4 à 5 individus chacune)
2021	1,7	1,2 oiseaux	39	0,4	E7 (6 individus)
		0,5 chauves-souris			

Résultats obtenus pour l'année 2022

L'analyse par éolienne sur 2022 montre que les cadavres ont été retrouvés sous l'ensemble des éoliennes avec des valeurs assez homogènes, exceptée pour l'éolienne E5 où aucun cadavre n'a été trouvé. Les éoliennes E1 et E9 sont celles qui montrent le nombre de découvertes de cadavres le plus important avec 4 oiseaux chacune et 1 chiroptère sur E9. Les éoliennes E2, E5 et E6 présentent le plus faible nombre de cadavres oiseaux retrouvés (1 voire 0 cadavre).

En moyenne, **moins de 3 individus ont été découverts par éolienne** sur la période du suivi (0,1 chauves-souris/éolienne et 2,3 oiseaux/éolienne). Avec 39 passages effectués, cela représente une moyenne de **0,6 cadavre découvert par passage**.

La variabilité entre les éoliennes ne peut être expliquée simplement. En effet, elle change d'une année sur l'autre et peut être analysée ensuite grâce à la mise en place des tests d'efficacité et de persistance qui permettent d'estimer le nombre réel d'individus impactés par les éoliennes en intégrant les biais de recherche et de prédation.

La mise en place des mesures correctives à savoir l'asservissement des éoliennes pour le Milan royal en 2020 et pour les chauves-souris en 2021 ont eu des conséquences positives sur la mortalité brute. Notamment le bridage pour les chauves-souris qui a été appliqué sur 6 éoliennes au 26 avril 2021 dans un premier temps, puis à tout le parc éolien à partir de septembre au regard des cas de mortalité sur l'éolienne E7.

2 Synthèse et analyse des résultats

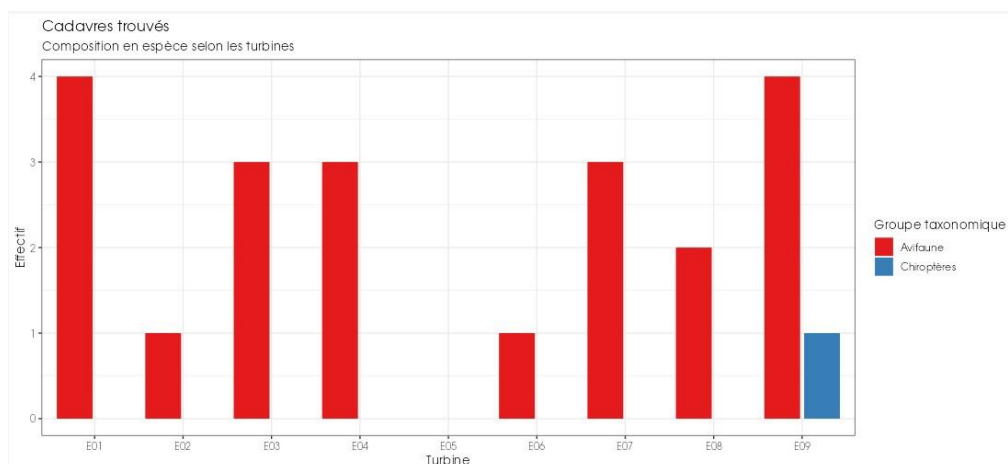


Figure 15 : Nombre de cadavres découverts par éolienne

Comparaison avec les quatre années de suivi :

Les éoliennes E1, E2, E3, E4, E6 et E8 présentent en 2019 et 2020 des résultats bruts similaires en nombre d'individus découverts. En 2021, aucun cadavre n'est retrouvé au niveau des éoliennes E1, E6 et E9, ce qui n'était pas le cas sur les 2 années précédentes. En 2022, aucun cadavre n'a été retrouvé sous l'éolienne E5. Ces résultats sont à mettre en perspective avec l'analyse des données statistiques.

L'ensemble des éoliennes présente des cas de mortalité pour l'avifaune. Une seule présente un cas de mortalité pour les chiroptères (E9). Les mortalités brutes recensées varient légèrement entre les éoliennes, comprises entre 0 et 4 cadavres par éolienne et par groupe faunistique. Les oiseaux représentent la majorité des cadavres retrouvés lors du suivi (24 individus dont 3 hors protocole). Les éoliennes E1 et E9 semblent avoir un impact plus marqué que les autres machines sur la base des résultats bruts.

1.1.3 Répartition spatiale des observations

Les observations ont été réalisées sur l'ensemble des distances prospectées. L'individu retrouvé le plus loin d'une éolienne est un Hibou moyen-duc observé à 48m de l'éolienne E8. A noter qu'un cadavre (Buse variable) a été retrouvé à 100m du mât de l'éolienne E5. Cet individu n'est observé pas pris en compte dans les analyses car il a été trouvé hors protocole (rayon de prospection égal à la longueur des pales avec un minimum de 50 m).

Si l'on regarde la localisation des observations par rapport aux éoliennes suivies, les observations semblent différentes entre les chiroptères et les oiseaux : plus proches de l'éolienne pour les chiroptères et plus étalées pour l'avifaune avec cependant un pic vers 40m.

Les découvertes ont été plus fréquemment réalisées à l'est du mât des éoliennes.

2 Synthèse et analyse des résultats

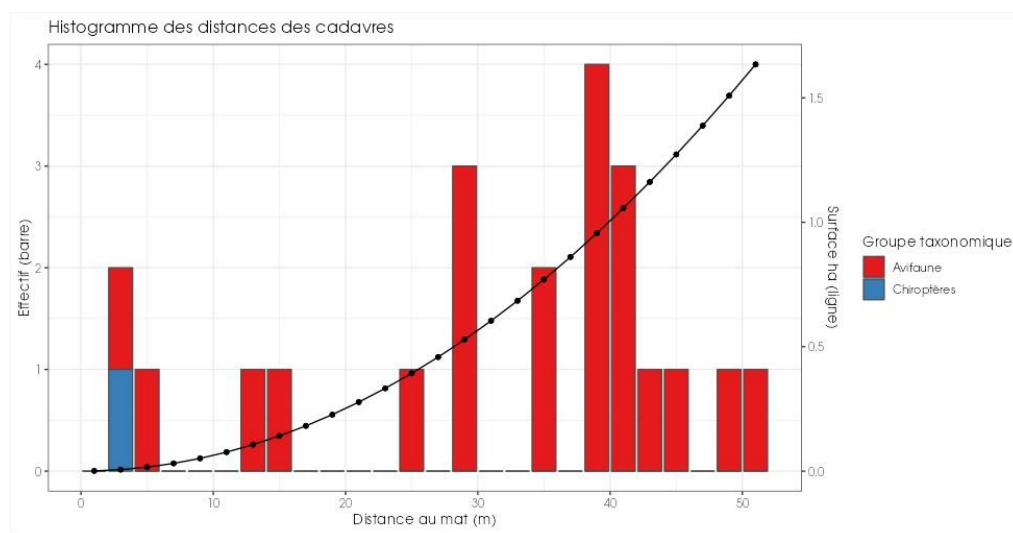


Figure 16 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc des Sources du Mistral. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.

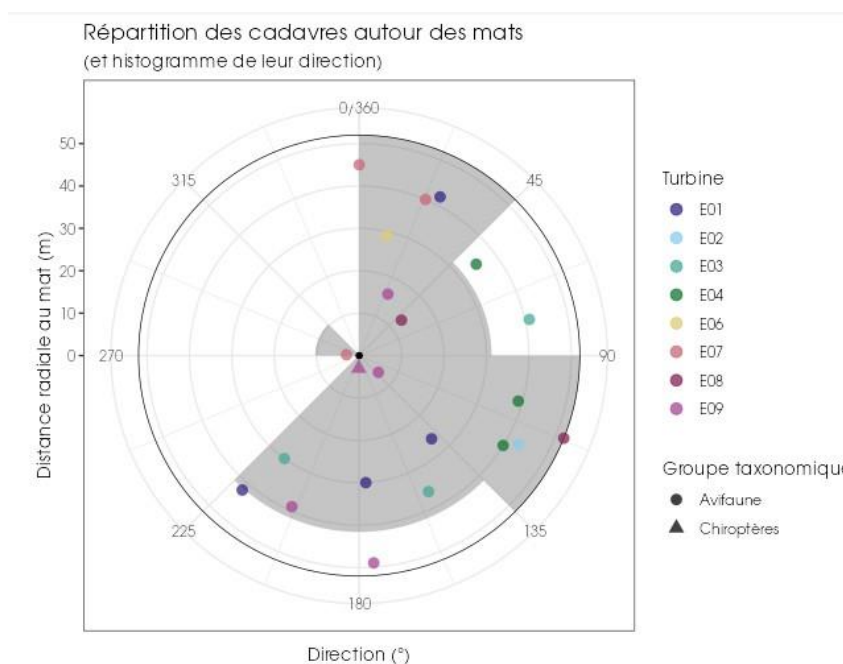


Figure 17 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation

2 Synthèse et analyse des résultats

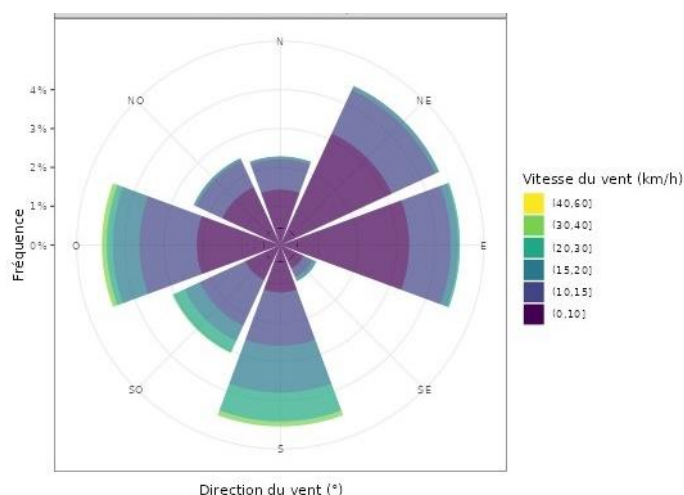


Figure 18 : Direction et vitesse du vent diurne sur le secteur du parc éolien des sources du Mistral en 2022.

Sur les 22 cadavres d'oiseaux et de chiroptères découverts dans le cadre du protocole, plus de 30% ont été trouvés au niveau d'une occupation du sol peu encombrée (sol champ nu, chemin d'accès, plateforme = hauteur de végétation nulle), 72% si on ajoute les cadavres découverts en parcelle céréalière peu développée. Les autres individus ont été découverts sur des milieux avec une végétalisation pouvant être assez haute, notamment dans des friches et des prairies de plus de 30cm de hauteur de végétation.

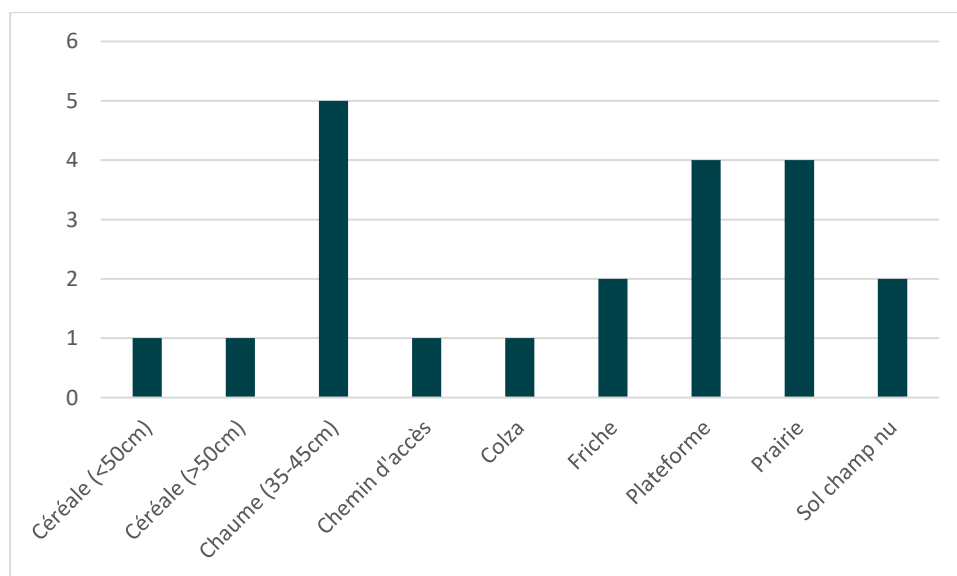


Figure 19 : Répartition des individus trouvés en fonction de l'occupation du sol

2 Synthèse et analyse des résultats

Comparaison avec les quatre années de suivi :

- ☞ En 2019 et en 2022, la direction du vent et la répartition des cadavres semblaient se recouper.
- ☞ Les directions de vents et la répartition des cadavres sont assez similaires entre 2020 et 2021.
- ☞ La comparaison du nombre de découvertes brutes par rapport à l'occupation du sol confirme les observations faites depuis 2019 : un plus grand nombre de cadavre est découvert lorsque la végétation est basse (0 à 20 cm).

1.1.4 Description des oiseaux retrouvés

Tableau 4 : Résumé des oiseaux retrouvés entre 2019 et 2021

Année	Nombre d'oiseaux trouvés	Nombre d'espèces représentées	Détail par espèce
2019	8	6	1 Gobemouche noir, 3 Martinets noir, 1 Milan noir, 3 Milans royaux (dont 2 individus hors protocole), 1 Pouillot véloce, 1 Roitelet triple-bandeau
2020	5	3	3 Roitelets triple-bandeau, 1 Martinet noir et 1 Alouette des champs
2021	11	9	1 Alouette lulu, 1 Epervier d'Europe, 1 Etourneau sansonnet, 1 Grive draine, 1 Mésange bleue, 1 Milan noir, 1 Pigeon ramier, 1 Roitelet triple-bandeau.

En 2022, 17 individus répartis au sein de 9 espèces ont été retrouvés et identifiés sous les éoliennes du parc des Sources du Mistral : l'**Alouette des champs** (5 individus), la **Buse variable** (3 individus), l'**Étourneau sansonnet** (1 individu), le **Faucon crécerelle** (3 individus), le **Hibou moyen-duc** (1 individu), l'**Hirondelle rustique** (1 individu), la **Mésange bleue** (1 individu), le **Pipit farlouse** (1 individu) et le **Pouillot véloce** (1 individu). A noter que l'espèce n'a pas pu être identifiée sur 4 cadavres.

À titre de comparaison, la synthèse de données mise à disposition par Tobias Dürr (mise à jour le 17 juin 2022) sur la mortalité de l'avifaune liée à l'éolien en Europe permet de faire un bilan des espèces a priori les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle européenne (base de données compilant des informations fournies de façon volontaire).

On constate que le Faucon crécerelle, la Buse variable et l'Alouette des champs sont des espèces fortement impactées en Europe et en France. En effet, sur les 296 espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité, elles font parties des 20 espèces les plus découvertes en Europe et représentant l'une des cinq espèces les plus touchées en France d'après la base de Tobias Dürr. L'Étourneau sansonnet se situe au 16^{ème} rang européen (espèce principalement observée en Allemagne et en France) et est assez commune pour la France (8^{ème} rang). Enfin, le Pouillot véloce et l'Hirondelle rustique sont beaucoup moins fréquents, aussi bien en Europe qu'en France (respectivement rangs 51 et 56 pour l'Europe, 36 et 71 pour la France). Les autres espèces vont au-delà du 70^e rang pour l'Europe et au-delà du 40^e rang pour la France.

Ces différentes données se basent sur des observations transmises. Elles permettent de comparer la mortalité observée sur le parc des Sources du Mistral par rapport à celle recensée aux échelles nationale et européenne par Tobias Dürr. Cependant, si elles donnent une idée générale concernant les espèces touchées et leurs proportions, elles ne sont pas exhaustives. Les données françaises proviennent, en effet, d'une faible proportion de parcs à différentes dates. Il s'agit néanmoins la synthèse la plus détaillée qui existe à ce jour.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 5 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mise à jour le 17 juin 2022) des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe

Espèce/Pays	Rang Europe	Rang France	A	BE	CH	CZ	D	E	FR	Sources du Mistral	GB	GR	NL	N	PT	PL	S	Total (hors Sources du Mistral)
Buse variable	3	4	15	1			743	31	115	3		3	28		13	5	3	957
Faucon crécerelle	6	2	28	7			148	273	160	3	2		14		39	2		673
Alouette des champs	10	5	23			8	121	89	97	6		1	2		44	10		395
Étourneau sansonnet	16	8	9	27		2	93	8	53	2			26	1		3		222
Pouillot véloce	51	27					6	37	16	2								59
Hirondelle rustique	56	66					29	13	3	1			2		1		1	49
Pipit farlouse	75	68		5			1	17	3	1		1	2	1	3			33
Hibou moyen-duc	90	51	1				18	2	5	1								26
Mésange bleue	96	43	2		1		7	3	7	2			1					21

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, CH = Suisse, CZ = République tchèque, D = Allemagne, E = Espagne, FR = France, GB = Grande-Bretagne ; GR = Grèce, NL = Hollande, N = Norvège, PT = Portugal, PL = Pologne, RO = Roumanie, S = Suède

D'après la temporalité des observations (février et juin-juillet), l'Alouette des champs peut avoir été touchée à la fois en période de migration et en période de reproduction. Cette hypothèse est compatible avec les comportements adoptés par cette espèce à cette période de l'année, notamment des prises d'altitude importantes en parade nuptiale. Lors de l'étude d'impact en 2011, c'est l'espèce la plus observée sur l'aire d'étude rapprochée en période de nidification (fréquentation relative de plus de 86%). En effet, le site présente des milieux cultivés et ponctués de petits bosquets, ce qui correspond à un contexte favorable à la nidification de l'espèce.

De même pour les cadavres de Faucon crécerelle et la Buse variable qui ont été découverts en mai, juin et juillet, soit en période de nidification. Ces deux espèces avaient été identifiées dans l'étude d'impact de 2011 en période de nidification.

Les autres espèces ont été découvertes en période internuptiale. Le Pipit farlouse, la Mésange bleue et le Hibou moyen-duc ont par exemple été trouvés en période hivernale. Le Pipit farlouse et la Mésange bleue sont connues dans l'étude d'impact pour être présentes à l'année sur le site. Cependant, le Hibou moyen-duc n'avait pas été identifié sur le site dans l'étude d'impact de 2011.

L'Hirondelle rustique, une Buse variable et un Faucon crécerelle ont été découverts en période de migration postnuptiale. L'étude d'impact avait identifié l'Hirondelle rustique en période postnuptiale.

2 Synthèse et analyse des résultats

Évaluation des enjeux

Le tableau suivant présente les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux retrouvées sur le parc des sources du Mistral à l'échelle régionale, française et européenne.

Sur la liste rouge des oiseaux nicheurs au niveau national, le Faucon crécerelle, l'Alouette des champs et l'Hirondelle rustique ont un statut « quasi menacé », le Pipit farlouse présente un statut « vulnérable ».

Sur la liste rouge des oiseaux nicheurs en Bourgogne, l'Alouette des champs a un statut « quasi menacé » et l'Hirondelle rustique et le Pipit farlouse présentent un statut « vulnérable ».

Tableau 6 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées en 2022 par le parc éolien des Sources du Mistral

Espèces	Protection nationale	Directive Oiseaux	Liste rouge Europe (2021)	Liste rouge France nicheur (2016)	NIOF migrateur (2008)	Liste rouge nicheur Bourgogne (2015)	Statut migrateur Bourgogne (2012)
Buse variable	Article 3	/	LC	LC	Sédentaire	LC	CCC
Faucon crécerelle	Article 3	/	LC	NT	NA	LC	C
Alouette des champs	/	Annexe II	LC	NT	C	NT	CC
Mésange bleue	Article 3	/	LC	LC	CC	LC	R
Pouillot véloce	Article 3	/	LC	LC	CC	LC	CCC
Hirondelle rustique	Article 3	/	LC	NT	CC	VU	CC
Pipit farlouse	Article 3	/	LC	VU	CC	VU	CC
Hibou moyen-duc	Article 3	/	LC	LC	AC	LC	/
Etourneau sansonnet	Article 3	/	LC	LC	CC	LC	CC

Légende :

Protection nationale

Arrêté interministériel du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection : Article 3 : protection stricte des individus et de leurs habitats de reproduction et de repos.

Directive Oiseaux

Il s'agit de la directive européenne n°79/409 du 6 avril 1979 concernant la conservation des oiseaux sauvages. Elle vise à assurer une protection de toutes les espèces d'oiseaux vivant naturellement à l'état sauvage sur le territoire européen.

Annexe I : espèces faisant l'objet de mesures spéciales de conservation en particulier en ce qui concerne leur habitat (Zone de Protection Spéciale).

Annexe II : espèces pouvant être chassées :

Partie 1 (A.II.1) : espèces pouvant être chassées dans la zone géographique maritime et terrestre d'application de la présente directive ;

Partie 2 (A.II.2) : espèces pouvant être chassées seulement dans les États membres pour lesquels elles sont mentionnées.

Annexe III : espèces pouvant être commercialisées :

Partie 1 (A.III.1) : espèces pour lesquelles la vente, le transport pour la vente, la détention pour la vente ainsi que la mise en vente ne sont pas interdits, pour autant que les oiseaux aient été licitement tués ou autrement licitement acquis ;

2 Synthèse et analyse des résultats

Partie 2 (A.III.2) : espèces pour lesquelles les États membres peuvent autoriser sur le territoire la vente, le transport pour la vente, la détention pour la vente ainsi que la mise en vente et à cet effet prévoir des limitations, pour autant que les oiseaux aient été licitement tués ou capturés ou autrement licitement acquis.

NIOF (Nouvel Inventaire des Oiseaux de France) Migrateur

Cela présente le statut de rareté de l'espèce en période de migration en France (NIOF)

Nouvel Inventaire des oiseaux de France (NIOF) (P. J. Dubois, P. Le Maréchal, G. Olioso et P. Yésou, 2008)

NA : Non applicable, DD : données insuffisantes, CC = taxon très commun ; C = taxon commun ; PC = taxon peu commun ; AC=Assez commun.

Listes rouges

Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Oiseaux de France métropolitaine (UICN France, MNHN, LPO, SEOF et ONCFS, 2016)

Liste rouge régionale des oiseaux nicheurs menacés en Bourgogne (ABEL et al., 2015) : DD : non évalué, LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacé, VU : Vulnérable.

Comparaison avec les quatre années de suivi :

- ☞ Concernant l'Alouette des champs, étant donné la fréquence de l'espèce sur le site et le faible nombre de cadavres découverts (0 en 2019, 1 en 2020, 3 en 2021, 5 en 2022) la sensibilité de l'espèce vis-à-vis du parc éolien des Sources du Mistral peut être jugée modérée.
- ☞ Les autres espèces, au regard de la fréquence de découverte depuis 4 ans et/ou de leur statut de patrimonialité présentent une sensibilité faible.
- ☞ L'Hirondelle rustique et le Pipit farlouse n'avaient *a priori* jamais été impactés par le parc éolien depuis 2019.
- ☞ Le Milan royal n'a été découvert, ni en 2020, ni en 2021, ni en 2022. La mesure de bridage pour cette espèce ayant été mise en place depuis la migration postnuptiale 2020, période la plus sensible au regard des effectifs, nous pouvons conclure à une diminution significative du risque de collision et une sensibilité faible de l'espèce sur le parc éolien, du fait de l'efficacité du dispositif.

1.1.5 Description des chauves-souris retrouvées

Tableau 7 : Résumé des chauves-souris retrouvées entre 2019 et 2021 sur le parc des Sources du Mistral

Année	Nombre de chauve-souris trouvées	Nombre d'espèces représentées	Détail par espèce
2019	10	3 espèces et 1 groupe d'espèces	Pipistrelle commune (3 individus), Pipistrelle de Kuhl (3 individus), Noctule de Leisler (1 individu), une Pipistrelle commune ou pygmée (1 individu) et 2 individus de Pipistrelle sp.

2 Synthèse et analyse des résultats

2020	24	4 espèces et 1 groupe d'espèces	2 Pipistrelles commune, 2 Pipistrelles de Kuhl, 8 Noctules de Leisler, 1 Noctule commune, 4 pipistrelles du groupe Kuhl/Nathusius, 5 individus de Pipistrelle sp. et 2 chauves-souris non identifiées
2021	5	4 espèces et 1 groupe d'espèces	2 Noctules de Leisler, 1 Pipistrelle commune, 1 Pipistrelle de Kuhl et 1 Pipistrelle non identifiée

En 2022, un individu a été retrouvé mort sur le parc des Sources du Mistral : **une Pipistrelle commune**, fin octobre 2022.

Il s'agit d'une espèce assez sédentaire. Elle s'éloigne peu de son domaine vital. L'individu touché est donc probablement issu de colonies locales, proches du parc éolien (quelques kilomètres).

À titre de comparaison, la synthèse de données disponibles de Tobias Dürre (mise à jour le 17 juin 2022) sur les cadavres de chauves-souris relate que **la Pipistrelle commune est l'espèce la plus touchée par les parcs éoliens à l'échelle européenne et à l'échelle française**.

Ces chiffres sont des approximations car on note une grande part d'individus indéterminés au sein de chaque genre (Pipistrelle indéterminée, etc.). De même, pour un grand nombre d'individus, même le genre n'a pas pu être déterminé du fait, entre autres, de leur état de décomposition avancée et/ou de l'absence de spécialistes à proximité capables d'identifier les pipistrelles, notamment grâce à leur dentition.

Tout comme pour les oiseaux, les données de T. Dürre se basent sur des observations transmises. Elles permettent de comparer la mortalité observée sur le parc des Sources du Mistral à celles observées aux échelles nationale et européenne. Cependant, si elles donnent une idée générale concernant les espèces touchées et leurs proportions, elles ne sont pas exhaustives. En effet, les données françaises proviennent d'une faible proportion de parcs à différentes dates. C'est néanmoins la synthèse la plus complète qui existe à ce jour.

Tableau 8 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürre (mise à jour le 17 juin 2022) des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe

Espèce	Rang Europe	Rang France	A	BE	CH	CR	CZ	D	ES	FR	Sources du Mistral	GR	IT	NL	PT	PL	RO	S	UK	Total (hors Sources du Mistral)
Pipistrelle commune	1	1	2	28	6	5	16	780	211	1124	7	0	1	15	323	5	6	1	46	2569

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, CH = Suisse, CR = Croatie, CZ = République tchèque, D = Allemagne, ES = Espagne, EST = Estonie, F = Finlande, FR = France, GR = Grèce, IT = Italie, LV = Lettonie, NL = Hollande, N = Norvège, P = Portugal, PL = Pologne, RO = Roumanie, S = Suède, UK = Royaume-Uni

La plupart des chauves-souris effectue des déplacements entre leurs gîtes estivaux et leurs gîtes d'hibernation, variant de quelques kilomètres à plusieurs dizaines de kilomètres. Quatre espèces effectuent cependant de véritables migrations, parcourant parfois plus de 1 000 km : la Noctule commune (1 individu trouvé en 2020, aucun en 2021, ni 2022 sur le parc éolien des Sources du Mistral), la Noctule de Leisler (2 individus trouvés uniquement en 2021), la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine bicolore (aucun individu trouvé ou identifié avec certitude pour ces deux espèces entre 2019 et 2022). Ces espèces se reproduisent en Europe du Nord et de l'Est. Les jeunes naissent entre juin et fin juillet et s'émancipent au bout de quelques semaines. On assiste donc à une migration automnale, dès le mois d'août, d'individus qui reviennent des sites de mise-bas du nord et de l'est de l'Europe pour venir s'accoupler et hiberner en Europe de l'Ouest. Ces mouvements concernent essentiellement les femelles et les jeunes à l'exception de la Sérotine bicolore dont la majorité des données en période de migration concernent des mâles. Au printemps, les femelles retournent sur leur site de mise-bas. Des colonies de mise-bas sont

2 Synthèse et analyse des résultats

également présentes en France, bien que rares. Cependant, cette rareté peut être liée à un manque de connaissances, de nouvelles colonies étant découvertes chaque année (ARTHUR & LEMAIRE, 2015).

La Noctule commune, la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius font partie des espèces les plus impactées par les projets éoliens. Les chiroptères sont des animaux ayant une longue espérance de vie mais une faible fécondité, entraînant un faible renouvellement des populations. Une forte mortalité des adultes est donc particulièrement dommageable pour les populations (ARTHUR & LEMAIRE, 2015).

Évaluation des enjeux

Le tableau ci-dessous présente les statuts de protection et de conservation des espèces de chauves-souris retrouvées sur le parc des sources du Mistral à l'échelle de la France et de l'Europe. L'espèce trouvée est strictement protégée en France et dans l'Union Européenne. Elle est par ailleurs considérée comme patrimoniale en France car classée « quasi menacées » pour la Pipistrelle commune.

Tableau 9 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauve-souris touchées par le parc des Sources du Mistral en 2022

Espèce	Directive Habitats	Protection nationale	Liste rouge Europe (2012)	Liste rouge France (2017)	Liste rouge Bourgogne (2015)
Pipistrelle commune	Annexe IV	Article 2	LC	NT	LC

Légende :

Protection nationale

Arrêté interministériel du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection (modif. arrêté du 15 septembre 2012) : Article 2 : protection stricte des individus et de leurs habitats de reproduction et de repos.

Directive Habitats

L'Annexe IV de la directive européenne 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », liste les espèces animales et végétales d'intérêt européen qui nécessitent une protection stricte sur le territoire des états membres de l'Union européenne.

Listes rouges Europe, France et Bourgogne

Liste rouge européenne des espèces menacées (UICN, 2012)

Liste rouge des espèces menacées en France, Mammifères de France métropolitaine (UICN France & MNHN, 2017)

Liste rouge régionale des mammifères (SHNA, 2015)

LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacé, VU : Vulnérable, DD : Données insuffisantes

Comparaison avec les quatre années de suivi :

- ☞ Diminution forte du nombre de cadavres depuis 2020 et ce, en sachant que les prospections étaient plus fréquentes en 2021 et 2022 que les autres années (39 passages terrain ont été effectués en 2021 et 2022 contre 23 en 2019 et 26 en 2020).
- ☞ La Pipistrelle commune a également été découverte en 2019 et 2020. En 2021, le nombre d'individu découvert a cependant été bien moindre suite à la mise en place du bridage pour les chauves-souris. **Cette diminution semble se confirmer dans les données brutes en 2022.**

2 Synthèse et analyse des résultats

☞ Pour les noctules, en 2019, seule la Noctule de Leisler avait été découverte (1 individu). Il semble que la période de migration soit une période sensible pour cette espèce avec une variabilité interannuelle importante. En 2020, un impact significatif du parc éolien à la fois sur la Noctule de Leisler (8 individus) et la Noctule commune avait été identifié (1 individu). En 2021, le nombre de cas de collision a significativement été réduit et aucune Noctule commune n'a été découverte. **En 2022, aucune Noctule n'a été découverte.**

2 Synthèse et analyse des résultats

1.2 Analyse des résultats

Dans le cadre de cette étude, plusieurs formules ont été utilisées pour estimer la mortalité du parc éolien. Comme recommandé dans le protocole national, il s'agit des formules de Huso (2010), Erickson et al. (2000) et Korner-Nievergelt et al. (2011). Les tableaux suivants détaillent les différents résultats des différentes étapes de calcul nécessaires aux estimations de mortalités.

1.2.1 Résultats des tests et calcul des coefficients correcteurs

Coefficient correcteur de surface (a)

Afin d'intégrer les surfaces non prospectées/non prospectables, nous avons calculé un coefficient de surface correspondant au taux de prospection de chaque passage de l'éolienne considérée (**Erreur ! Référence non valide pour un signet.**). La moyenne pondérée (par le temps entre passages) est le résultat retenu pour le calcul d'estimation de la mortalité par éolienne. Les coefficients correcteurs de surface moyens sont globalement faibles à moyens (allant de 0,65 à 0,82), excepté pour l'éolienne E8 avec un coefficient très faible (0,39) et l'éolienne E6 avec un bon coefficient (0,96). Ceci est lié à des périodes avec des parcelles non prospectables pour des durées et des surfaces différentes suivant l'éolienne.

Tableau 10 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 39 passages

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Quantile 2.5%	0,53	0,16	0,20	0,26	0,42	0,92	0,13	0,13	0,14
Premier quartile	0,60	0,16	0,47	0,74	0,92	1,00	0,13	0,18	0,14
Moyenne	0,75	0,75	0,79	0,71	0,85	0,96	0,74	0,43	0,71
Moyenne pondérée	0,74	0,73	0,79	0,71	0,82	0,96	0,68	0,39	0,65
Médiane	0,60	1,00	1,00	0,74	0,95	1,00	1,00	0,18	1,00
Troisième quartile	1,00	1,00	1,00	0,74	1,00	1,00	1,00	0,73	1,00
Quantile 97.5%	1,00	1,00	1,00	0,74	1,00	1,00	1,00	0,73	1,00

Coefficient de persistance (s)

Suite aux tests de persistance et aux analyses statistiques basées sur la sélection de modèles, nous avons retenu comme modèle le plus parcimonieux (AIC weight = 1) : « **Persistence ~ DatePose + TurbID + DatePose:TurbID + 1** ».

Cela veut dire que la durée de persistance est variable entre les trois dates de test mais aussi entre éoliennes. Le modèle intègre également une interaction entre l'effet date et l'effet éolienne, ce qui signifie que l'évolution de la durée de persistance n'a pas de tendance homogène entre éoliennes entre les trois dates de tests (diminution, stabilité ou augmentation possible).

● Erickson, W.P.; Johnson, G.D.; Strickland, M.; Kronner, K. (2000). *Final Report: avian and bat mortality associated with the Vansycle wind project.* pp 1-26.

● Huso, M. M. (2010). *An estimator of wildlife fatality from observed carcasses.* *Environmetrics*, 22(3), 318-329. doi: 10.1002/env.1052

● Korner-Nievergelt, F., Korner-Nievergelt, P., Behr, O., Niermann, I., Brinkmann, R., & Hellriegel, B. (2011). *A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches.* *Wildlife Biology*, 17(4), 350-363. doi: 10.2981/10-121

2 Synthèse et analyse des résultats

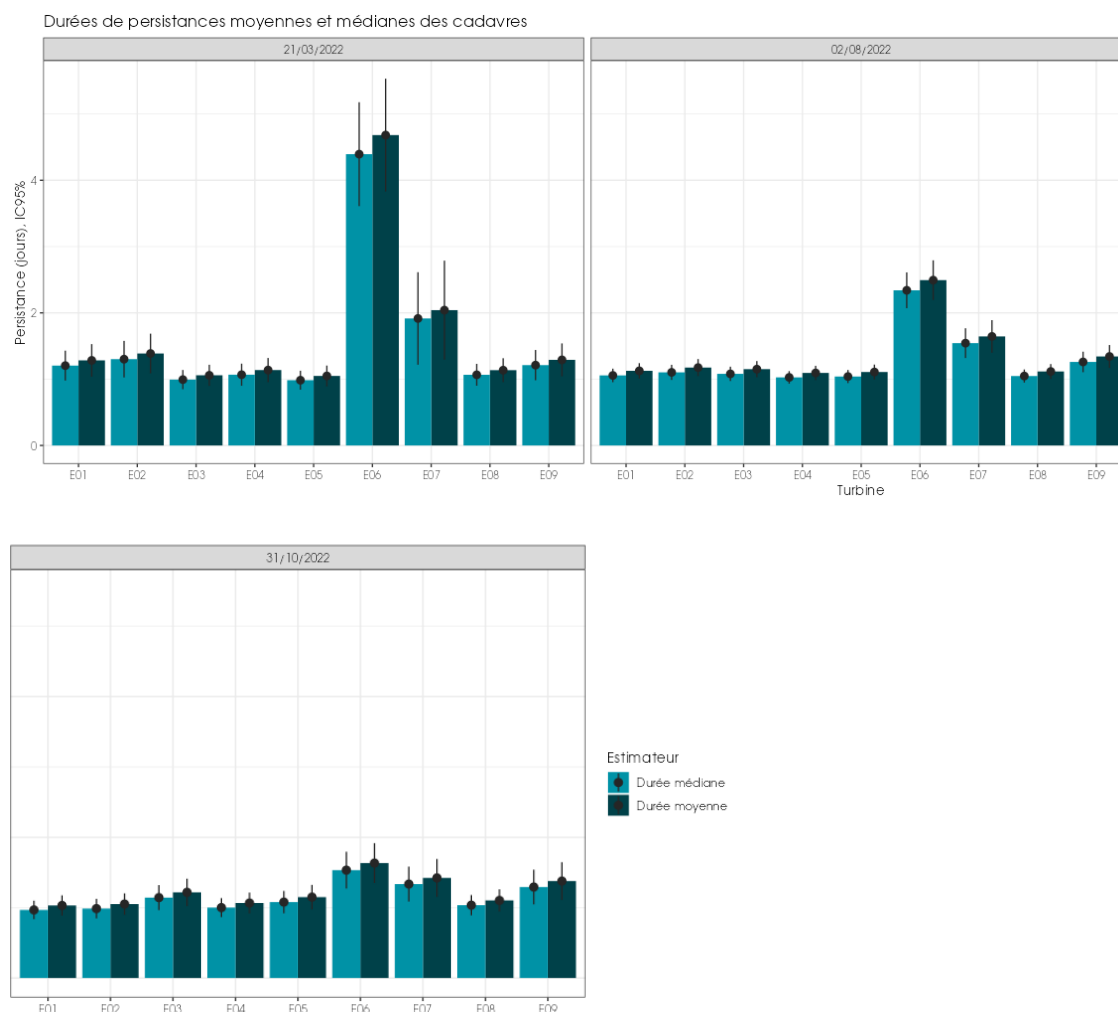


Figure 20 : Durées de persistances moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédation

L'ensemble des éoliennes présente donc un temps moyen de persistance globalement proche de 2 jours lors des trois tests. La prédation est donc très forte et relativement stable. On observe une plus grande homogénéité inter-éolienne en octobre en comparaison du test de mars et d'août. Les intervalles de confiance montrent que l'évaluation de la prédation est très bonne pour toutes les éoliennes, lors des 3 tests de prédation.

Tableau 11 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les deux tests de persistance pour chacune des quatre éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	Moyenne
Résultats du test du 21/03/2022										
Persistance moyenne (en jours)	1,3	1,4	1,1	1,1	1,0	4,7	2,0	1,1	1,3	1,7
Intervalle de confiance à 95%	[1,04 ; 1,53]	[1,09 ; 1,69]	[0,90 ; 1,22]	[0,95 ; 1,32]	[0,89 ; 1,20]	[3,83 ; 5,53]	[1,30 ; 2,79]	[0,95 ; 1,31]	[1,04 ; 1,54]	
Résultats du test du 02/08/2022										
Persistance	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	2,5	1,6	1,1	1,3	1,4

2 Synthèse et analyse des résultats

moyenne (en jours)										
Intervalle de confiance à 95%	[1,01 ; 1,24]	[1,04 ; 1,30]	[1,03 ; 1,27]	[0,98 ; 1,20]	[1,00 ; 1,22]	[2,19 ; 2,79]	[1,40 ; 1,89]	[1,00 ; 1,23]	[1,17 ; 1,51]	
Résultats du test du 31/10/2022										
Persistence moyenne (en jours)	2,3	2,1	2,9	3,7	3,4	4,0	3,6	3,3	2,9	3,1
Intervalle de confiance à 95%	[1,98 ; 2,68]	[1,81 ; 2,36]	[2,38 ; 3,35]	[3,10 ; 4,38]	[2,90 ; 3,94]	[3,25 ; 4,70]	[3,01 ; 4,26]	[2,83 ; 3,74]	[2,52 ; 3,34]	

Coefficient d'efficacité de recherche (f)

Cf. Tableau en Annexe 6 pour voir le détail des taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations et interpolations) par type d'occupation du sol pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi.

À la suite des tests d'efficacité de recherche, les analyses statistiques basées sur la sélection de modèles n'ont pas permis de retenir un modèle du fait de l'absence de plusieurs catégories d'occupation du sol non testée : « Luzerne » et « Tournesol ». Des catégories très proches ont été testées mais, pour la faisabilité du test, ils n'ont pas pu être exhaustifs. Nous avons donc sélectionné le modèle « **Trouve ~ Hmoy + OCS + Recou + Hmoy:Recou + 1** », le plus parcimonieux (AIC weight = 0,61). Ce modèle explique la variabilité de l'efficacité de recherche par l'occupation du sol, la hauteur de végétation et le recouvrement de cette dernière. Un facteur d'interaction est également présent au sein du modèle, signifiant que l'effet de la hauteur de la végétation sur la probabilité de découverte varie en fonction du recouvrement.

Tableau 12 : Bilan des tests d'efficacité

Test d'efficacité	Date	Nombre de leurres posés	Nombre de leurres retrouvés	% de leurres retrouvés
N°1	23/03/2022	166	81	48,80%
N°2	26/07/2022	152	131	86,18%
N°3	24/10/2022	66	34	51,52%

Les taux d'efficacité prédits des zones prospectées sont très variables en fonction du recouvrement végétal. Ils sont assez faibles à très bons avec une gamme de valeurs allant de 0,01 au minimum (friche avec repousse de 75 cm de hauteur) à 0,99 au maximum (absence de végétation) suivant les milieux prospectés.

2 Synthèse et analyse des résultats

Comparaison avec les quatre années de suivi :

- ☞ **Les surfaces prospectées** sont plus importantes en 2022 que sur les années précédentes (coefficient correcteur de surface allant de 0,39 à 0,96 en 2022 contre 0,63 à 1 en 2020 et 2021 et 0,48 à 0,93 en 2019). En effet, malgré une occupation du sol difficile à prospecter (friche, céréale et prairie, entre autres, à plus de 30 cm de hauteur de végétation), les parcelles ont pu être prospectées à chaque suivi en grande partie. Cela n'a pas été le cas en 2019, notamment les parcelles plantées en colza, occupation du sol au sein de laquelle il est particulièrement difficile de progresser.
- ☞ **Sur l'année 2020 et 2021, la persistance** des cadavres présente une différence significative pour chaque éolienne entre le premier test et le second test alors que les résultats sont globalement homogènes en 2019 et 2022. Toutefois, malgré cette différence, la persistance globale est relativement proche, entre 2 et 4 jours en moyenne.
- ☞ **L'efficacité de recherche** est moindre en 2022 et 2020 qu'en 2019 et 2021. Cela peut s'expliquer par un plus grand nombre d'occupation du sol testé malgré la difficulté de recherche qu'elles présentaient.

2 Synthèse et analyse des résultats

1.2.2 Estimation de la mortalité

Les calculs d'estimation de mortalité ont été réalisés strictement à partir des cadavres trouvés dans le cadre du protocole de suivi et pour lesquels l'origine de la mort est imputable de façon certaine aux éoliennes.

La probabilité de détection $P(s,f)$ est faible de manière générale (entre 0,03 et 0,22 suivant les méthodes) mais le coefficient surfacique (a) est assez bon (entre 39% et 96% de surfaces prospectées). Par la combinaison des deux, les probabilités globales de détection varient de 0,01 à 0,21, c'est à dire un facteur démultiplicateur moyen de la mortalité observée allant respectivement de 4,73 à 85,47. **En ordre de grandeur, la mortalité probable de chaque éolienne est entre 4 et 86 fois plus importante que celle observée suivant les éoliennes et la méthode d'estimation sélectionnée. De plus, les intervalles de confiance sont de fait plutôt importants (détection globale faible).**

L'éolienne E8 est l'éolienne qui a la plus faible probabilité de détection globale, E6 et E7 ont les probabilités de détection globale les plus fortes.

Tableau 13 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Probabilité détection $P(s,f)$									
Huso (2010)	0,1	0,1	0,11	0,1	0,11	0,21	0,16	0,1	0,13
Erickson et al. (2000)	0,1	0,1	0,11	0,1	0,11	0,22	0,16	0,1	0,13
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,15	0,08	0,03	0,05
Coefficient correcteur de surface a									
Taux surfaces prospectées pondérées par le temps	0,74	0,73	0,79	0,71	0,82	0,96	0,68	0,39	0,65
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$									
Huso (2010)	0,07	0,07	0,09	0,07	0,09	0,20	0,11	0,04	0,08
Erickson et al. (2000)	0,07	0,07	0,09	0,07	0,09	0,21	0,11	0,04	0,08
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,14	0,05	0,01	0,03

Estimation de la mortalité des chiroptères

Rappel : Le protocole national 2018 exige de se baser sur **des formules de calcul internationales afin d'obtenir une estimation standardisée**. Plusieurs méthodes sont donc appliquées pour estimer la mortalité, chacune d'entre elles présentant des points forts et des points faibles. **Les résultats diffèrent de l'une à l'autre, parfois de façon importante**. Ainsi, l'utilisation de plusieurs méthodologies permet de présenter une fourchette de résultats pour prendre en compte ces variations. Il s'agit ici d'estimer les **collisions potentielles sur le parc sur l'année qui diffèrent de celles réellement observées**.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 14 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc des Sources du Mistral sur la période du suivi en 2022

Estimateurs	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	Total parc
Mortalité observée des chiroptères	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 38]	0 [0 ; 38]	0 [0 ; 34]	0 [0 ; 39]	0 [0 ; 31]	0 [0 ; 13]	0 [0 ; 26]	0 [0 ; 74]	11 [1 ; 54]	11
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	0 [0 ; 38]	0 [0 ; 40]	0 [0 ; 33]	0 [0 ; 39]	0 [0 ; 32]	0 [0 ; 12]	0 [0 ; 25]	0 [0 ; 74]	14 [1 ; 53]	14
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	1 [0 ; 124]	1 [0 ; 119]	1 [0 ; 118]	0 [0 ; 135]	0 [0 ; 116]	0 [0 ; 18]	0 [0 ; 58]	3 [0 ; 197]	43 [2 ; 150]	49

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 11 et 49 individus sur la durée du suivi (305 jours). En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 0 à 2 individus au minimum et de 12 à 197 individus au maximum.

Ces résultats font état d'une incertitude importante sur certaines éoliennes, notamment E8 qui est l'éolienne avec la probabilité globale de détection la plus faible. En moyenne, la mortalité par éolienne est estimée de 1,2 à 5,4 chiroptères sur la période de suivi.

La mortalité estimée la plus probable est variable selon l'éolienne.

- L'éolienne E9 présente l'estimation de la mortalité la plus élevée. Selon les modèles, l'estimation de la mortalité causée par cette éolienne représente entre 87 et 100% de la mortalité estimée à l'échelle du parc avec 11 à 43 individus impactés.
- Concernant l'éolienne E8, la mortalité estimée représente à elle seule entre 0 et 6% de la mortalité estimée sur la totalité du parc éolien avec une estimation de 0 à 3 individus tués par cette éolienne.
- Concernant les éoliennes E4 et E5, la mortalité estimée pour chacune d'entre elles représente entre 0 et 2% de la mortalité estimée sur la totalité du parc.
- Les autres éoliennes présentent toutes un taux de mortalité de 0%.

À titre comparatif, selon Rydell et al. (2010), le contexte paysager du site d'implantation influence le taux de mortalité des éoliennes, qui est maximal dans les parcs situés sur le littoral ou sur des crêtes (5-20 individus impactés/éolienne/an), moins important dans des paysages bocagers et agricoles (2-5 chauves-souris impactées/éolienne/an) et encore plus faible dans des plaines agricoles homogènes (0-3 individus impactés/éolienne/an). Le contexte paysager du parc éolien des Sources du Mistral est assimilable à la seconde configuration décrite par cet auteur.

En 2022, la mortalité estimée des chiroptères sur le parc éolien des Sources du Mistral est donc conforme aux chiffres trouvés dans la bibliographie, et ce d'après toutes les formules de calcul de la mortalité estimée.

2 Synthèse et analyse des résultats

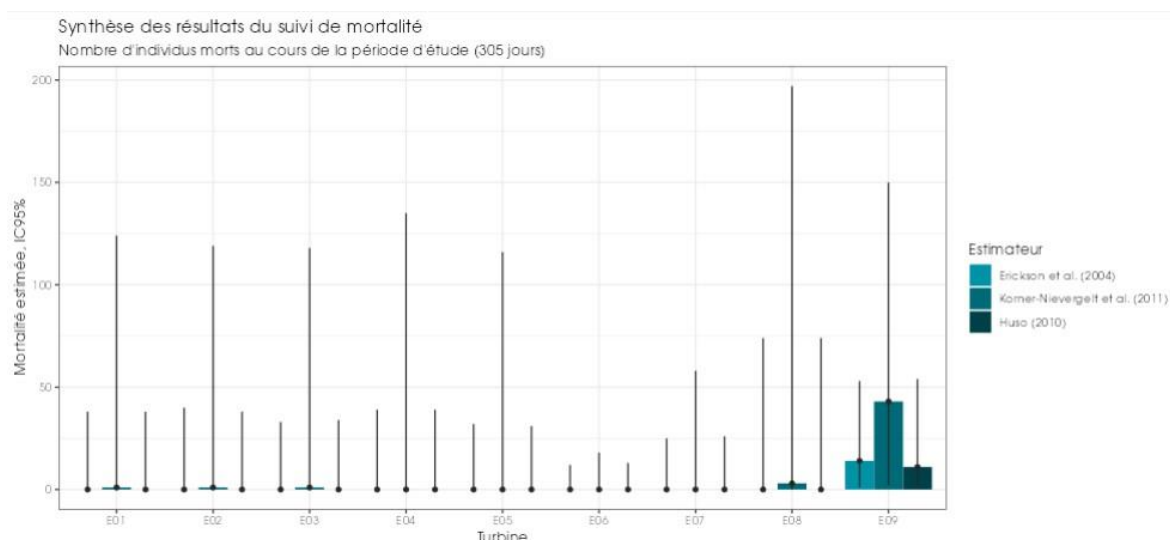


Figure 21 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien des sources du Mistral au cours du suivi de 2022 sur 305 jours

Estimation de la mortalité pour l'avifaune

Rappel : Le protocole national 2018 exige de se baser sur **des formules de calcul internationales afin d'obtenir une estimation standardisée**. Plusieurs méthodes sont donc appliquées pour estimer la mortalité, chacune d'entre elles présentant des points forts et des points faibles. **Les résultats diffèrent de l'une à l'autre, parfois de façon importante**. Ainsi, l'utilisation de plusieurs méthodologies permet de présenter une fourchette de résultats pour prendre en compte ces variations. Il s'agit ici d'estimer les **collisions potentielles sur le parc sur l'année qui diffèrent de celles réellement observées**.

Tableau 15 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc des sources du Mistral sur la période du suivi en 2022

Estimateurs	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	Total parc
Mortalité observée de l'avifaune	4	1	3	3	0	1	2	2	4	20
Huso (2010) [IC 95%]	53 [15 ; 121]	11 [1 ; 62]	37 [9 ; 92]	40 [9 ; 102]	0 [0 ; 31]	5 [1 ; 21]	17 [3 ; 56]	57 [9 ; 158]	52 [13 ; 107]	272
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	50 [18 ; 121]	11 [1 ; 61]	35 [9 ; 91]	40 [9 ; 102]	0 [0 ; 32]	4 [1 ; 20]	18 [4 ; 56]	44 [8 ; 156]	50 [15 ; 107]	252
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	186 [64 ; 252]	44 [2 ; 175]	127 [42 ; 240]	134 [47 ; 244]	0 [0 ; 114]	6 [1 ; 30]	33 [5 ; 120]	163 [45 ; 252]	119 [51 ; 239]	812

Sur l'ensemble du parc éolien la mortalité des oiseaux est estimée entre 272 et 812 individus sur la période étudiée. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés par éolienne sont de 0 à 64 individus au minimum et de 20 à 252 individus au maximum. La mortalité moyenne la plus probable estimée par éolienne est de 2,2 à 90,2 oiseaux sur la période de suivi (305 jours).

2 Synthèse et analyse des résultats

Cette mortalité peut être considérée comme faible toutefois les incertitudes sont importantes suivant les éoliennes.

La mortalité estimée la plus probable est variable entre les éoliennes :

- Les éoliennes E1 et E8 se distinguent fortement des autres éoliennes. Elles représentent à elles seules 37% à 43% de la mortalité estimée sur la totalité du parc avec entre 252 et 812 individus touchés.
- Les éoliennes E3, E4 et E8 représentent à elles trois 46 à 50% de la mortalité estimée sur la totalité du parc avec une estimation de mortalité entre 35 et 163 oiseaux par éolienne.
- Les éoliennes E2, E6 et E7 représentent entre 10 et 13% de la mortalité estimée sur la totalité du parc. Le nombre d'individus touchés par cette éolienne est estimé entre 35 et 134 individus.
- La mortalité probable sur l'éolienne E5 est de 0.

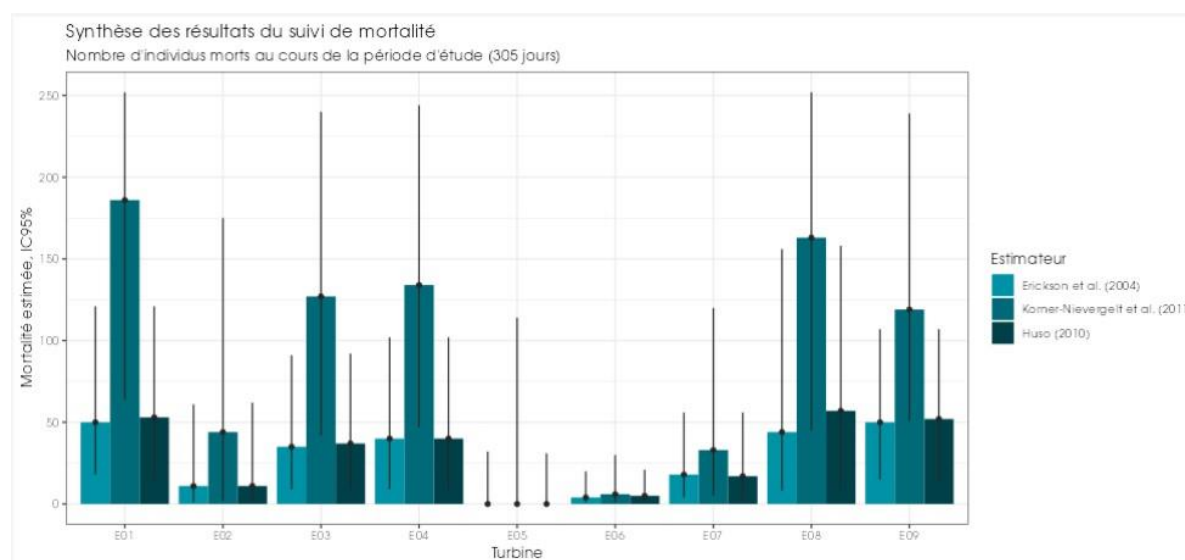


Figure 22 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien des Sources du Mistral au cours du suivi de 2022 sur 305 jours

2 Synthèse et analyse des résultats

Comparaison avec les quatre années de suivi :

☞ La mortalité probable de chaque éolienne en 2019 était entre 3 et 11 fois plus importante que la mortalité observée. Elle était, en 2020, entre 4 et 42 fois plus importante que celle observée. Cette estimation à la hausse est dû à une probabilité de détection plus faible en 2020 qu'en 2019. En 2021, elle était entre 1 à 8 fois plus importante que celle observée, avec une probabilité de détection plus forte qu'en 2020 mais légèrement plus faible qu'en 2019. En 2022, la mortalité probable de chaque éolienne est entre 1 et 81 fois plus importante que la mortalité observée. Cela peut s'expliquer par un coefficient de persistance très faible et un plus grand nombre d'occupation du sol testé malgré la difficulté de recherche qu'elles présentaient.

Mortalité des chiroptères

☞ La mortalité estimée des chauves-souris entre 2019 et 2020 a quasiment quadruplé pour l'estimation haute et l'estimation basse sur la totalité du parc éolien. Cependant en 2022, la mortalité estimée est 5 à 14 fois moins élevée qu'en 2020.

☞ Les éoliennes E9, E8, et E4 présentent une estimation de mortalité notable pour les chauves-souris sur les 2 premières années de suivi :

- L'éolienne E9 présente une estimation de mortalité notable uniquement en 2020 avec une mortalité estimée entre 55 et 88 individus.
- Les éoliennes E4 et E8 présentent des résultats notables surtout en 2019 et 2020. Ils sont plus élevés en 2020 à l'image de la mortalité estimée sur le parc éolien global.
- Ces 3 éoliennes ont ensuite une estimation de mortalité très faible voire nulle en 2021.

☞ Les éoliennes E1, E3 et E7 présentent une estimation de mortalité assez faible pour les chauves-souris sur les 3 années de suivi :

- L'éolienne E1 présente entre 2019 et 2020 une estimation de mortalité proche de 5 individus et aucune mortalité en 2021. Elle est légèrement plus élevée en 2020, à l'image de la mortalité estimée sur le parc éolien.
- L'éolienne E3 présente une légère mortalité avec 4 à 5 chiroptères touchés en 2019, et 1 à 5 touchés en 2021 mais elle est à 0 en 2020.
- L'éolienne E7 présente une mortalité à 0 en 2019 et une estimation entre 6 et 8 individus touchés en 2020 et entre 10 à 16 individus touchés en 2021.

☞ En 2022, E9 est la seule présentant une mortalité, toutes les autres ont une estimation de mortalité de 0 selon la méthode de Huso 2010. Cette estimation de mortalité sur E9 est faible.

2 Synthèse et analyse des résultats

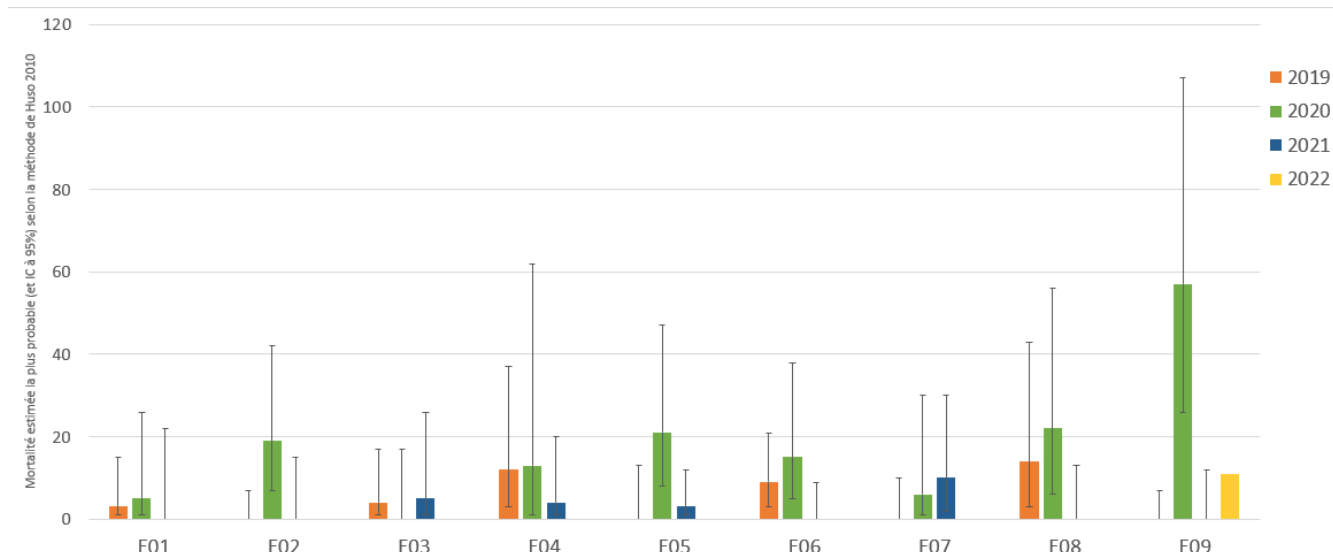


Figure 23 : Comparaison de la mortalité estimée la plus probable (et IC à 95%) pour les chiroptères selon la méthode de Huso 2010 entre les suivis effectués sur 2019, 2020 et 2021

Mortalité des oiseaux

- ☞ La mortalité estimée des oiseaux entre 2019 et 2020 est semblable pour l'estimation basse mais a doublé pour l'estimation haute. En 2021, les estimations de mortalité sont assez similaires à celle des 2020.
- ☞ L'éolienne E4 est la seule éolienne en 2020 à présenter une estimation de mortalité par éolienne supérieure à 10. En 2019, la mortalité sur cette éolienne était estimée à 0, et estimée entre 4 et 5 en 2021.
- ☞ Les éoliennes E7 et E8 sont les seules éoliennes en 2021 à présenter une estimation de mortalité par éolienne supérieure à 10. En 2019 et 2020, la mortalité sur l'éolienne E7 était estimée à 0, et estimée entre 4 et 5 en 2021 alors que sur l'éolienne E8, elle est estimée entre 7 et 11 sur les deux années.
- ☞ En 2022, E1, E3, E4, E7, E8 et E9 présentent des estimations de mortalités importantes, supérieures à 10.
- ☞ Les autres éoliennes du parc des Sources du Mistral en 2022 ne présentent pas d'estimation de mortalité importante

2 Synthèse et analyse des résultats

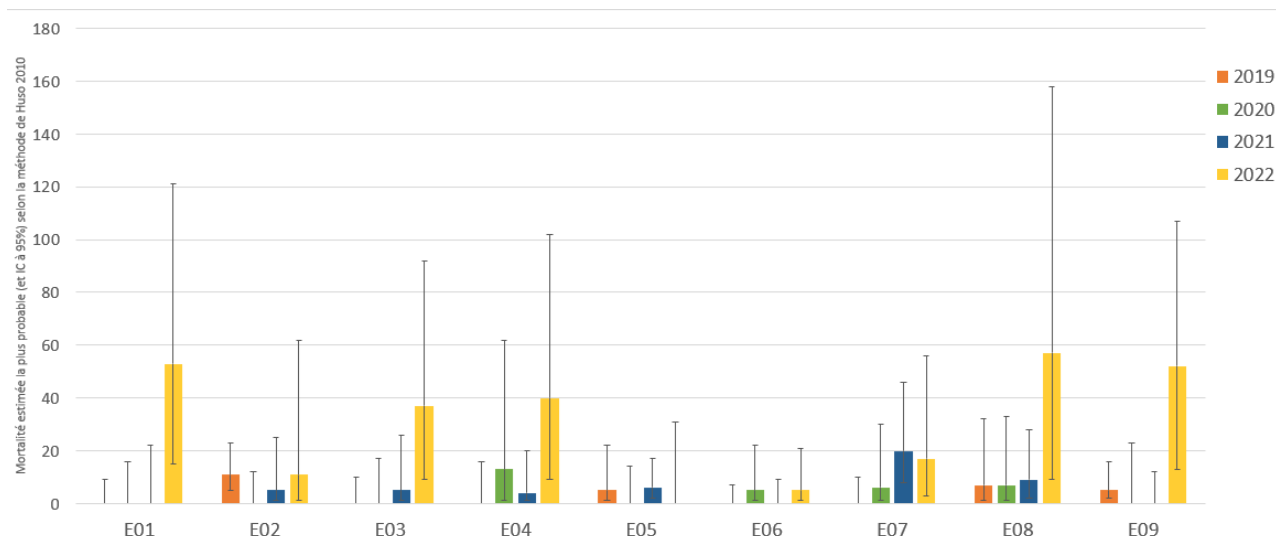


Figure 24 : Comparaison de la mortalité estimée la plus probable (et IC à 95%) pour les oiseaux selon la méthode de Huso 2010 entre les suivis effectués sur 2019, 2020, 2021 et 2022

1.3 Synthèse du suivi de mortalité 2022

Faute de référentiel, il est complexe de conclure et d'évaluer l'impact d'un parc éolien en fonctionnement sur la conservation des espèces d'oiseaux et de chiroptères. Toutefois, en se basant sur la bibliographie et sur les moyennes de mortalité rapportées, un seuil au-delà duquel les estimations de mortalité sont considérées comme significative a été choisi pour cette analyse.

La bibliographie rapporte dans un premier temps que la mortalité peut avoir été constatée sur tous les parcs éoliens étudiés (HARTER, 2015).

Pour les chauves-souris, selon RYDELL et al. (2017), le nombre de chiroptères tués par éolienne et par an est très variable d'un site à l'autre en Europe et semble se situer autour d'une dizaine d'individus, avec parfois des cas particulièrement mortifères pouvant atteindre une mortalité de 100 individus ou plus. En Allemagne, la mortalité des chauves-souris est estimée entre 10 et 12 individus par éolienne et par an (KORNER-NIEVERGELT et al., 2013).

Pour l'avifaune, Gaultier, Marx & Roux (2020) font le bilan de 8 parcs français dont l'estimation de la mortalité la plus probable varie de 0,3 à 18,3 oiseaux par éolienne et par an.

En Champagne-Ardenne, une étude menée sur 18 parcs éoliens donne des résultats de 1 à 3 cadavres par éolienne et par an, sans distinction du groupe et sans correction statistique (HARTER, 2015).

D'après cette analyse bibliographique, une mortalité estimée de 10 individus par éolienne et par an, à la fois pour les chauves-souris et les oiseaux, peut être considérée comme un ordre de grandeur au-delà duquel la mortalité est considérée comme significative.

Le suivi de mortalité mené sur le parc éolien des sources du Mistral entre février et décembre 2022 a permis l'observation de 24 cadavres d'oiseaux (dont 3 observés hors protocole) et de 1

2 Synthèse et analyse des résultats

cadavre de chiroptères. Ce qui revient en moyenne à 2,44 cadavres par éolienne trouvé sur la période de suivi (10 mois : de début février à début décembre).

Certaines espèces touchées sont parmi les plus sensibles à l'éolien (Buse variable, Faucon crécerelle, Alouette des champs et Etourneau sansonnet, Pipistrelle commune) d'autres ne sont pas considérées comme sensible (Mésange bleue, Hibou moyen-duc). Les périodes de détection correspondent pour certaines espèces à de la migration (Alouette des champs, Pipistrelle commune) et pour d'autres à la période de nidification (Alouette des champs également, Faucon crécerelle et Buse variable) ou d'hivernage (Pipit farlouse, Mésange bleue). L'espèce principalement touchée chez les oiseaux est l'Alouette des champs (6 individus). L'espèce la plus touchée chez les chauves-souris est la Pipistrelle commune (1 individu).

Trois tests de persistance des cadavres et trois tests de l'efficacité du chercheur principal ont été réalisés. Leur mise en place ainsi qu'une méthode de suivi très protocolée a permis l'utilisation de tests statistiques (Huso 2010 ; Korner-Nievergelt et al. 2011 ; Erickson et al. 2004) afin de réaliser une estimation du nombre réel d'oiseaux et de chiroptères touchés par le parc éolien.

Concernant les chauves-souris, l'utilisation des formules d'estimation de mortalité amène à estimer une mortalité de l'ordre de 11 à 49 cas de mortalité de chiroptères sur la période de suivi. En moyenne, l'estimation de mortalité la plus probable révèle 1,2 à 5,4 chauves-souris impactées par éolienne sur la période de suivi.

À titre comparatif, selon Rydell et al. (2010), le contexte paysager du site d'implantation influence le taux de mortalité des éoliennes, qui est maximal dans les parcs situés sur le littoral ou sur des crêtes (5-20 individus impactés/éolienne/an), moins important dans des paysages bocagers et agricoles (2-5 chauves-souris impactées/éolienne/an) et encore plus faible dans des plaines agricoles homogènes (0-3 individus impactés/éolienne/an). Le contexte paysager du parc éolien des Sources du Mistral est assimilable à la seconde configuration décrite par cet auteur.

En 2022, la mortalité estimée des chiroptères sur le parc éolien des Sources du Mistral est donc conforme aux chiffres trouvés dans la bibliographie, et ce d'après toutes les formules de calcul de la mortalité estimée.

Concernant l'avifaune, une mortalité de l'ordre de 272 à 812 cas de mortalité d'oiseaux a été observée sur la période de suivi. En moyenne la mortalité par éolienne est potentiellement de 30,2 à 90,2 oiseaux.

2 Facteurs d'impact et mesures correctives analysés sur les données des suivis de mortalité et de migration entre 2019 et 2022

2.1 Analyse croisée avec l'étude d'impact

Le tableau ci-dessous fait le bilan des espèces identifiées dans l'étude d'impact comme étant susceptibles d'être impactées par le projet ainsi que des espèces découvertes durant la réalisation du suivi mortalité de 2019, 2020 et 2021.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 16 Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité

Espèce	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial	Cas de mortalité				Analyse comparative
		2019	2020	2021	2022	
Oiseaux						
Martinet noir	Risque modéré à fort en période de migration postnuptiale / aucune observation	3	1	0	0	Le risque en période de migration postnuptiale était bien identifié lors de l'étude d'impact sans pouvoir être quantifié puisqu'aucun individu n'avait été observé. Le suivi de mortalité confirme la présence de cette espèce au niveau du site en période de migration et le risque de collision important (2^e espèce la plus touchée en France par l'éolien). Découverte les 2 premières années de suivi, le risque de collision pour cette espèce était modéré à fort en période de migration postnuptiale. En 2021 et 2022 aucun nouveau cas n'a été identifié. La mise en place du bridage pour les chauves-souris (de nuit en condition météo favorable au vol) peut avoir un impact positif sur la réduction du risque de collision avec cette espèce migratrice nocturne.
Roitelet triple-bandeau	Risque modéré de collision en période de migration postnuptiale / aucune observation	1	3	1	0	Peu observé sur le secteur du parc éolien, elle reste une des espèces les plus touchées par les parcs éoliens en France. Il s'agit d'après la bibliographie d'une espèce particulièrement touchée en période de migration. Cela se vérifie sur le parc éolien des Sources du Mistral. Le risque de collision pour cette espèce est modéré à fort en période de migration postnuptiale. Comme pour le Martinet noir, le bridage nocturne pour les chauves-souris, peut avoir un impact positif sur la réduction du risque de collision avec cette espèce migratrice nocturne. En 2022, aucun individu n'a été retrouvé.
Gobemouche noir	Risque modéré de collision en période de migration postnuptiale / aucune observation	1	0	0	0	De même que le Roitelet à triple bandeau, cette espèce est peu observée sur le secteur du parc éolien. Aucun cas de collision n'est observé depuis 2020. Le risque de collision pour cette espèce est donc jugé très faible sur le parc éolien des sources du Mistral.
Milan noir	Risque fort de collision en migration / 2 individus en migration prénuptiale	1	0	1	1	Bien qu'observée uniquement en période de migration prénuptiale lors de l'étude d'impact, celle-ci identifie bien le risque de collision accrue pour les grands voiliers en migration postnuptiale. Aucun cas de mortalité n'a été identifié en période postnuptiale en 2019 et aucun cas sur toute la durée du suivi en 2020. Il faut noter la mise en place d'un système de bridage expérimental sur le parc éolien en août 2020 pour le Milan royal qui cible également le Milan noir. Les cas de mortalité ont été détecté respectivement en période nuptiale et en période postnuptiale à une période où le système avait été désactivé. Le risque de collision est considéré comme faible avec le bridage en période de migration.

2 Synthèse et analyse des résultats

Espèce	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial	Cas de mortalité				Analyse comparative
		2019	2020	2021	2022	
Milan royal	Risque fort de collision en migration postnuptiale / faible passage mais observation d'un rush courant octobre (5 individus)	3	0	0	0	Le risque de collision pour cette espèce était bien mis en évidence dans l'étude d'impact. Le suivi de mortalité a confirmé ce risque en 2019. Aucun cas de mortalité n'a été détecté en 2020, ni en 2021. Le système de bridage mis en place depuis la migration postnuptiale 2020 semble avoir un impact positif sur la réduction du risque de collision pour cette espèce. Le risque de collision est donc jugé négligeable et non notable pour la conservation de l'espèce.
Pouillot véloce	Risque modéré de collision en période de migration postnuptiale / Une dizaine de couples en période de nidification et une dizaine d'individus en migration pré-nuptiale (passage faible en postnuptiale)	1	0	0	1	Cette espèce est présente toute l'année sur le site du parc éolien mais présente une sensibilité faible au risque de collision. L'absence de cas de mortalité détecté en 2020 et 2021, et un seul cas détecté en 2019 et en 2022, permet de conclure à un risque de collision faible pour cette espèce sur le parc éolien des sources du Mistral.
Alouette des champs	Risque faible / Une dizaine de couples en période de nidification et une vingtaine d'individus en migration pré-nuptiale (passage faible en postnuptiale)	0	1	3	5	Cette espèce est présente toute l'année sur le site du parc éolien et en nombre important. Elle n'est toutefois pas notée dans l'étude d'impact comme une espèce présentant une forte sensibilité à l'éolien. Etant donné la présence importante de l'espèce sur le secteur du parc éolien et de la récurrence des cas de mortalité, le risque de collision est jugé moyen.
Mésange bleue	Risque faible / espèce présente à l'année avec 1 à 6 individus. Dont environ 3 couples potentiels.	0	0	1	1	Cette espèce est présente toute l'année sur le site du parc éolien mais présente une sensibilité faible au risque de collision. L'absence de cas de mortalité détecté en 2019 et 2020 et un seul cas détecté en 2021 et 2022 permet de conclure à un risque de collision très faible pour cette espèce sur le parc éolien des sources du Mistral.
Alouette lulu	Risque faible / espèce présente à l'année avec 1 à 3 individus. Dont 1 couple potentiel.	0	0	1	0	Cette espèce est présente toute l'année sur le site du parc éolien mais présente une sensibilité faible au risque de collision. L'absence de cas de mortalité détecté en 2019 et 2020 permet de conclure à un risque de collision très faible pour cette espèce sur le parc éolien des sources du Mistral.
Epervier d'Europe	Risque faible / espèce observée en migration et en nidification avec un couple potentiel mais considéré comme peu probable au regard du faible nombre de contact	0	0	1	0	Peu d'individus sont observés sur le site pour cette espèce mais sur toutes les saisons. Il est donc considéré comme présent à l'année. L'espèce présente une sensibilité faible au risque de collision. L'absence de cas de mortalité détecté en 2019 et 2020 permet de conclure à un risque de collision très faible pour cette espèce sur le parc éolien des sources du Mistral.

2 Synthèse et analyse des résultats

Espèce	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial	Cas de mortalité				Analyse comparative
		2019	2020	2021	2022	
	lors du diagnostic.					
Pigeon ramier	Risque faible / espèce principale en migration, elle est présente sur le site à l'année.	0	0	1	0	Cette espèce est présente toute l'année et représente l'espèce principale en migration. Elle présente une sensibilité faible au risque de collision. L'absence de cas de mortalité détecté en 2019 et 2020 permet de conclure à un risque de collision très faible pour cette espèce sur le parc éolien des sources du Mistral.
Buse variable	Risque faible à modéré, espèce présente sur le site toute l'année	0	0	0	4	Cette espèce est présente toute l'année et représente une des espèces principales en migration. Elle présente une sensibilité forte au risque de collision. L'absence de cas de mortalité détecté en 2019, 2020 et 2021 permet de conclure à un risque de collision faible pour cette espèce sur le parc éolien des sources du Mistral.
Faucon crécerelle	Risque faible à modéré, espèce présente principalement en période nuptiale	0	0	0	3	Peu d'individus sont observés sur le site pour cette espèce sur toutes les saisons, aucun individu observé en saison hivernale. L'espèce présente une sensibilité forte au risque de collision. L'absence de cas de mortalité détecté en 2019, 2020 et 2021 permet de conclure à un risque de collision très faible pour cette espèce sur le parc éolien des sources du Mistral.
Chiroptères						
Pipistrelle commune	Risque moyen de collision / 80% des contacts de chiroptères, 6 gîtes identifiés à proximité	3	2	1	1	L'espèce était identifiée sur le site en grand nombre dû à la présence de gîtes à proximité. Seul, un risque moyen de collision en période de chasse avait été identifié. Le suivi de mortalité a permis d'identifier un risque fort pour l'espèce, notamment en période de transit (pré et post hibernation) lorsque les individus ont une forte activité et volent à une altitude plus importante ainsi que sur les éoliennes E4 et E8 sur les éoliennes présentant une proximité importante avec les boisements. Suite à la mise en place du bridage, la mortalité des chauves-souris a diminué significativement pour des taux d'activité similaires voire plus importants. Le risque de collision est donc considéré comme faible.
Pipistrelle de Kuhl	Pas d'indication / effectif faible	3	2	1	0	Les faibles effectifs contactés lors de l'étude d'impact n'ont pas permis de quantifier le risque. Toutefois, il s'agit d'une espèce assez sensible à l'éolien (écologie et comportement similaire à la Pipistrelle commune), le suivi de mortalité permet de mettre en évidence la présence de cette espèce en période et un risque fort de collision en période de migration automnale. Suite à la mise en place du bridage, la mortalité des chauves-souris a diminué significativement pour des taux d'activité similaires voire plus importants. Le risque de collision est donc considéré comme faible.

2 Synthèse et analyse des résultats

Espèce	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial	Cas de mortalité				Analyse comparative
		2019	2020	2021	2022	
Noctule de Leisler	Risque faible de collision / effectif faible	1	8	2	0	Cette espèce est une des plus sensible à l'éolien toutefois elle avait été identifiée en très faible nombre lors de l'étude d'impact. Le risque de collision était donc considéré comme faible. Avec neuf individus trouvés lors du suivi de mortalité 2019 et 2020 le risque de collision a été jugé fort. Suite à la mise en place du bridage, la mortalité des chauves-souris a diminué significativement pour des taux d'activité similaires voire plus importants. Le risque de collision est donc considéré comme faible.
Noctule commune	Risque faible de collision / non contactée sur l'aire d'étude	0	1	0	0	Cette espèce est une des plus sensibles à l'éolien toutefois elle n'avait pas été identifiée lors de l'étude d'impact. Le risque de collision était donc considéré comme faible. Avec 1 seul individu trouvé lors du suivi de mortalité 2020 le risque de collision est jugé faible. Suite à la mise en place du bridage, la mortalité des chauves-souris a diminué significativement pour des taux d'activité similaires voire plus importants. Le risque de collision est donc considéré comme négligeable et non notable pour la conservation de l'espèce.

De manière générale, l'étude d'impact de 2011 avait relevé un risque modéré à fort pour l'avifaune, principalement en période de migration postnuptiale (grands voiliers et passereaux type martinets/hirondelles) et un risque faible à moyen pour les chiroptères, principalement pour les Pipistrelles communes dont plusieurs gîtes avaient été identifiés à proximité.

Le suivi de mortalité a confirmé le risque identifié pour les oiseaux en période de migration, notamment pour le Milan royal (3 individus découverts en migration postnuptiale 2019), le Martinet noir et le Roitelet triple-bandeau.

La mise en place du bridage pour le Milan royal a permis une réduction du risque de collision pour cette espèce. Conclusion appuyée par l'absence de nouveau cas de mortalité depuis sa mise en place en septembre 2020.

Il a également confirmé le risque pour la Pipistrelle commune et la présence d'un risque important pour la Pipistrelle de Kuhl et la Noctule de Leisler. Ce risque semble particulièrement important en période de sortie et d'entrée en hivernage, lorsque les individus sont les plus actifs et se déplacent sur de plus grandes distances et à de plus hautes altitudes. Ce risque semble également hétérogène d'une année à l'autre, particulièrement pour la Noctule de Leisler.

La mise en place du bridage en 2021 a permis une réduction significative de la mortalité des chauves-souris et aucun nouveau cas de mortalité de la Noctule commune n'est identifié. Les risques de collision pour les espèces de ce groupe sont donc considérés faibles à très faibles.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.2 Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères

Rappels :

En 2019, les enregistrements acoustiques en nacelle ont été réalisés au niveau de l'éolienne **E3 et E8** entre le 06 mai 2019 et le 14 novembre 2019. Le nombre de nuits d'enregistrement des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de **193 nuits par éolienne**. Le suivi de mortalité réalisé entre le 14 mai et le 07 octobre a permis de découvrir 10 chiroptères au niveau de différentes éoliennes. Plusieurs cas de mortalité ont été observés au niveau des éoliennes E3 et E8.

En 2020, les enregistrements acoustiques en nacelle ont été réalisés au niveau de l'éolienne **E4 et E7** entre le 20 mai 2020 et le 4 novembre 2020. Le nombre de nuits d'enregistrement des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de **169 nuits par éolienne**. Le suivi de mortalité réalisé entre le 14 mai et le 20 novembre a permis de découvrir 24 chiroptères au niveau de différentes éoliennes. Des cadavres ont été découverts sous toutes les éoliennes, exceptée la E3.

En 2021, les enregistrements acoustiques en nacelle ont été réalisés au niveau de l'éolienne **E2 et E9** entre le 13 mars 2021 et le 25 novembre 2021. Le nombre de nuits d'enregistrement des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de **258 nuits par éolienne**. Le suivi de mortalité réalisé entre le 4 février et le 25 novembre a permis de découvrir 5 chiroptères au niveau de différentes éoliennes (E3, E4, E5, E7).

En 2022, les enregistrements acoustiques en nacelle ont été réalisés au niveau de l'éolienne **E5 et E7** entre le 9 mars et le 9 novembre 2022. Le nombre de nuits d'enregistrement des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de **245 nuits par éolienne**. Le suivi de mortalité réalisé entre le 3 février et le 5 décembre a permis de découvrir 1 chiroptère au niveau de l'éolienne E9.

En 2019 :

☞ La phénologie des découvertes de cadavres et celle de l'activité acoustique ne semblaient pas vraiment concorder. Les découvertes de cadavres avaient eu lieu tout au long de la période avec un pic sur fin mai début juin, tandis que sur les deux éoliennes le pic d'activité acoustique était observé sur le mois d'août.

En 2020 :

☞ La phénologie des découvertes de cadavres et celle de l'activité acoustique concordent. Les découvertes de cadavres avaient eu lieu dans un premier temps fin juillet / début août et concerneraient principalement les Pipistrelles, en concordance avec un pic d'activité en altitude. Dans un second temps, un pic de mortalité avait eu lieu à l'automne et concernait des espèces migratrices telle que la Noctule de Leisler et concordait avec un pic d'activité de ces espèces.

En 2021 :

2 Synthèse et analyse des résultats

☞ La phénologie des découvertes de cadavres et celle de l'activité acoustique concordent sauf pour la période printanière. Le premier cadavre concerne une Noctule de Leisler au début du mois d'avril, période à laquelle cette espèce a été le moins observée en altitude. La seconde période de mortalité concerne les pipistrelles entre juin et fin août, cela correspond à la période de forte activité de ce groupe d'espèces qui est installé localement. La troisième période de mortalité à lieu l'automne et concerne uniquement un cadavre de Noctule de Leisler, espèce migratrice, et est en accord avec la fin du pic d'activité acoustique enregistré en nacelle.

En 2022 :

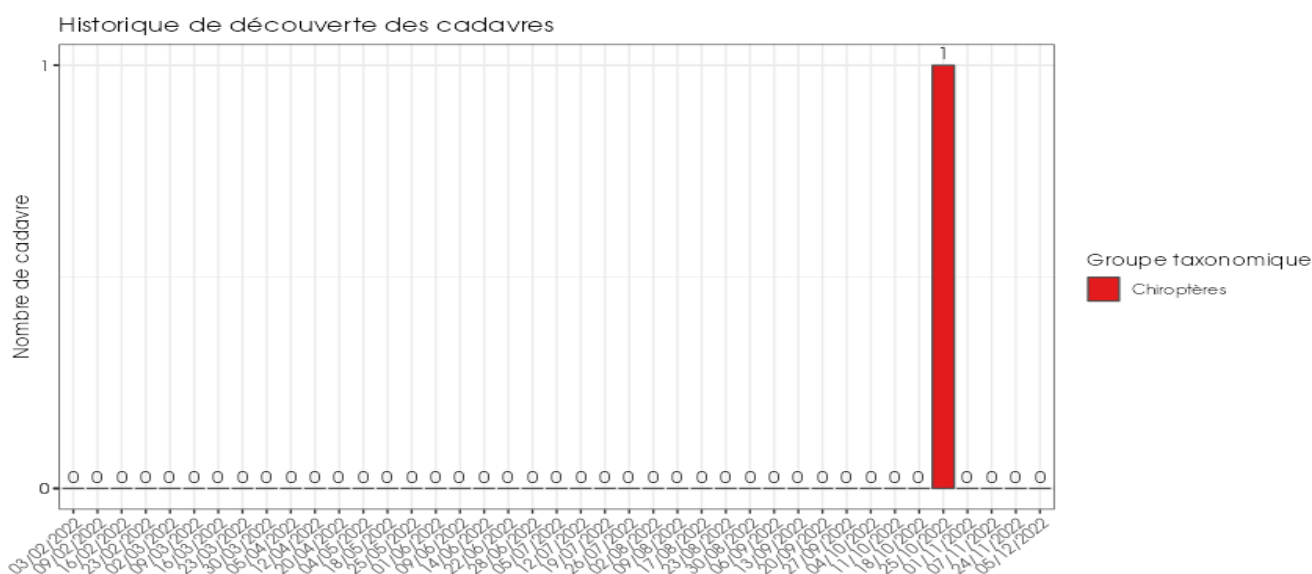


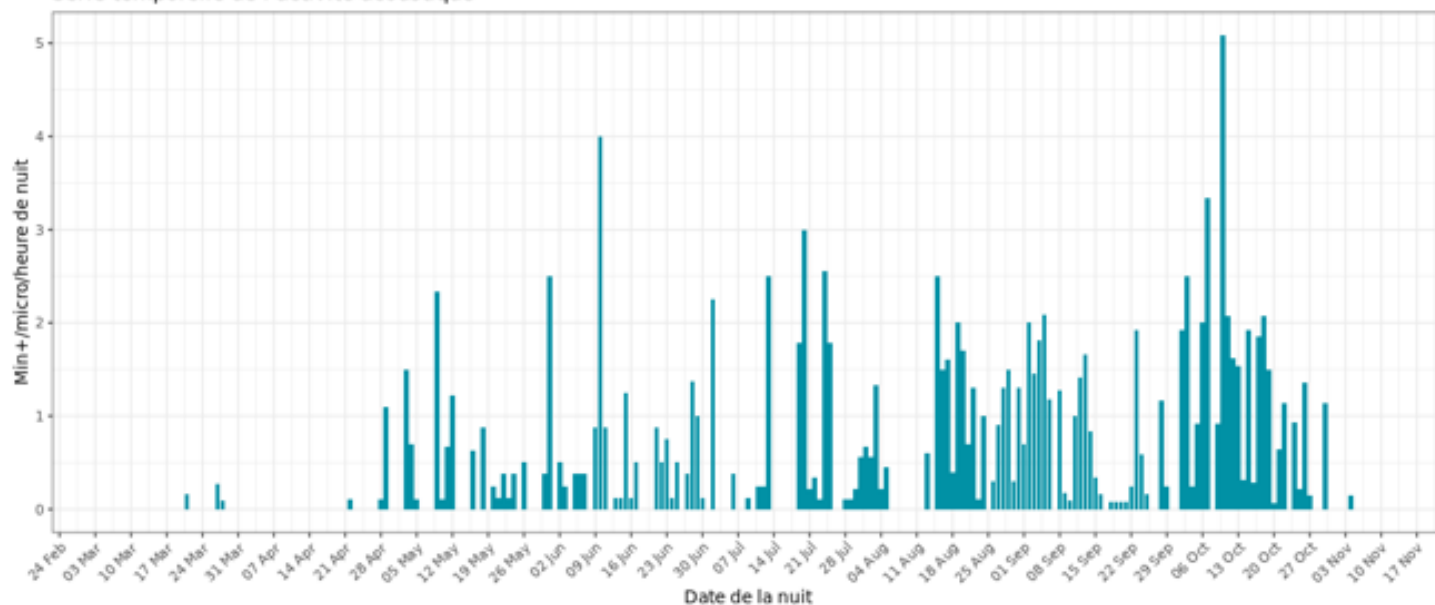
Figure 25 : Nombre de cadavres de chauves-souris trouvés par passage sur le parc éolien des Sources du Mistral en 2022

Le nombre global de cadavres de chiroptères découverts durant le suivi de mortalité a été faible ($n = 1$). Le seul cadavre a été découvert en fin de période de migration automnale et concerne une Pipistrelle commune.

2

Synthèse et analyse des résultats

Série temporelle de l'activité acoustique



Série temporelle de l'activité acoustique

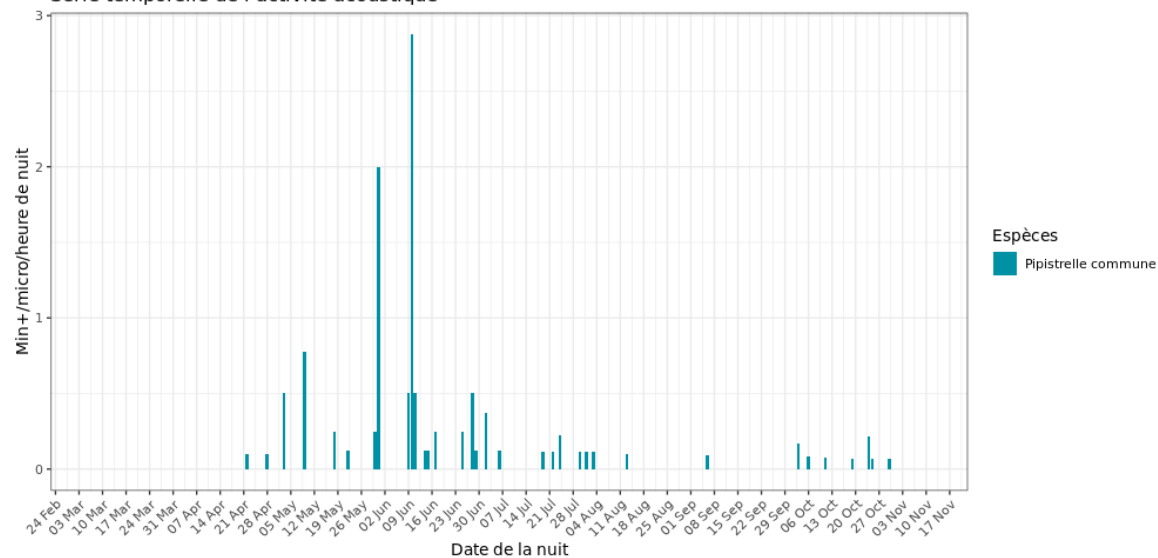


Figure 26 : Éolienne E5 - Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues (en haut) et filtré sur la Pipistrelle commune (en bas) en 2022.

2

Synthèse et analyse des résultats

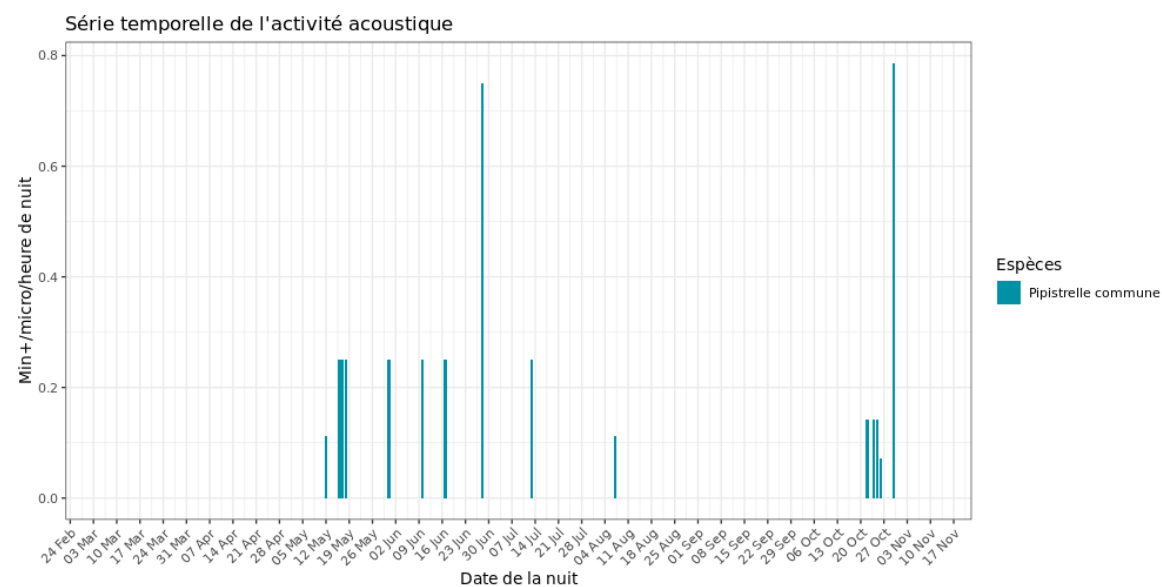
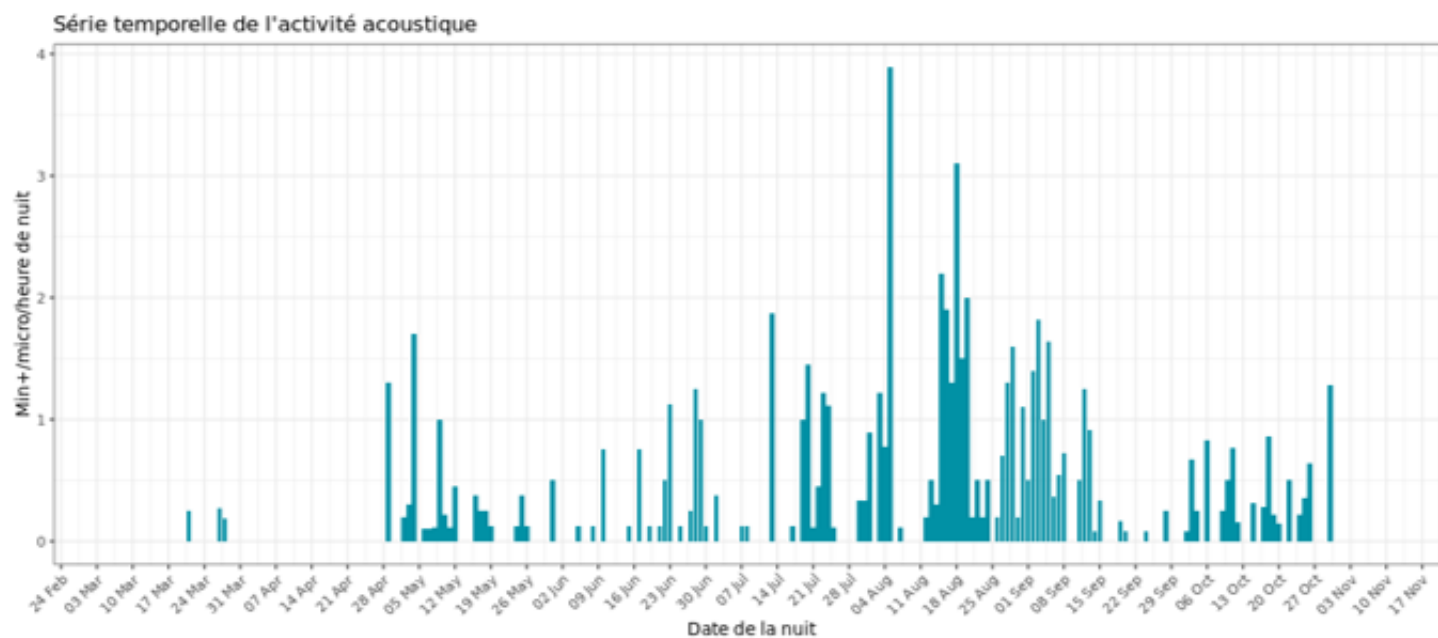


Figure 27 : Éolienne E5 - Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues (en haut) et filtré sur la Pipistrelle commune (en bas) en 2022.

2 Synthèse et analyse des résultats

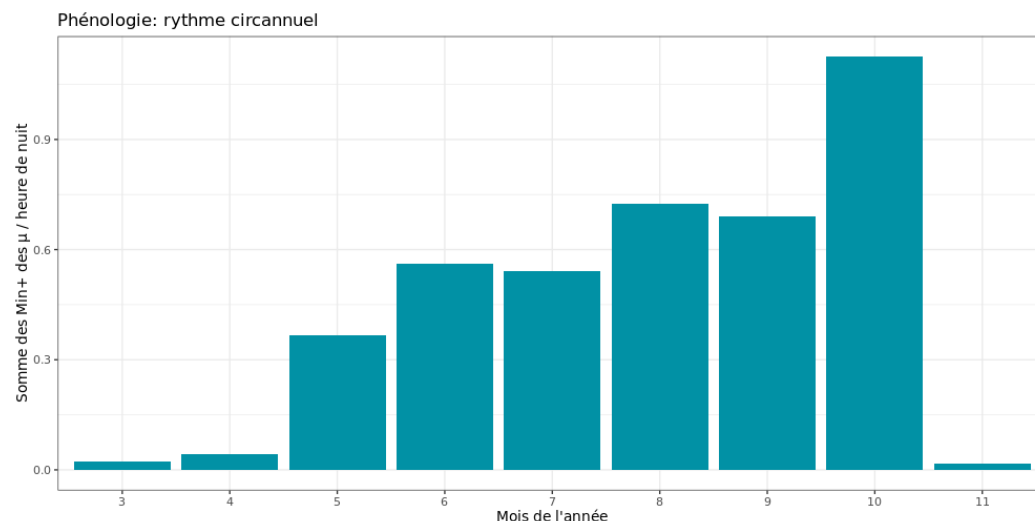


Figure 29 : Éolienne E5 - Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, toutes espèces confondues, durant la période de réalisation du suivi mortalité en 2022.

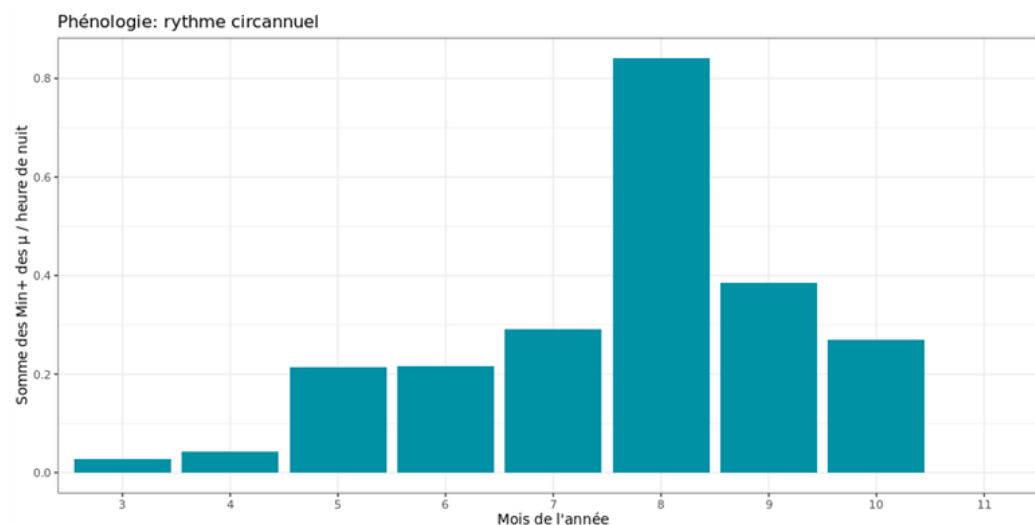


Figure 29 : Éolienne E7 - Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, toutes espèces confondues, durant la période de réalisation du suivi mortalité en 2022

2 Synthèse et analyse des résultats

Toutes espèces confondues, on observe une variation de l'activité au cours des différents mois. Cette variation est globalement identique au niveau des deux éoliennes. Sauf pour le mois d'octobre où l'activité est plus importante sur l'éolienne E5.

Sur l'éolienne E7, l'activité augmente progressivement au cours de la période d'activité pour atteindre un pic en août. Sur l'éolienne E5, l'activité est élevée dès le mois de mai et augmente tout de même jusqu'en août pour atteindre un second pic d'activité en octobre.

L'analyse des données par espèce montre également les mêmes tendances d'activité que ce soit au niveau de l'éolienne E5 ou E7. La phénologie des découvertes de cadavres et celle de l'activité acoustique sont assez différentes. Le seul cadavre concerne une Pipistrelle commune fin octobre, une des périodes où cette espèce a été le moins observée en altitude.

Comparaison 2019-2022 :

☞ Contrairement à 2019 et 2022, la mise en parallèle de l'activité acoustique et de la mortalité correspond en 2020 et 2021. La Pipistrelle commune ayant une population locale, elle est sensible à la collision tout au long de la période d'activité.

2.2.1 Comparaison des cortèges d'espèces détectées lors des suivis mortalité et acoustique

En 2019 :

☞ Les deux principales espèces contactées lors des suivis en altitude de 2019 correspondaient à deux des espèces contactées lors des suivis mortalité. Il s'agissait de la Noctule de Leisler et de la Pipistrelle commune. La Pipistrelle de Kuhl avait été peu contactée lors des suivis en altitude.

En 2020 :

☞ Quatre espèces et quatre groupes d'espèces avaient été identifiés lors du suivi mortalité. Les deux principales espèces contactées lors des suivis en altitude de 2020 correspondaient à deux des espèces contactées lors des suivis mortalité. Il s'agissait de la Noctule de Leisler et de la Pipistrelle commune. Les Pipistrelles de Kuhl / Nathusius avait été peu contactée lors des suivis en altitude.

En 2021 :

☞ Trois espèces de chauves-souris et un groupe d'espèces ont été identifiés lors du suivi mortalité. Les deux principales espèces contactées lors des suivis en altitude de 2021 correspondaient à deux des espèces contactées lors des suivis mortalité. Il s'agissait de la Noctule de Leisler et de la Pipistrelle commune. Les Pipistrelles de Kuhl / Nathusius avait été peu contactée lors des suivis en altitude.

2 Synthèse et analyse des résultats

En 2022 :

Une seule espèce de chauves-souris a été identifiée lors du suivi mortalité, il s'agit de la Pipistrelle commune (n = 1).

Pour le suivi acoustique, certains contacts, n'offrant pas la possibilité d'identifier l'espèce avec certitude, ont été rattachés à des groupes d'espèces :

- Le groupe « Sérotules » regroupant la Sérotine commune, la Noctule commune et la Noctule de Leisler. Ces espèces sont très proches acoustiquement et ne peuvent être différenciées que dans certaines conditions de vol ;
- Le groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius : ces espèces sont souvent difficilement identifiables avec certitude acoustiquement et seules certaines conditions de vol permettent de faire cette différence.

Les tableaux ci-après présentent le nombre de contacts obtenus par espèce lors des expertises :

Un contact est équivalent à une séquence d'enregistrement de cinq secondes.
La minute positive correspond au nombre de minutes au cours desquelles il y a eu au moins un contact de 5 s de chauves-souris.

Tableau 17 : Nombre de minutes positives et proportion obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces et en altitude au niveau des éoliennes E5 et E7

Nom vernaculaire / Nom scientifique	Éolienne E5		Éolienne E7	
	Nombre de minutes positives totales	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Nombre de minutes positives totales	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)
Grand Murin	0	-	2	0,3%
Grande Noctule	2	0,15%	0	0,0%
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	22	1,63%	52	7,2%
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	1057	78,35%	550	76,5%
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	6	0,44%	2	0,3%
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	100	7,41%	40	5,6%
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	5	0,37%	0	0,0%
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius	75	5,56%	24	3,3%
Groupe Sérotine indéterminées / Noctules indéterminées	82	6,08%	49	6,8%
Total	1349	100,00%	719	100,0%

2 Synthèse et analyse des résultats

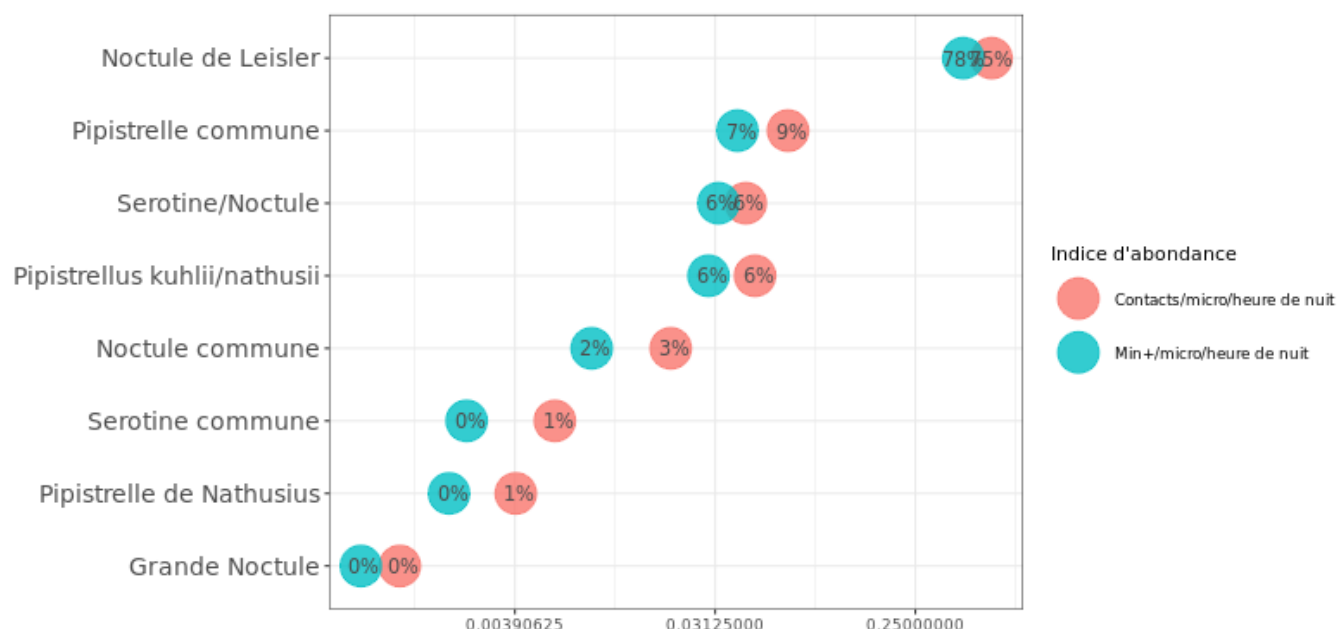


Figure 30 : Représentativité des espèces et groupes d'espèces contactés sur l'éolienne E5 (n = 1 893 contacts de 5 sec. et 1 349 min. pos.)

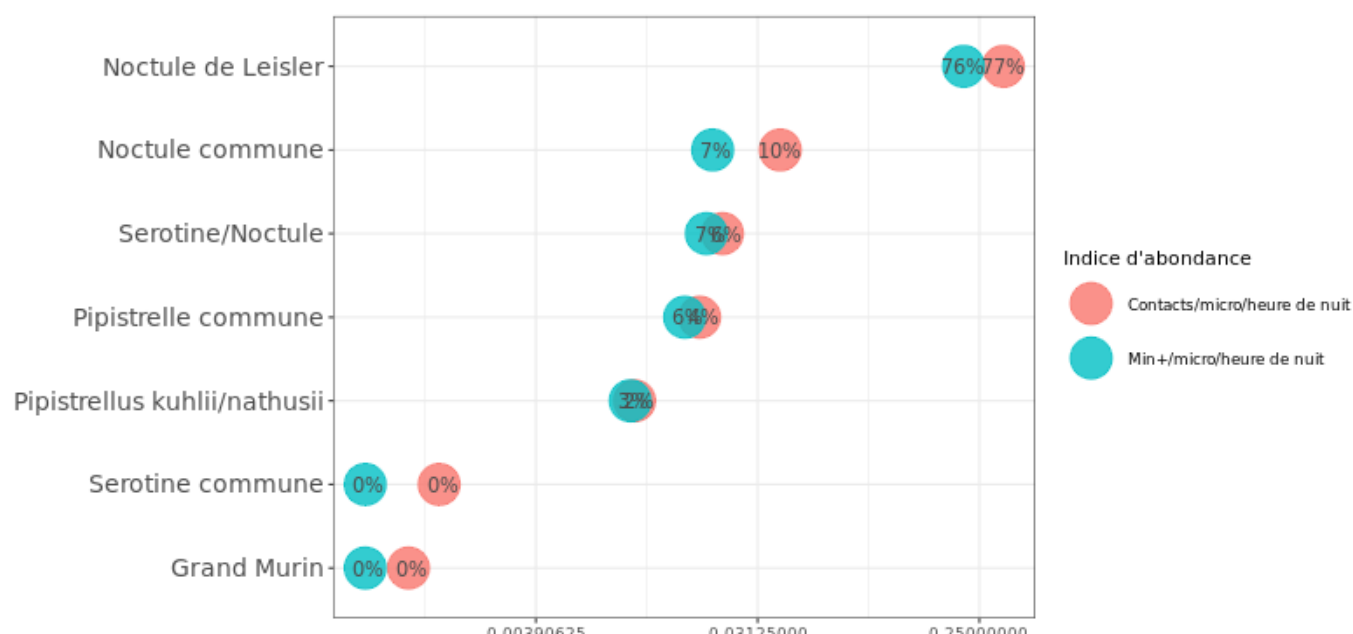


Figure 31 : Représentativité des espèces et groupes d'espèces contactés sur l'éolienne E7 (n = 1 030 contacts de 5 sec. et 719 min. pos.)

L'analyse réalisée montre une différence d'activité entre les deux éoliennes. Le nombre de contact est plus élevé sur l'éolienne E5 passant de 2,9 Min. Pos. / nuit à 5,5 Min. Pos. / nuit. Ceci s'explique par la présence de lisère proche au niveau de l'éolienne E5. L'espèce majoritairement présente est la Noctule de Leisler concernant les deux éoliennes suivies. Cependant, la proportion de Pipistrelle commune et du groupe des Pipistrelle de Kuhl / de Nathusius diffère. Leur abondance est plus élevée sur l'éolienne E5 ce qui peut s'expliquer par la présence d'un boisement à proximité directe, faisant de l'espace aérien une zone de chasse pour ces espèces.

2 Synthèse et analyse des résultats

L'abondance de la Noctule commune est plus élevée sur E7. L'espèce est connue pour migrer en plein ciel, l'éolienne E7 est située en milieu ouvert.

Quelle que soit l'éolienne, la composition des cortèges d'espèces en altitude sont sensiblement identiques. Les deux espèces les plus fréquentes sur les éoliennes suivies sont la Noctule de Leisler et la Pipistrelle commune.

- La Pipistrelle commune **est bien présente avec 6 à 7% du total des minutes positives obtenues (en fonction de l'éolienne)**. C'est la seconde espèce la plus abondante concernant les deux éoliennes. Cette espèce vole régulièrement en altitude et fait partie des espèces les plus régulièrement découverte au cours des suivis mortalités.

Eolienne E5 :

Sur l'ensemble de la période d'enregistrement effectuée dans le cadre de cette étude, **1 893 minutes positives** de chiroptères ont été enregistrées au niveau de la nacelle de l'éolienne E5 du parc de Sacquenay, sur un total de 245 nuits d'échantillonnage. On obtient **une moyenne d'environ 5,5 minutes positives par nuit**.

Eolienne E7 :

Sur l'ensemble de la période d'enregistrement effectuée dans le cadre de cette étude, **719 minutes positives** de chiroptères ont été enregistrées au niveau de la nacelle de l'éolienne E7 du parc de Sacquenay, sur un total de 245 nuits d'échantillonnage. On obtient **une moyenne d'environ 2,9 minutes positives par nuit**.

Comparaison 2019-2022 :

☞ La composition des cortèges d'espèces est équivalente pour les suivis réalisés pendant les quatre années. En cumulé des deux éoliennes suivies par année, La Noctule de Leisler reste dominante avec une très forte augmentation de son activité depuis 2021. La seconde espèce la plus abondante est la Pipistrelle commune qui fluctue suivant les années. La Noctule commune après avoir baissée en activité après 2020 commence à ré-augmenter. Les Pipistrelles de Kuhl et de Nathusius après avoir augmenté légèrement pendant les trois premières années de suivi montrent une activité plus faible en 2022. En parallèle, le premier cadavre de Noctule commune a été trouvé sur le parc en 2020, aucun autre cadavre de cette espèce n'a été trouvé depuis.

☞ En 2022, le nombre de cadavre découvert continu de diminuer alors que le nombre de contact est aussi important qu'en 2021.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.2.2 Phénologie des contacts pour les espèces retrouvées lors du suivi mortalité

Groupe des pipistrelles

En 2019 :

- ☞ Pour la Pipistrelle commune, l'activité est principalement concentrée sur la fin du mois de mai-début juin et sur les mois d'août et septembre.
- ☞ L'activité du groupe pipistrelle de Kuhl / de Nathusius était sensiblement identique à celle de la Pipistrelle commune, quelques soit l'éolienne.

En 2020 :

- ☞ Pour la Pipistrelle commune, l'activité est principalement concentrée sur la période estivale (juin-juillet) et en début de nuit.
- ☞ L'activité du groupe pipistrelle de Kuhl / de Nathusius était concentré sur la période de migration automnale, le reste des contacts était réparti ponctuellement sur la période d'écoute, quelques soit l'éolienne.

En 2021 :

- ☞ La Pipistrelle commune est active principalement entre août et septembre. Elle est tout de même bien présente en période estivale, notamment sur l'éolienne E9 où l'on observe un premier pic d'activité.

En 2022 :

La Pipistrelle commune est active principalement entre mai et juin puis sur l'éolienne E5 en octobre. Elle est tout de même assez présente en période estivale comme le montrent les graphiques ci-dessous.

2 Synthèse et analyse des résultats

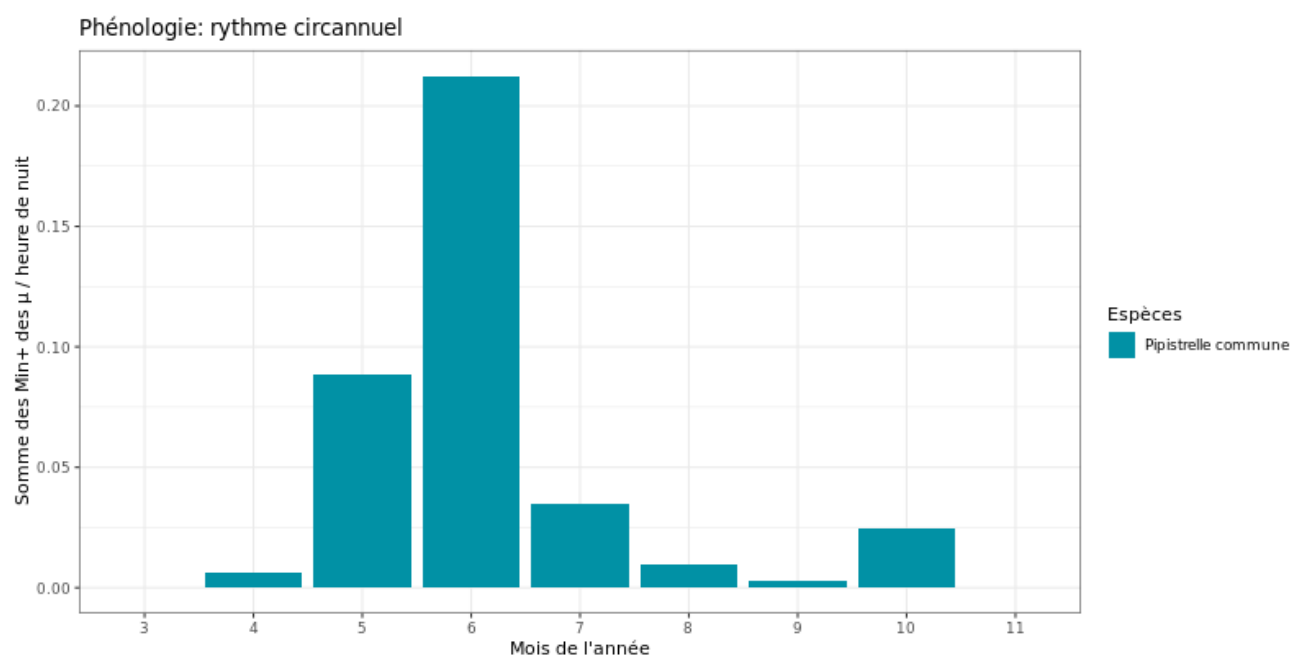


Figure 32 : Eolienne E5 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour la Pipistrelle commune, durant les différents mois de mars à novembre

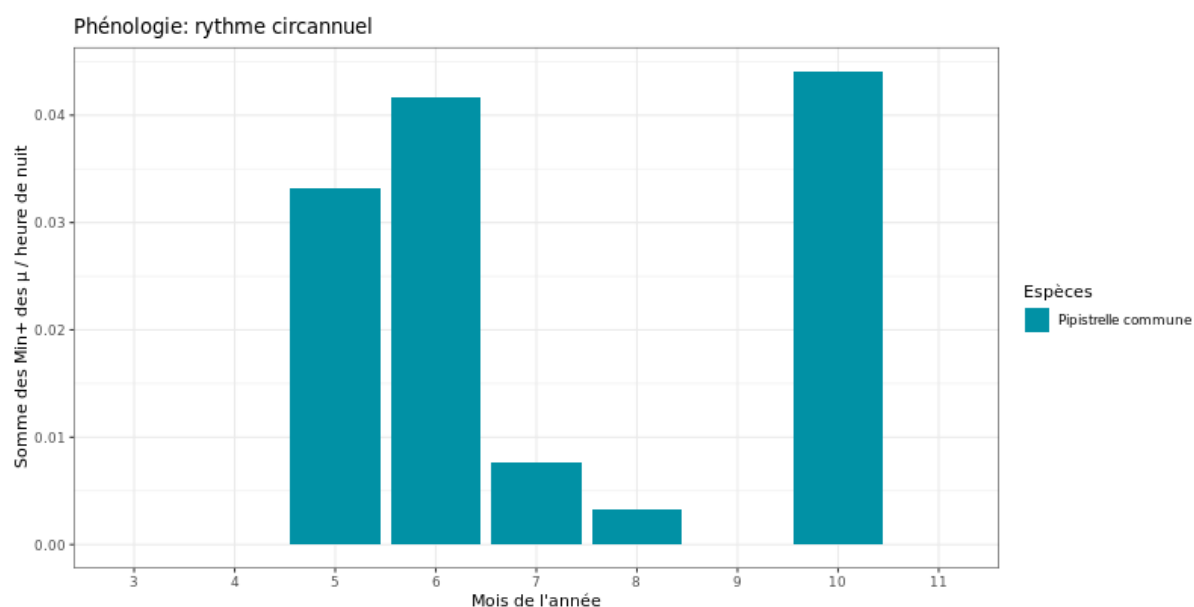


Figure 33 : Eolienne E7 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour la Pipistrelle commune, durant les différents mois de mars à novembre

Le bilan de la phénologie des découvertes de cadavres lors des quatre années de suivi est présenté dans les tableaux ci-dessous.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 18 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces en 2019

Espèce	16/05	31/05	14/06	27/06	30/07	05/09	19/09	10/10	Total général
Pipistrelle commune		1 (E6)		1			1 (E3)	1 (E8)	3
Pipistrelle de Kuhl	1 (E9)	1 (E6)	1 (E8)						3
Noctule de Leisler			1 (E6)						1
Pipistrelle sp.				1 (E4)	1 (E4)	1 (E1)			3
Total général	1	2	2	1	1	1	1	1	10

Tableau 19 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces en 2020

Espèce	31/07	07/08	14/08	21/08	28/08	10/09	17/09	23/09	02/10	09/10	20/11	Total général
Chiroptère sp.						2 (E4/ E8)						2
Noctule commune					1 (E2)							1
Noctule de Leisler	1 (E2)	1 (E6)		1 (E2)			1 (E7)	1 (E9)	3 (E2/ E5/ E9)			8
Pipistrelle commune		1 (E8)									1 (E9)	2
Pipistrelle de Kuhl							1 (E5)	1 (E6)				2
Pipistrelle de Kuhl/ Nathusius							1 (E6)	1 (E9)	1 (E9)	1 (E9)		4
Pipistrelle sp.	1 (E9)	1 (E5)	2 (E2/ E5)					1 (E9)				5
Total général	2	3	2	1	1	2	3	4	4	1	1	24

Tableau 20 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces en 2021

Espèce	01/04	17/06	08/07	27/08	08/10	Total général
Pipistrelle commune				1 ((E3)		1
Pipistrelle de Kuhl			1 (E7)			1
Noctule de Leisler	1 (E7)				1 (E4)	2
Pipistrelle sp.		1 (E5)				1
Total général	1	1	1	1	1	5

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 21 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces en 2022

Espèce	25/10	Total général
Pipistrelle commune	1 (E9)	1
Total général	1	1

2.2.3 Bilan du croisement des informations des deux suivis moralité/acoustique

En 2022 :

L'espèce la plus contactée en altitude est la Noctule de Leisler dont aucun cadavre n'a été retrouvé durant le suivi de mortalité de 2022.

Au niveau de la phénologie, la découverte du cadavre de Pipistrelle commune correspond avec les périodes où cette espèce a été le plus souvent contactées sur l'éolienne proche de la lisère avec un pic d'activité en octobre. Cette phénologie n'a pas été observée sur l'éolienne éloignée des lisères.

Les principales espèces (noctules et pipistrelles) observées à hauteur de nacelle correspondent aux espèces observées habituellement en altitude.

Sur l'ensemble des périodes d'enregistrements effectuées dans le cadre de cette étude, les niveaux d'activité observés au niveau de deux nacelles varient entre 5,5 et 2,9 minutes positives par nuit.

Au regard du retour d'expérience sur l'étude de l'activité des chiroptères en altitude sur une trentaine de projets en France et Belgique, pour toutes espèces confondues, l'activité mesurée sur le site peut être considérée comme faible à moyenne suivant l'éolienne suivie. En effet, le nombre médian de minutes par nuit obtenu sur les différents sites en altitude en France et suivis par Biotope (au moment de la rédaction du rapport) est de 5,5 minutes par nuit.

Au niveau des deux éoliennes disposant d'un suivi acoustique, aucun cadavre n'a été observé.

2 Synthèse et analyse des résultats

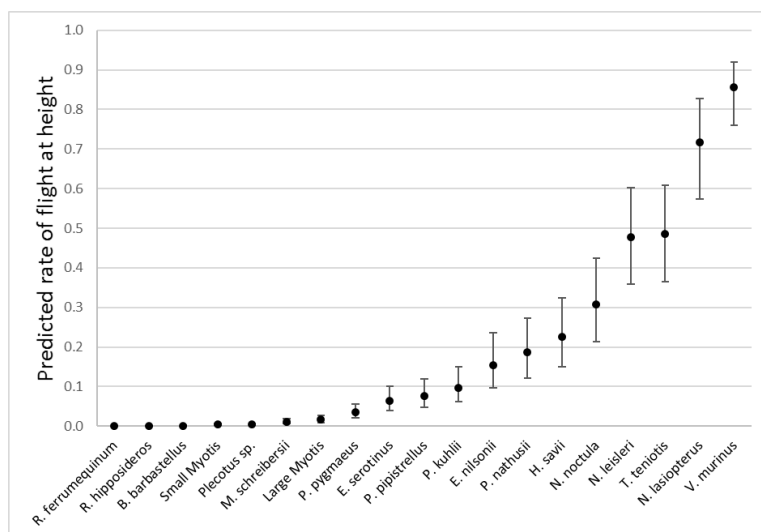


Figure 34 : Proportion de vol en altitude prédite pour différentes espèces à partir d'un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) avec l'espèce et la hauteur médiane des microphones en effet fixe (pour contrôler leur effet) et le site niché dans le groupe de sites comme effet aléatoire (Roemer, 2018).

Limites du croisement des informations des suivis mortalité et acoustique : La comparaison des données acoustiques issues de deux éoliennes (comparativement au suivi de mortalité qui est réalisé sur l'ensemble des éoliennes du parc) peut limiter l'interprétation du fait du manque de représentativité de l'activité locale de l'éolienne suivie en acoustique. Cette analyse comparative reste une analyse visuelle qui permet simplement de mettre en avant des éléments convergents ou non entre les deux types de suivis sur le même pas de temps.

Comparaison 2019-2022 :

- Entre les suivis de 2019 et 2020, le nombre de cadavres de chauves-souris trouvé a plus que doublé bien que le nombre de contacts enregistrés en nacelle ne soit pas plus élevé. **En 2021, le nombre de cadavre découvert a fortement réduit alors que le nombre de contact enregistré a doublé.** L'élargissement sur le printemps de la période d'écoute n'est pas la seule explication car sur la période printanière plus longue que les années précédentes, les conditions météorologiques défavorables ont fortement réduit l'activité à cette période. **En 2022, l'activité reste élevée sur l'éolienne proche des lisères alors que le nombre de cadavre découverts a encore diminué.**
- En 2020, 2021 et 2022, la phénologie de la découverte de cadavre est relativement proche de celle de l'activité des différentes espèces en altitude.

2 Synthèse et analyse des résultats

- ☞ L'espèce qui a été la plus présente en altitude sur les quatre années de suivi acoustique, la Noctule de Leisler, est en 2020 et 2021 l'espèce pour laquelle le plus grand nombre de cadavre a été trouvé. Le site semble être sur un axe migratoire des noctules et Pipistrelles de Nathusius au vu de la répartition de leur contact en altitude, période de pic de mortalité de ces espèces en 2020.
- ☞ Le site est également à proximité de zones de chasse de Pipistrelle commune, des cadavres de Pipistrelle sp. ont été découverts en période printanière / estivale ou encore automnale lors des suivis de 2019, 2020, 2021 et 2022 en particulier sur les éoliennes proches des lisères.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.3 Analyse croisée avec les suivis de migration de l'avifaune

Tableau 22 : Croisement des informations issues du suivi migration et du suivi mortalité

Espèces	Effectifs observés en migration / Comportement	Cas de mortalité 2019	Cas de mortalité 2020	Cas de mortalité 2021	Cas de mortalité 2022	Analyse comparative
Martinet noir	Aucun individu n'a été observé en migration postnuptiale, ni prénuptiale	3	1	0	0	Les collisions ont été observées lors de migration postnuptiale. De même qu'en 2011, le suivi de migration n'a pas permis de détecter l'espèce. Il est possible que cette espèce ne soit pas détectée, migrant principalement de nuit, ou à haute altitude en journée. Cette espèce de haut vol est sensible à l'éolien. L'absence de mortalité en 2021 peut être due à une variabilité interannuelle des effectifs de l'espèce mais peut être aussi favorisé par le bridage nocturne mis en place pour les chauves-souris.
Roitelet triple-bandeau	Aucun individu n'a été observé en migration postnuptiale, ni prénuptiale	1	3	1	0	Cette espèce n'avait pas non plus été détectée lors de l'étude d'impact. La migration s'effectue certainement de nuit ce qui induit des difficultés de détection. Il s'agit d'une espèce dont la sensibilité à l'éolien est connue en période de migration. Pour cette espèce aussi, le bridage nocturne mis en place pour les chauves-souris peut avoir un effet positif sur la réduction du risque de collision lors de la migration nocturne.
Gobemouche noir	Aucun individu n'a été observé en migration postnuptiale, ni prénuptiale	1	0	0	0	De même que le Roitelet triple-bandeau, cette espèce n'avait pas non plus été détectée lors de l'étude d'impact. Les effectifs en migration sont certainement faibles et sa migration rampante induit des difficultés de détection mais également un risque de collision moindre.
Milan noir	57 individus ont été observés en migration postnuptiale en 2020. Aucun individu n'a été observé en migration postnuptiale 2021. 9 individus ont été observés	1	0	1	1	En 2011, deux Milans noirs avaient été détectés en migration prénuptiale. Cette espèce est difficile à contacter en migration postnuptiale car très précoce (mi-juillet) par rapport aux autres

2 Synthèse et analyse des résultats

Espèces	Effectifs observés en migration / Comportement	Cas de mortalité 2019	Cas de mortalité 2020	Cas de mortalité 2021	Cas de mortalité 2022	Analyse comparative
	en migration pré-nuptiale 2021. Principalement observés à haute altitude, certains individus ont présenté des comportements à risque en traversant le parc éolien.					espèces de rapaces. En 2020 toutefois, plusieurs dizaines d'individus ont été observés en migration au niveau du parc mais principalement à haute altitude. Le risque de collision pour cette espèce semble faible. Toutefois il faut noter que le dispositif de bridage expérimental mis en place en postnuptiale 2020 pour le Milan royal lui est favorable.
Milan royal	Aucun individu n'a été observé en migration pré-nuptiale 2019 et 2021 mais 92 individus ont été observés en 2021. De même, la variabilité interannuelle peut s'expliquer (en partie) par un nombre de passage plus important en 2021. 12 individus ont été observés en migration postnuptiale 2011, 32 individus en 2019 et 369 en migration postnuptiale 2020. 91 individus ont été observés en 2021. La variabilité interannuelle peut s'expliquer par un nombre de passage plus important en 2020 et une migration plus précoce en 2021. Certains ont présenté des comportements d'évitement des éoliennes, toutefois la majorité n'a pas semblé adopter de comportement particulier.	3	0	0	0	Le suivi de migration de 2019 à 2021 a permis de mettre en évidence la présence d'un couloir de migration du Milan royal au niveau du parc éolien. La période d'observation est toutefois la même que celle identifiée dans l'étude d'impact. Aucun cas de mortalité n'a été observé en 2020 ni 2021. La mise en place du bridage expérimental pour cette espèce à partir de septembre 2020 et sur toute la durée de la migration postnuptiale semble avoir un impact positif de réduction du risque de collision.
Pouillot véloce	3 individus ont été observés en migration postnuptiale 2020 et 2 en 2021. 3 individus en migration pré-nuptiale 2020 et aucun en 2021 / cette espèce ne présente pas de comportement particulier vis-à-vis des éoliennes, cependant ils n'ont pas été détectés à hauteur de pales.	1	0	0	1	Les effectifs en migration de cette espèce sont certainement faibles et en migration rampante ce qui induit des difficultés de détection mais également un risque de collision moindre. Le risque de collision pour cette espèce est jugé faible.
Alouette des champs	29 individus en pré-nuptiale et 2 individus en postnuptiale lors de l'étude d'impact de	0	1	3	5	Les effectifs en migration de cette espèce semblent être importants malgré le peu d'observations

2 Synthèse et analyse des résultats

Espèces	Effectifs observés en migration / Comportement	Cas de mortalité 2019	Cas de mortalité 2020	Cas de mortalité 2021	Cas de mortalité 2022	Analyse comparative
	2011. 21 individus ont été observés en migration postnuptial en 2019, 57 en pré-nuptiale en 2020 et 692 individus en postnuptiale en 2020. 687 individus ont été observés en pré-nuptiale 2021 et 575 en postnuptiale 2021.					réalisées lors de l'étude d'impact. Toutefois cette espèce est principalement sensible en période de nidification puisqu'elle effectue plutôt une migration rampante. Le risque de collision pour cette espèce est jugé faible en migration et moyen en nidification.
Mésange bleue	2 individus en pré-nuptiale et 3 individus en postnuptiale lors de l'étude d'impact de 2011. 3 individus ont été observés en migration postnuptial en 2019. 1 en pré-nuptiale en 2020 et 1 individus en postnuptiale en 2020. 2 individus ont été observés en pré-nuptiale 2021 et 33 en postnuptiale 2021.	0	0	1	1	Les effectifs en migration de cette espèce sont certainement faibles, car l'espèce est une migratrice rare en Bourgogne ce qui induit un risque de collision moindre. Cette espèce présente une sensibilité faible, el risque de collision est très faible.
Alouette lulu	1 individu en postnuptiale lors de l'étude d'impact de 2011. 9 individus ont été observés en migration postnuptial en 2019. 13 en pré-nuptiale en 2020 et 8 individus en postnuptiale en 2020. 4 individus ont été observés en pré-nuptiale 2021 et 20 en postnuptiale 2021.	0	0	1	0	Les effectifs en migration de cette espèce sont modérés. Cette espèce présente une sensibilité faible, plutôt en période de nidification puisqu'elle effectue plutôt une migration rampante. Le risque de collision pour cette espèce est jugé très faible.
Epervier d'Europe	4 individus en postnuptiale lors de l'étude d'impact de 2011. 4 individus en postnuptiale en 2020. 3 individus ont été observés en pré-nuptiale 2021 et 1 en postnuptiale 2021.	0	0	1	0	Cette espèce présente des effectifs faibles. Elle n'a pas été observée plusieurs suivis de suite. Le risque de collision est très faible, conclusion appuyée par le seul cas de mortalité découvert.
Pigeon ramier	6 individus en pré-nuptiale et 15 individus en postnuptiale lors de l'étude d'impact de 2011. 105 individus ont été observés en migration postnuptial en 2019. 3 en pré-nuptiale en 2020 et 2560 individus en postnuptiale en 2020. 838 individus ont été observés en pré-nuptiale 2021 et 419 en postnuptiale 2021.	0	0	1	0	Cette espèce présente des effectifs de migration qui peuvent être très forts. Malgré ces forts effectifs, 1 seul cas de mortalité est à signalé ce qui induit un risque de collision très faible.

2 Synthèse et analyse des résultats

Espèces	Effectifs observés en migration / Comportement	Cas de mortalité 2019	Cas de mortalité 2020	Cas de mortalité 2021	Cas de mortalité 2022	Analyse comparative
	La variabilité interannuelle peut s'expliquer par un nombre de passage plus important en postnuptiale 2020 et prénuptiale 2021.					
Buse variable	19 individus en prénuptiale, 18 individus en période de nidification et 17 individus en postnuptiale lors de l'étude d'impact de 2011. 7 ont été observés en postnuptiale en 2019. 12 ont été observés en prénuptiale et 72 en postnuptiale en 2020. 148 individus ont été observés en prénuptiale et 221 postnuptiale en 2021. 38 individus ont été observés en postnuptiale (2022)	0	0	0	4	Cette espèce présente des effectifs de migration qui peuvent être très forts. Malgré ces forts effectifs, seuls 4 cas de mortalité sont à signaler sur 4 années de suivi, ce qui induit un risque de collision faible.
Faucon crécerelle	4 individus observés en prénuptiale, 9 observés en nidification puis 3 en postnuptiale en 2011. 9 individus ont été observés en postnuptiale 2019, 4 individus ont été observés en prénuptiale et 35 individus en postnuptiale en 2020 34 individus ont été observés en prénuptiale et 45 en postnuptiale en 2021 16 individus ont été observés en postnuptiale en 2022	0	0	0	3	Cette espèce présente des effectifs de migration qui peuvent être très forts. Malgré ces forts effectifs, seuls 3 cas de mortalité sont à signaler sur 4 années de suivi, ce qui induit un risque de collision faible.

2 Synthèse et analyse des résultats

En 2022, en période postnuptiale, 38 espèces ont été observées, dont 14 en migration active et 33 espèces hivernantes, en halte migratoire ou en vol local (posées, en prospection alimentaire ou chasse).

74% des individus recensés au niveau de l'aire d'étude rapprochée ont été contacté, posé ou à faible altitude (entre 0 et 50 m) dont 52% entre 0 et 25 m. C'est notamment le cas pour la majorité des Alouette des champs, Mésange charbonnière, Buse variable, Étourneau sansonnet, Hirondelle rustique, Linotte mélodieuse et Pinson des arbres. A ces hauteurs de vol, d'autres espèces sensibles aux collisions ont pu être recensées en plus petits effectifs : l'Alouette lulu, le Busard Saint-Martin, le Faucon crécerelle, la Grive draine, le Milan royal et le Pigeon ramier.

Le suivi de migration postnuptiale permet de mettre en évidence certains résultats déjà identifiés lors de l'étude d'impact, notamment le risque de collision pour le Milan royal mais également pour le Milan noir.

D'autre part, ils mettent en évidence le comportement d'autres espèces sensibles aux collisions telles que la Buse variable, le Busard Saint-Martin et l'Hirondelle rustique.

Un rapport dédié au suivi d'activité migratoire est transmis avec ce rapport.

2 Synthèse et analyse des résultats

3 Mesures correctives

Les conclusions du suivi de la mortalité de 2022 permettent de conclure à une absence de mortalité significative pour les chauves-souris mais à une mortalité significative pour les oiseaux.

- Le Milan royal

La mesure corrective de bridage pour le Milan royal a fait l'objet des suivis de mortalité de 2020 (bridage effectif en période postnuptiale), de 2021 et de 2022 (bridage effectif sur la période complète à quelques exceptions). La conclusion des suivis de mortalité avec l'absence de nouveau cas de collision, pour cette espèce sensible, semble confirmer un effet positif du bridage sur le risque de collision. **Le risque de collision est donc jugé accidentel et négligeable, non notable pour l'espèce.**

L'efficacité du système sera validée au travers de cette conclusion mais également des rapports d'activité de l'avifaune et des rapports du fonctionnement du système transmis par la société Sens of Life (SOL).

Conformément à l'article 4 de l'APC du 18 août 2020, un suivi de la mortalité au sol sera à nouveau mené durant les périodes d'activation du bridage dynamique, jusqu'à validation de ce dernier. Une fréquence continue de 1 passage par semaine sur ces périodes est recommandé afin de rendre le modèle d'estimation de la mortalité encore plus robuste.

- Les chauves-souris, dont la Noctule commune

La mesure corrective de bridage pour les chauves-souris a fait l'objet du suivi de mortalité de 2021 et 2022. Les estimations de mortalité pour ce groupe indiquent une mortalité non significative. De plus, aucun nouveau cadavre de Noctule commune n'a été découvert.

Nous estimons donc que la mesure de bridage couvrant environ 83% de l'activité des chauves-souris et environ 83% de l'activité de la Noctule commune (espèce présentant une activité modérée en période de migration) est satisfaisante et **permet de réduire le risque de collision pour ces espèces à un risque accidentel négligeable, non notable pour la conservation des populations.**

Étant donné que la dernière modification du bridage a été réalisée en septembre 2021 (extension du bridage sur toutes les éoliennes), un nouveau suivi de mortalité n'est pas nécessaire pour ce groupe.

3

Bibliographie

ANDRE, Y. 2004. - Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. LPO, Rochefort. 20 p.

ARNETT E. B., ERICKSON W., KERNS J. & HORN J., 2005. – Relationship between bats and wind turbine in Pennsylvania and West Virginia: An assessment of fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. – Bats and Wind Energy Cooperative, 168 p.

ARNETT E. B., SCHIRMACHER M., HUSO M. & HAYES J., 2009. – Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. – Bats and Wind Energy Cooperative, 44 p.

ARTHUR, L. & LEMAIRE, M. (2015). Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Editions Biotope, Coll. Parthénope, Muséum National d'Histoire Naturelle, 544 p.

BAERWALD E. & BARCLAY R., 2009. – Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities. – Journal of Mammalogy 90(6), p. 1341-1349.

BROWN R. ET AL. (2014). Traces et indices d'oiseaux ; pistes, nids, plumes, crânes... Delachaux et Niestlé. 333 p.

DALTHORP, D., MADSEN, L., HUSO, M., RABIE, P., WOLPERT, R., STUDYVIN, J., SIMONIS, J., and MINTZ, J., 2018, GenEst statistical models—A generalized estimator of mortality: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 7, chap. A2, 13 p., <https://doi.org/10.3133/tm7A2>.

DIETZ, C. ET VON HELVERSEN, O. (2004). Illustrated identification key to the bats of Europe. Electronique publication, version 1.0 released 15.12.2004, Tuebingen & Erlangen (Germany). 72 p.

ERICKSON, W.P.; JOHSON, G.D.; STRICKLAND, M.; KRONNER, K. (2000). Final Report: avian and bat mortality associated with the Vansycle wind project. pp 1-26.

FRAIGNEAU C. (2007). Reconnaître facilement les plumes – collecter, identifier, interpréter, conserver. Delachaux et Niestlé. 192 p.

FRAIGNEAU C. (2017). Identifier les plumes des oiseaux d'Europe occidentale. Delachaux et Niestlé. 400 p.

GAULTIER, S.P., MARX, G., & ROUX, D., 2019. Éoliennes et biodiversité : synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer. Office national de la chasse et de la faune sauvage/LPO. 120 p. https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/lpo_oncfs_2019.pdf

HARTER N. 2015. Eoliennes et mortalité des chiroptères : synthèse des résultats du suivi d'une quinzaine de parcs éoliens en Champagne-Ardenne. Rencontre chiroptères Grand-Est, Saint-Brisson, 16-18 octobre 2015. 15p.

HUSO, M. M. (2010). An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. Environmetrics, 22(3), 318-329. doi: 10.1002/env.1052 19 p.

HUTTERER, R., IVANOVA, T., MEYER-CORDS, C. & RODRIGUES, L. 2005. Bat migrations in Europe: A review of banding data and literature. Naturschutz und Biologische Vielfalt No. 28: 1-172.

KORNER-NIEVERGELT, F., KORNER-NIEVERGELT, P., BEHR, O., et al. 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. Wildlife Biology, vol. 17, no 4, p. 350-363.

3 Bibliographie

Erreur ! Il n'y a pas de texte
répondant à ce style dans ce
document.
CNR
mars 2023

KORNER-NIEVERGELT, F., BRINKMANN, R., NIERMANN, I. & BEHR, O. (2013). Estimating bat and bird mortality occurring at wind energy turbines from covariates and carcass searches using mixture models. PLoS ONE 8(7), e67997. doi:10.1371/journal.pone.0067997.

KORNER-NIEVERGELT F, BEHR O, BRINKMANN R, ETTERSON MA, HUSO MM, DALTHORP D, KORNER-NIEVERGELT P, ROTH T and NIERMANN I (2015). "Mortality estimation from carcass searches using the R-package carcass - a tutorial." Wildlife Biology, pp. 30-43.

MARCHESI, P., BLANT, M. ET CAPT, S. (2008). Mammifères de Suisse - Clés de détermination. Neuchâtel, Fauna Helvetica, CSCF & SSBF. 289 p.

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE (MEDDE), 2015, Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestre, Novembre 2015, 40p.

RYDELL, J, OTTVALL, R, PETTERSSON, S, & GREEN M. (2017) The effects of wind power on birds and bats, an updated synthesis report 2017, Swedish Environmental Protection Agency. ISBN 978-91-620-6791-5, ISSN 0282-7298, 129p.

SVENSSON L. (2014). Le guide ornitho, le guide le plus complet des oiseaux d'Europe, d'Afrique du nord et du Moyen-Orient. Delachaux et Niestlé. 448 p.

Site internet :

DURR, 2019 : <http://www.lfu.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.312579.de>

A

Annexes

A Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres 2019

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres 2019

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne (m)
16/05/2019	E9	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	Frais	Indéterminé	Femelle probable	Barotraumatisme	41,20
31/05/2019	E6	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	5,35
31/05/2019	E6	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	Frais	Adulte	Mâle	Collision avec pale	18,97
14/06/2019	E6	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Sec	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	41,59
14/06/2019	E8	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	Frais	Indéterminé	Femelle	Barotraumatisme	19,13
18/07/2019	E2	<i>Milvus migrans</i>	Milan noir	Plumée	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	48,26
30/07/2019	E2	<i>Apus apus</i>	Martinet noir	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	46,69
30/07/2019	E2	<i>Regulus ignicapilla</i>	Roitelet à triple bandeau	Sec	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	49,98
30/07/2019	E4	<i>Pipistrellus sp</i>	Pipistrelle commune/pygmée	Sec	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	11,50
08/08/2019	E5	<i>Apus apus</i>	Martinet noir	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	10,81
16/08/2019	E2	<i>Apus apus</i>	Martinet noir	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	45
05/09/2019	E1	<i>Pipistrellus sp</i>	Pipistrelle sp	Sec	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	45,89
19/09/2019	E3	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Indéterminé	Mâle	Barotraumatisme	16,66
27/09/2019	E9	<i>Ficedula hypoleuca</i>	Gobemouche noir	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	18,74

A Annexe 2 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres 2020

27/09/2019	E9	<i>Milvus milvus</i>	Milan royal	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	36,75
03/10/2019	E8	<i>Phylloscopus collybita</i>	Pouillot véloce	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	1,5
10/10/2019	E8	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Indéterminé	Mâle	Barotraumatisme	6
27/06/2019	E4	<i>Pipistrellus sp</i>	Pipistrelle sp	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	20

Annexe 2 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres 2020

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne (m)
14/05/2020	E2	<i>Alauda arvensis</i>	Alouette des champs	Plumée			Collision avec pale	20
31/07/2020	E2	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Sec	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	45
31/07/2020	E9	<i>Pipistrellus sp</i>	Pipistrelle sp.	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec mât	5
07/08/2020	E6	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Frais	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	10
07/08/2020	E8	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Sec	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	40
07/08/2020	E5	<i>Pipistrellus sp</i>	Pipistrelle sp.	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	20
14/08/2020	E1	<i>Pipistrellus sp</i>	Pipistrelle sp.	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	20
14/08/2020	E5	<i>Pipistrellus sp</i>	Pipistrelle sp.	Sec	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	50
21/08/2020	E7	<i>Apus apus</i>	Martinet noir	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Inconnu	40
21/08/2020	E2	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	25

28/08/2020	E2	<i>Nyctalus noctula</i>	Noctule commune	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	10
10/09/2020	E4	<i>Chiroptera sp</i>	Chiroptère sp.	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	25
10/09/2020	E8	<i>Chiroptera sp</i>	Chiroptère sp.	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Inconnu	15
10/09/2020	E8	<i>Regulus ignicapilla</i>	Roitelet à triple bandeau	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	10
17/09/2020	E7	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Sec	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	30
17/09/2020	E5	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Khul	Frais	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	20
17/09/2020	E6	<i>Pipistrellus sp</i>	Pipistrelle de Khul/Nathusius	En décomposition	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	10
23/09/2020	E9	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Sec	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	40
23/09/2020	E6	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Khul	Frais	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	25
23/09/2020	E9	<i>Pipistrellus sp</i>	Pipistrelle de Khul/Nathusius	Sec	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	35
23/09/2020	E9	<i>Pipistrellus sp</i>	Pipistrelle sp.	Sec	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	15
02/10/2020	E2	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	25
02/10/2020	E5	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	15
02/10/2020	E8	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	40
02/10/2020	E9	<i>Pipistrellus sp</i>	Pipistrelle de Khul/Nathusius	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Inconnu	40
09/10/2020	E9	<i>Pipistrellus sp</i>	Pipistrelle de Khul/Nathusius	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	50
30/10/2020	E4	<i>Regulus ignicapilla</i>	Roitelet à triple bandeau	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	35
30/10/2020	E6	<i>Regulus ignicapilla</i>	Roitelet à triple bandeau	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	50
20/11/2020	E9	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	10

A Annexe 3 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres 2021

Annexe 3 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres 2021

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne (m)
18/02/2021	E7	<i>Sturnus vulgaris</i>	Etourneau sansonnet	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	40
04/03/2021	E7	<i>Columba palombus</i>	Pigeon ramier	En décomposition	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	50
01/04/2021	E7	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	50
13/05/2021	E7	<i>Alauda arvensis</i>	Alouette des champs	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	20
13/05/2021	E5	<i>Alauda arvensis</i>	Alouette des champs	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	20
27/05/2021	E8	<i>Lullula arborea</i>	Alouette lulu	En décomposition	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	25
03/06/2021	E8	<i>Milvus migrans</i>	Milan noir	En décomposition	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	40
17/06/2021	E5	<i>Pipistrellus sp.</i>	Pipistrelle sp.	Sec	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	25
08/07/2021	E7	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	Frais	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	25
15/07/2021	E5	<i>Accipiter nisus</i>	Epervier d'Europe	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	40
30/07/2021	E4	<i>Alauda arvensis</i>	Alouette des champs	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	3
12/08/2021	E3	<i>Turdus viscivorus</i>	Grive draine	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	20
27/08/2021	E3	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	1
08/10/2021	E4	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Frais	Indéterminé	Mâle	Barotraumatisme	22
15/10/2021	E7	<i>Cyanistes caeruleus</i>	Mésange bleue	Autre	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	34
15/10/2021	E2	<i>Regulus ignicapilla</i>	Roitelet à triple bandeau	Autre	Adulte	Mâle probable	Collision avec pale	52

A Annexe 3 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres 2022

Annexe 3 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres 2022

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne (m)
03/02/2022	E7	Anthus pratensis	Pipit farlouse	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	35
16/02/2022	E9	Alauda arvensis	Alouette des champs	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	12
23/02/2022	E1	Alauda arvensis	Alouette des champs	En décomposition	Adulte	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post- collision	43
09/03/2022	E3	Cyanistes caeruleus	Mésange bleue	Frais	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	30
23/03/2022	E8	Asio otus	Hibou moyen-duc	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	48
30/03/2022	E8		Non identifié	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec mât	12
05/04/2022	E7	Sturnus vulgaris Linnaeus, 1758	Étourneau sansonnet	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	3
05/04/2022	E3	Phylloscopus collybita	Pouillot véloce	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	25
05/04/2022	E9		Non identifié	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Inconnu	45
25/05/2022	E4	Falco tinnunculus	Faucon crécerelle	En décomposition	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	35
14/06/2022	E1	Alauda arvensis	Alouette des champs	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Inconnu	40
14/06/2022	E1	Alauda arvensis	Alouette des champs	Plumée		Indéterminé	Inconnu	35
14/06/2022	E1	Falco tinnunculus	Faucon crécerelle	Sec	Adulte	Indéterminé	Collision avec mât	35
12/07/2022	E7	Alauda arvensis	Alouette des champs	Sec	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	40
12/07/2022	E2	Buteo buteo	Buse variable	Sec	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	45
19/07/2022	E9	Buteo buteo	Buse variable	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	3
26/07/2022	E4		Non identifié	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Inconnu	35

A Annexe 4 : Principe de fonctionnement du dispositif ProBird

26/07/2022	E3		Non identifié	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation	37
02/08/2022	E9	Buteo buteo	Buse variable	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	40
04/08/2022	E6	Milvus migrans	Milan noir	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	20
09/08/2022	E6	Falco tinnunculus	Faucon crécerelle	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	30
06/09/2022	E5	Buteo buteo	Buse variable	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	99
27/09/2022	E4	Hirundo rustica	Hirondelle rustique	En décomposition	Immature	Indéterminé	Barotraumatisme	30
25/10/2022	E9	Pipistrellus pipistrellus	Pipistrelle commune	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	2
01/11/2022	E6	Regulus regulus	Roitelet huppé	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	20

Légende : les lignes grisées représentent les cadavres trouvés en dehors du protocole de suivi de mortalité.

Annexe 4 : Principe de fonctionnement du dispositif ProBird

ProBird enregistre différents types d'informations :

- Des vidéos lorsqu'une cible est détectée ;
- Des empilements d'images permettant un enregistrement en continu de tout ce qui passe dans le champ de vision de la caméra ;
- Des images traçant le fonctionnement du réseau de neurones ;
- Des csv stockant des informations variables en fonction des installations.

Le réseau de neurones mis en place sur le parc éolien des Sources du Mistral est issu d'un parc éolien également équipé de machines Vestas installées récemment en Haute-Saône. L'objet de la mise en place de ce dispositif concerne à la fois la migration et la nidification des Milans royaux autour du parc.

La réplique d'un réseau de neurones ayant déjà fait ses preuves par ailleurs évite ainsi des fausses détections liées à la morphologie des pales qui peuvent sporadiquement créer des erreurs d'identification. Les performances de ce réseau de neurones avaient été testées par une analyse manuelle des identifications réalisées sur 27 506 images (Figure 4). Le principe est de laisser ProBird fonctionner une dizaine de jours sur ce réseau de neurones de base pour ensuite analyser ces performances et l'entraîner sur les erreurs qu'il a pu réaliser pour obtenir un réseau de neurones adapté aux spécificités du site. Ce réseau est ensuite ré-évalué mensuellement et amélioré si besoin.

Nous fournissons ici une explication de la manière dont fonctionne le réseau de neurones et le déclenchement des arrêts d'une éolienne, ainsi que la nature des informations stockées dans les dossiers CNN/Birds and CNN/Others de ProBird_Log_File.

Les dossiers CNN/Birds and CNN/Others de ProBird_Log_File sont les logs des informations brutes utilisées par le réseau de neurones, permettant la classification des cibles. Lorsqu'un objet en déplacement est détecté, si ces caractéristiques correspondent aux dimensions

A Annexe 4 : Principe de fonctionnement du dispositif ProBird

possibles d'un oiseau, une sous-image de 120 x 120 pixels est découpée autour du barycentre du mouvement détecté. Cette image est soumise au réseau de neurones pour identification. En retour, celui-ci fournit un score d'identification entre 0 (bruit) et 1 (oiseau) et enregistre la sous-image sur le disque dur :

- Si le score d'identification est supérieur à 0.95, l'image est stockée dans le dossier CNN/Birds ;
- Si le score d'identification est compris entre 0.7 et 0.95, l'image est stockée dans le dossier CNN/Others ;
- Si le score d'identification est inférieur à 0.7, l'image n'est pas enregistrée.

Un exemple de log est présenté ci-dessous avec la nomenclature utilisée pour la dénomination des fichiers.

Ces logs sont utilisés pour :

- Réaliser des analyses détaillées de la détection ;
- Entraîner le réseau de neurones à partir des identifications sur lesquelles il aurait pu commettre des erreurs, de manière à augmenter les performances ultérieures.

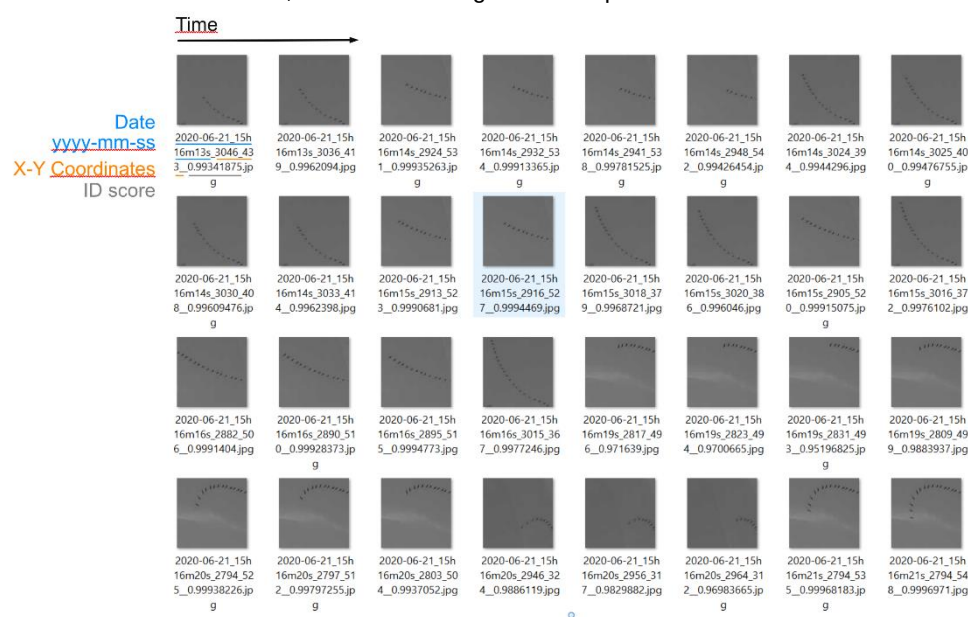


Figure 35 : Exemple de log de fonctionnement des identifications par réseau de neurone

Les capacités de calcul du réseau de neurones dépendent de la configuration du système, elle peut atteindre 100 échantillons par 0,1 seconde.

Un contrôle manuel des scores d'identification est réalisé après chaque mise à jour du système.

Le graphique présenté ci-dessous permet de visualiser l'analyse de 27 506 échantillons. Dans ce cas, le réseau de neurones a correctement identifié 98.88% des cibles ayant un score d'identification supérieur à 95%. Sur l'échantillon de 27 506 images, 8 397 images sont labélisées avec un score au-dessus de 95%.

A Annexe 4 : Principe de fonctionnement du dispositif ProBird

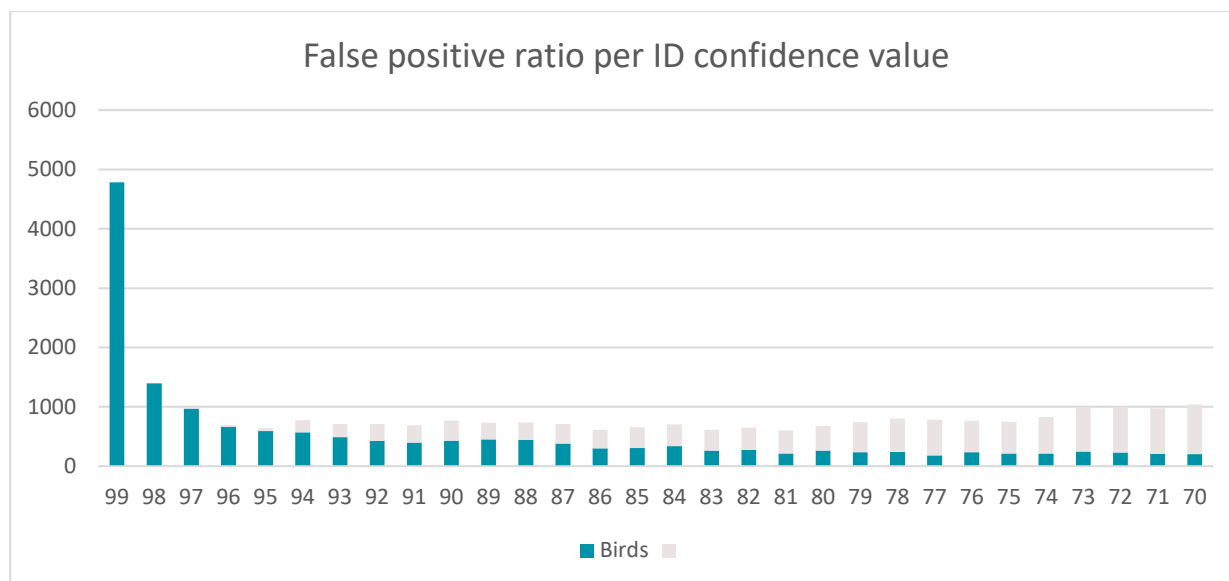


Figure 36 : Analyse manuelle des identifications réalisées par un réseau de neurones

Le déclenchement de l'arrêt d'une éolienne est lié au niveau de danger calculé par ProBird, en intégrant temporellement le niveau de danger calculé dans chacune des cellules de 120 x 120 pixels composant la totalité du champ de vision d'une caméra, comme présenté ce dessous.

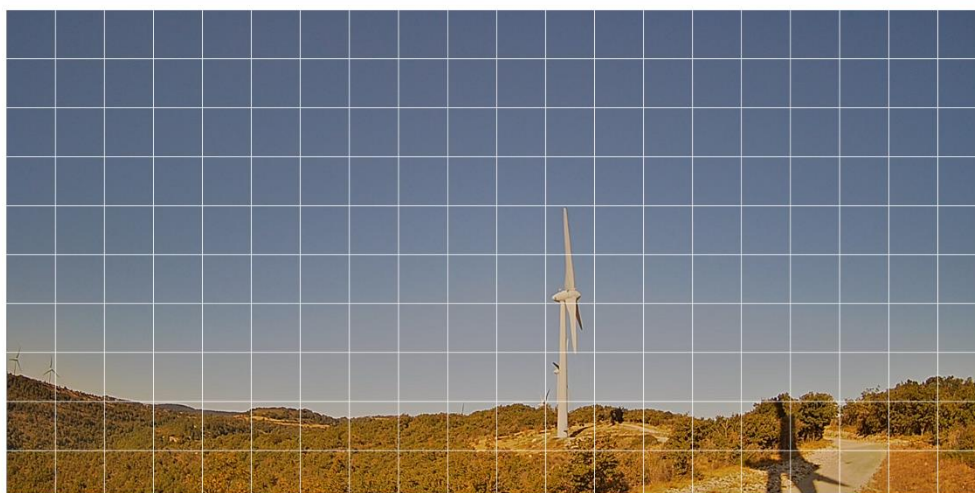


Figure 37 : Visualisation des cellules d'évaluation de risque de ProBird V4

Pour chacune de ces cellules, le niveau de danger est évalué suivant les règles suivantes :

- Si le score d'identification de la cellule est supérieur à 0,95, le niveau de danger de la cellule est incrémenté de 20 unités ;
- Si le score d'identification de la cellule est inférieur à 0,95, le niveau de danger de la cellule est réduit de 2 unités.

L'évolution du niveau de danger en fonction des identifications est présentée dans les deux graphiques suivants.

A Annexe 4 : Principe de fonctionnement du dispositif ProBird

Un ordre d'arrêt est envoyé à l'éolienne suivie si le niveau de danger d'une des cellules situées dans la zone à risque passe au-dessus de 100.

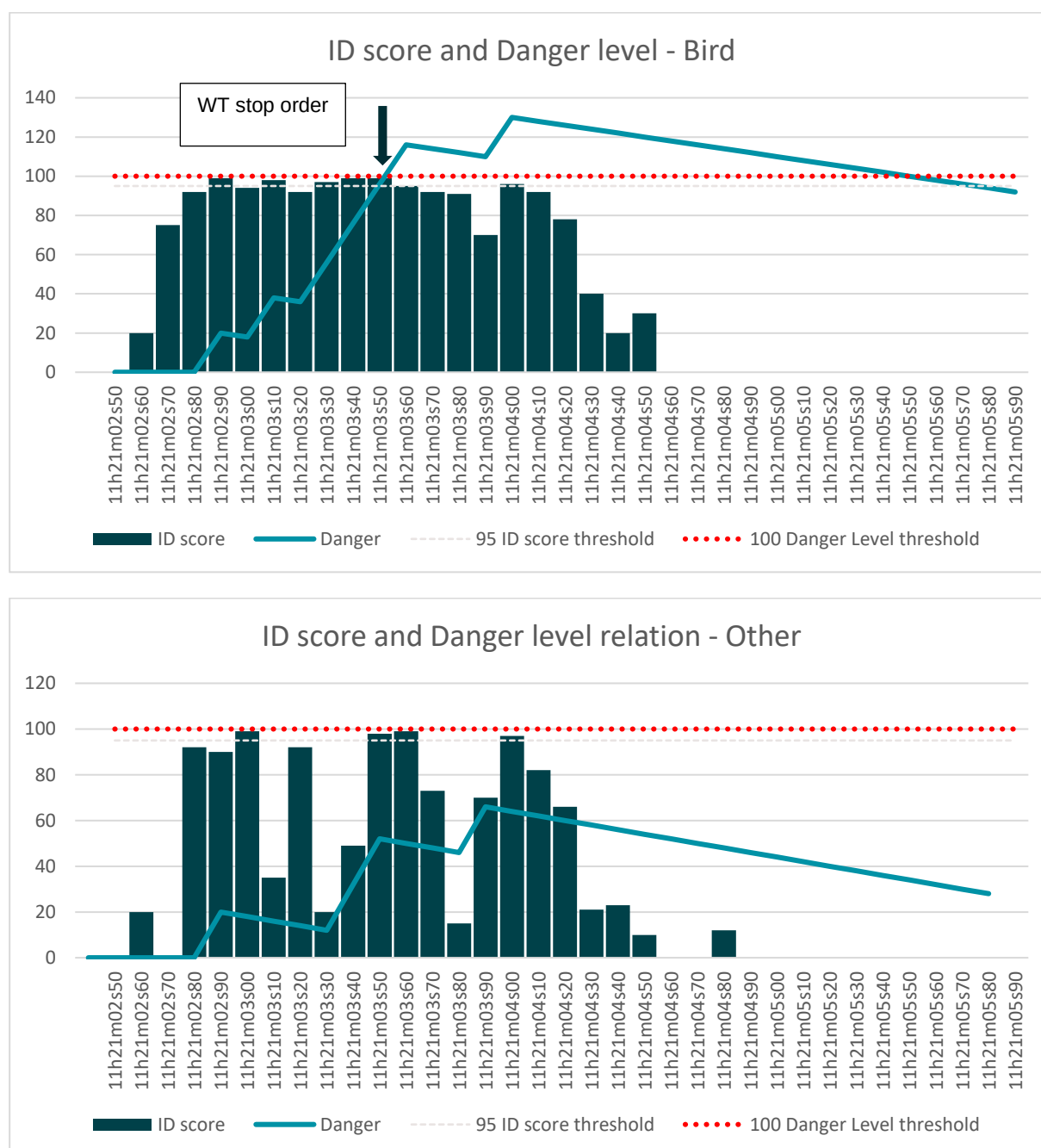


Figure 38 : Principe de déclenchement d'un arrêt en fonction de l'évaluation temporelle du niveau de danger

A Annexe 4 : Principe de fonctionnement du dispositif ProBird

Annexe 5 : Méthodologie appliquée

1.1 Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national

1.1.1 Arrêté ministériel d'août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 et protocole national

“Arrêté du 22 juin 2020 portant modification des prescriptions relatives aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement

L'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement est modifié conformément aux dispositions des articles 2 à 22 du présent arrêté. “

“Article 9

L'article 12 est remplacé par :

« Art. 12.-L'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs. Sauf cas particulier justifié et faisant l'objet d'un accord du Préfet, ce suivi doit débuter dans les 12 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation afin d'assurer un suivi sur un cycle biologique complet et continu adapté aux enjeux avifaune et chiroptères susceptibles d'être présents. Dans le cas d'une dérogation accordée par le Préfet, le suivi doit débuter au plus tard dans les 24 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation.

« Ce suivi est renouvelé dans les 12 mois si le précédent suivi a mis en évidence un impact significatif et qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives. A minima, le suivi est renouvelé tous les 10 ans d'exploitation de l'installation.

« Le suivi mis en place par l'exploitant est conforme au protocole de suivi environnemental reconnu par le ministre chargé des installations classées.

« Les données brutes collectées dans le cadre du suivi environnemental sont versées, par l'exploitant ou toute personne qu'il aura mandatée à cette fin, dans l'outil de télé-service de “ dépôt légal de données de biodiversité ” créé en application de l'arrêté du 17 mai 2018. Le versement de données est effectué concomitamment à la transmission de chaque rapport de suivi environnemental à l'inspection des installations classées imposée au II de l'article 2.3. Lorsque ces données sont antérieures à la date de mise en ligne de l'outil de télé-service, elles doivent être versées dans un délai de 6 mois à compter de la date de mise en ligne de cet outil.

« Dans le cas d'un projet de renouvellement d'une installation existante, autre qu'un renouvellement à l'identique ou une extension au sens de l'article R. 181-46-I du code de l'environnement, l'exploitant met en place un suivi environnemental, permettant d'atteindre les objectifs visés au 1er alinéa du présent article, dans les 3 ans qui précèdent le dépôt du porter à connaissance au préfet prévu par l'[article R. 181-46 du code de l'environnement](#). »

Un protocole national cadrant les objectifs et modalités de suivi des parcs éoliens en exploitation a été rédigé en 2015 puis mis à jour début 2018.

La présente étude vient répondre aux obligations induites par le protocole national ainsi que par l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.

1.1.2 Méthodes et pressions d'inventaire attendues à l'échelle nationale

Nombre de sessions d'inventaire

Le protocole national précise que le suivi de mortalité sera constitué d'au minimum 20 visites réparties entre les semaines 20 et 43 en fonction des risques identifiés dans l'étude d'impact, de la bibliographie et de la connaissance du site.

semaine n°	1 à 19	20 à 30	31 à 43	44 à 52
Le suivi de mortalité doit être réalisé ...	Si enjeux avifaunistiques spécifiques	Dans tous les cas		Si enjeux avifaunistiques en période hivernale
Suivi d'activité des chiroptères	Si enjeux sur les chiroptères	Si pas de suivi en hauteur dans l'étude d'impact	Dans tous les cas	Si enjeux sur les chiroptères

Figure 39 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018

Nombre d'éoliennes suivies

Le protocole national invite à contrôler :

- Toutes les éoliennes pour les parcs de 8 éoliennes et moins ;
- Pour les parcs de plus de 8 éoliennes contenant n éoliennes : $8 \text{ éoliennes} + (n - 8) / 2$.

Méthode de collecte des données

Surface-échantillon à prospecter : un carré de 100 m de côté ou un cercle couvrant au moins un rayon égal à la longueur des pales avec un minimum de 50 m (à élargir en proportion pour les éoliennes présentant des pales de longueur supérieure à 50 m).

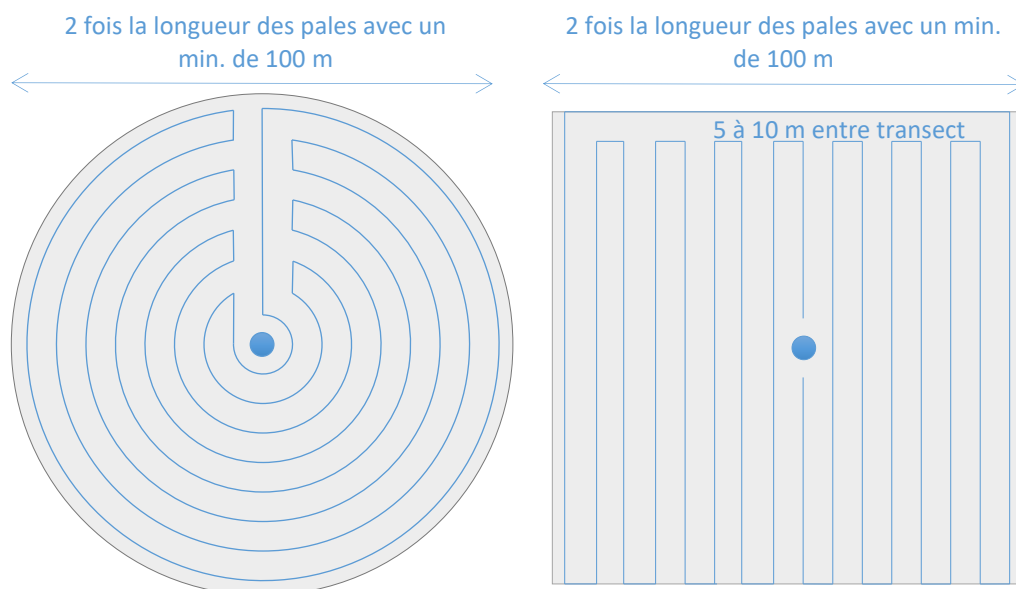


Figure 40 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018)

Mode de recherche : transects à pied espacés d'une distance dépendante du couvert végétal (de 5 à 10 m en fonction du terrain et de la végétation). Cette distance devra être mesurée et tracée. Les surfaces prospectées feront l'objet d'une typologie préalable des secteurs homogènes de végétation et d'une cartographie des habitats selon la typologie Corine Biotopes ou Eunis (cartographie simplifiée). L'évolution de la taille de végétation sera alors prise en compte tout au long du suivi et intégrée aux calculs du taux de mortalité (distinction des taux de découverte et de prédation en fonction des différents types de végétation).

Tests de correction des résultats.

Le protocole national prévoit la réalisation de deux tests de correction des résultats :

- Test d'efficacité de recherche (du chercheur) ;
- Test de persistance des cadavres.

Les modalités de réalisation de ces tests sont décrites en détail dans les chapitres suivants.

Analyse des résultats

Le protocole national prévoit un cadre d'analyse des résultats :

- Un tableau des données brutes doit être fourni pour permettre une compilation quantitative et informative à l'échelle nationale ;
- Analyser les résultats, de l'impact du parc et de l'efficacité des mesures ;
- Une analyse fine et qualitative des résultats doit être menée pour caractériser la mortalité par éolienne ;
- Croiser les résultats avec d'autres données ou avec les résultats d'autres types de suivi pour une interprétation des types de risques, des facteurs d'influence et orienter l'analyse vers l'efficacité des mesures ;
- Justifier et dimensionner les mesures correctives à mettre en place de façon proportionnée ;

0 Annexes

- Estimer la mortalité pour permettre des comparaisons objectives et détecter les parcs à impacts significatifs pour la faune volante (intégrer coefficient surfacique, Utiliser au moins 3 formules de calcul des estimateurs standardisés dont Huso (2010) obligatoirement, Préciser l'intervalle de confiance de l'estimation, etc.).

1.1.3 Obligations réglementaires spécifiées dans les arrêtés préfectoraux complémentaires

L'arrêté complémentaire publié le 18 août 2020

Cet arrêté vise à :

- Renforcer le suivi comportemental du Milan royal sur le site (article 2) ;
- Préserver les Milans royaux du risque de collision par la mise en place d'un dispositif de bridage dynamique (article 3) ;
- Renforcer le suivi environnemental mis en œuvre sur le parc éolien des sources du Mistral (article 4).

Article 2 : Etude comportementale sur le Milan royal

La société Parc éolien des Sources du Mistral réalise une étude comportementale concernant le Milan royal afin de caractériser l'occupation de l'espace de cette espèce vis-à-vis du parc éolien de Sources du Mistral. Cette étude doit être menée sur un cycle biologique annuel complet du Milan royal. Les conclusions de cette étude doivent comporter une proposition de mesure(s) corrective(s) de réduction d'impact sur cette espèce. Cette étude porte *a minima* sur un périmètre de 3 kilomètres autour du parc éolien, et doit être mise en regard des données bibliographiques connues sur l'espèce dans un rayon de 15 kilomètres au minimum.

Cette étude est transmise à l'inspection des installations classées le 30 décembre 2021 au plus tard.

Article 3 - Bridage dynamique lors des périodes de migration du Milan royal

Les éoliennes peuvent être asservies à un dispositif expérimental de bridage dynamique qui détecte en temps réel les oiseaux en vol, tente de les effaroucher et régule le fonctionnement des éoliennes (arrêt ou décélération des turbines) pour prévenir les collisions.

En cas d'identification d'une défaillance ou d'une indisponibilité du système de détection, d'effarouchement et de bridage dynamique, les prescriptions de l'article 7 sont appliquées.

Article 4 - Vérification de l'efficacité du bridage dynamique

La mise en place du bridage dynamique est accompagnée d'un suivi environnemental renforcé sur l'avifaune afin de s'assurer de son efficacité.

Ainsi, sur la période postnuptiale, le suivi environnemental sera réalisé avec les fréquences suivantes :

- Un passage par semaine sur le mois de septembre et la première semaine d'octobre ;
- Un passage toutes les 2 semaines sur le reste du mois d'octobre et le mois de novembre.

Et sur la période prénuptiale, le suivi environnemental sera réalisé avec les fréquences suivantes :

- Un passage par semaine sur le mois de février et mars ;
- Un passage toutes les 2 semaines sur les mois d'avril et mai.

0 Annexes

Un rapport de fonctionnement sera transmis à l'inspection des installations classées à la fin de chaque période et au plus tard le 31 août de l'année n pour la période pré-nuptiale de l'année n et le 28 février de l'année n+1 pour la période post-nuptiale de l'année n incluant : les résultats du bridage dynamique et le rapport de suivi environnemental sur la période concernée.

Les dispositions du présent article s'appliquent jusqu'à validation du système.

Article 5 - Validation du système de bridage dynamique

Lorsque les données collectées permettront de justifier l'efficacité du système, l'exploitant pourra transmettre au préfet une demande de validation du bridage dynamique accompagnée de toutes les pièces justificatives.

Article 6 - Mortalité d'un Milan royal

En cas de constat de mortalité d'un Milan royal, pendant ou hors suivi environnemental, sans délai :

- L'exploitant met en place les prescriptions de l'article 7 (bridage diurne des machines) ;
- L'exploitant informe l'inspection des installations classées,

L'exploitant détermine les causes de cet impact, les défaillances du système et les évolutions à apporter au système de bridage dynamique.

Le bridage dynamique ne pourra être remis en fonctionnement qu'après accord explicite du préfet.

Article 7 - Bridage hors bridage dynamique

Les dispositions du présent article s'appliquent :

- En cas de défaillance, d'indisponibilité, ou de fonctionnement en dehors de la plage de fonctionnement nominal d'une des composantes du système de détection ou de bridage dynamique ;
- En cas de mortalité d'un Milan royal constatée malgré le fonctionnement du système de détection, d'effarouchement et de bridage dynamique.

La société Parc éolien des Sources du Mistral met en œuvre un bridage (arrêt des machines), sur le parc éolien des Sources du Mistral, pour prévenir les collisions de Milans royaux en migration sur les éoliennes.

Ce bridage est mis en œuvre afin d'interrompre le fonctionnement des éoliennes durant les périodes de migration des Milans royaux et d'éviter leur mortalité. Cette mesure s'applique entre une heure après le lever du soleil et jusqu'à une heure avant son coucher, sur chacune des éoliennes, du 1er février au 31 mai et du 1er septembre au 30 novembre.

L'exploitant tient à la disposition de l'inspection des installations classées les enregistrements permettant de justifier du respect de la mise en place de ce bridage dans le respect des conditions citées ci-dessus.

L'arrêté préfectoral N°1204 du 6 septembre 2021

Article 1 – Champ d'application

La société Parc éolien des Sources du Mistral dont le siège social se situe 2 rue André Bonin 69316 Lyon 04, ci-après dénommé l'exploitant, est tenue de se conformer aux prescriptions

0 Annexes

définies par le présent arrêté pour l'exploitation de son parc éolien situé sur le territoire des communes de Sacquenay et Chazeuil.

Article 2 Bridage chiroptères

L'exploitant met en œuvre un arrêt des machines, sur le parc éolien nommé « Sources du Mistral », afin de limiter les impacts vis-à-vis des chiroptères.

Cette mesure s'applique de la façon suivante :

- Sur la totalité des 9 éoliennes du parc :
 - entre le 1er avril et le 31 octobre ;
 - du coucher du soleil au lever du soleil ;
 - lorsque la vitesse du vent est inférieure à 5m/s ;
 - lorsque la température est supérieure ou égale à 12 °C ;
 - selon les modalités de pluviométries suivantes :
 - *En cas de présence d'un capteur de précipitations* : le fonctionnement des éoliennes est autorisé lorsque l'intensité de précipitation, mesurée sur une période n'excédant pas une minute, est supérieure à 0,2mm/h pendant plus de 10 min consécutives. Dès lors qu'une intensité inférieure à cette valeur est mesurée, les éoliennes sont de nouveau arrêtées après un délai n'excédant pas une minute ;
 - *En cas d'absence ou de dysfonctionnement d'un capteur de précipitations* : les éoliennes sont arrêtées quelles que soient les conditions de précipitation (absence ou présence de pluie).

Article 3 - Suivi environnemental général

L'exploitant réalise un suivi de mortalité afin de s'assurer de l'efficacité des mesures de bridage. Ce suivi devra répondre à la fois à l'analyse de l'efficacité du bridage pour les chauves-souris et à la demande de l'arrêté complémentaire du 18 août 2020 susvisé concernant le suivi du Milan Royal.

Ce suivi comprendra des écoutes des chiroptères en altitude, il sera réalisé sur un cycle biologique complet.

Le suivi devra respecter à minima le protocole de suivi environnemental édité par le ministère de la transition écologique et solidaire de 2015 complété en 2018.

Cette étude est transmise à l'inspection des installations classées dans les conditions fixées par l'article 2.3.2 de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié susvisé.

Article 4 publicité et notification

Le présent arrêté est notifié à la société Parc éolien des Sources du Mistral.

En vue de l'information des tiers :

1° Une copie du présent arrêté est déposée à la mairie des communes d'implantation du projet et peut y être consultée ;

2° Un extrait de cet arrêté est affiché à la mairie des communes d'implantation du projet pendant une durée minimum d'un mois ; procès-verbal de l'accomplissement de cette formalité est dressé par les soins du maire ;

3° L'arrêté est adressé à chaque conseil municipal et aux autres autorités locales ayant été consultées en application de l'article R.181-38 du code de l'environnement ;

0 Annexes

4° L'arrêté est publié sur le site internet des services de l'État dans le département où il a été délivré pendant une durée minimale de quatre mois.

Avec le 5 - Voies de recours

Conformément à l'article L.181-17 du code de l'environnement, le présent arrêté est soumis à un contentieux de pleine juridiction. Il peut être déféré à la Cour administrative d'appel de Lyon :

1° Par les pétitionnaires ou exploitants, dans un délai de deux mois à compter du jour où la décision leur a été notifiée ;

2° Par les tiers intéressés en raison des inconvénients ou des dangers pour les intérêts mentionnés à l'article L. 181-3, dans un délai de quatre mois à compter de :

- a) L'affichage en mairie dans les conditions prévues au 2° de l'article R. 181-44 ;
- b) La publication de la décision sur le site internet de la préfecture prévue au 4° du même article.

Le délai court à compter de la dernière formalité accomplie. Si l'affichage constitue cette dernière formalité, le délai court à compter du premier jour d'affichage de la décision.

Les décisions mentionnées au premier alinéa peuvent faire l'objet d'un recours gracieux ou hiérarchique dans le délai de deux mois. Ce recours administratif prolonge de deux mois le délai mentionné aux 1° et 2°.

La Cour administrative d'appel peut être saisie d'un recours déposé via l'application Télérecours citoyens accessible par le site internet www.telerecours.fr.

Article 6 - Exécution

Le Secrétaire Général de la Préfecture de Côte-d'Or, MM. les Maires de Saguenay et Chazeuil, ainsi que la DREAL de Bourgogne-Franche-Comté sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté dont une copie leur sera adressée.

1.2 Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées

Ce chapitre décrit la méthodologie mise en œuvre dans le cadre de l'étude réalisée sur le parc éolien des sources du Mistral. Il présente par ailleurs en détail les principales données collectées et analyses réalisées.

1.2.1 Principe de l'estimation de mortalité : méthodes, calculs et des incertitudes

L'objectif de ce suivi est de proposer une estimation de la mortalité réelle des chauves-souris et des oiseaux, au sein du parc. Le protocole national révisé en 2018 demande de préciser les incertitudes de l'estimation de la mortalité.

Principe de l'estimation de mortalité et formules utilisées

Les suivis de mortalité par recherche de cadavres au sol représentent actuellement la technique la plus régulièrement mise en œuvre. Il doit être rappelé que cette technique est soumise à des

biais inévitables (capacités de détection de l'observateur, taux de disparition des cadavres par prédation/décomposition, activités agricoles du travail du sol) qui requièrent la définition de coefficients correcteurs à différentes périodes de l'année, sous peine de rendre potentiellement inexploitable les données issues du suivi de mortalité.

Le principe général des estimations par éolienne est le suivant :

$$Ne = Nd / (a \times P(s,f))$$

Ne = nombre estimé le plus probable de chauves-souris ou d'oiseaux tués par les éoliennes au sein de la zone prospectée.

Nd = nombre total de cadavres découvert de chauves-souris ou d'oiseaux dont la mort est imputable aux éoliennes.

a = Coefficient correcteur de surface moyen pondéré, calculé par simple proportion du taux moyen de surfaces prospectées et pondéré par la durée inter-passage.

P(s,f) = **Probabilité de détection propre à chaque méthode d'estimation** (e.g. de Erickson, de Jones, de Huso, de Korner-Nievergelt etc.). Les équations sous-jacentes à chaque méthode d'estimation font toutes appel à **deux coefficients correcteurs** que sont le coefficient de persistance (**s**) (qui peut être exprimée comme une durée de persistance ou comme une probabilité de survie suivant les formules) et le coefficient d'efficacité de recherche moyen (**f**). La valeur de **P(s,f)** obtenue correspond à une probabilité de détection moyenne tenant compte du fait que certains cadavres sont manqués faute de détection parfaite et d'autre du fait de leur disparition. Associée au nombre de cadavres trouvés durant le suivi pour chaque éolienne (**Nd**) ainsi qu'à la surface moyenne prospectée (**a**), il est possible d'estimer la mortalité réelle. Ainsi **a x P(s,f)** correspond une probabilité globale de détection des cadavres.

Dans le cadre de ce travail et conformément aux directives du protocole national, nous réaliserons les différentes analyses permettant d'estimer indépendamment la mortalité pour les chiroptères et les oiseaux, suivant les formules de : Erickson et al., 2000 / Huso, 2010¹ / Korner-Nievergelt et al. 2011.

La détermination des coefficients correcteurs « **s** » et « **f** » est très importante du fait de leur effet sur l'estimation de **Ne**. C'est pour cela qu'il est particulièrement important d'avoir la capacité d'évaluer *a posteriori* la précision de leurs évaluations.

Détermination des coefficients correcteurs

Pour déterminer les deux coefficients correcteurs que sont le **coefficient de persistance (s)** et le **coefficient d'efficacité de recherche (f)**, deux tests doivent faire l'objet d'une mise en œuvre précise :

- **Les tests de persistance** permettent de mesurer la vitesse de disparition des cadavres (prédation, charognage, décomposition des cadavres) et donc le temps de persistance des cadavres une fois au sol. Ce facteur peut fortement varier dans le temps et l'espace. Les causes de disparition peuvent être multiples, soit par prélèvement (Renard roux, rapaces, corvidés, etc.) soit par l'action des insectes nécrophages (carabes, mouches, etc.).

Afin de respecter le protocole national (deux tests de prédation minimum), **trois tests de prédation** ont été réalisés dans le cadre du suivi de la mortalité (deux tests avaient été réalisés en 2019, 2020 et 2021). Ces tests ont été réalisés au cours du suivi pour que les résultats puissent être représentatifs des grandes périodes biologiques (saisons). Pour ce faire, les leures

• Erickson, W.P.; Johnson, G.D.; Strickland, M.; Kronner, K. (2000). *Final Report: avian and bat mortality associated with the Vansycle wind project.* pp 1-26.

• Huso, M. M. (2010). *An estimator of wildlife fatality from observed carcasses.* *Environmetrics*, 22(3), 318-329. doi: 10.1002/env.1052

• Korner-Nievergelt, F., Korner-Nievergelt, P., Behr, O., Niermann, I., Brinkmann, R., & Hellriegel, B. (2011). *A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches.* *Wildlife Biology*, 17(4), 350-363. doi: 10.2981/10-121

¹ Estimateur de référence obligatoire dans chaque étude.

0 Annexes

ont été disposés de manière aléatoire pour chaque éolienne suivie au sein des zones de prospections.

- **Les tests d'efficacité des recherches** permettent de prendre en considération les difficultés des observateurs à repérer les cadavres tombés au sol. Ce coefficient est fortement influencé par l'évolution de l'occupation du sol, d'une part, ainsi que par la taille/couleur des cadavres, d'autre part. Il est également variable en fonction des observateurs (capacités de détection propres). Pour limiter l'effet observateur, il est important que les recherches soient, dans la mesure du possible, réalisées par un observateur unique. Ces tests doivent être réalisés au cours du suivi pour permettre d'évaluer la capacité de détection de l'observateur dans un maximum de modalités d'occupation du sol afin de limiter les extrapolations.

Afin de répondre au protocole national mais aussi de couvrir une plus grande diversité d'occupation du sol (nécessaire en raison de la plus grande période couverte par le suivi de mortalité en 2022), **trois tests ont été réalisés dans le cadre du suivi de la mortalité** (en 2019 et 2020, 2 tests d'efficacité avaient été réalisés ; en 2021, trois tests avaient été réalisés pour couvrir également la période de suivi de mortalité plus importante que les années précédentes). Ces tests sont réalisés par la méthode de l'échantillonnage stratifié en fonction des différents types d'occupation du sol que l'observateur est susceptible de prospecter tout au long du suivi. Le moment de réalisation des tests doit permettre de tester l'observateur dans un maximum de situations d'occupation du sol, à l'échelle de l'ensemble du parc éolien. Un nombre de 10 à 15 leurres identiques sont disposés aléatoirement pour chaque catégorie d'occupation du sol à tester et sur l'ensemble du parc, à l'insu de l'observateur.

La détermination de coefficients correcteurs répétée selon les périodes de l'année constitue le principal élément permettant d'exploiter de façon fiable les résultats des suivis de mortalité par recherche de cadavres. Ces coefficients sont essentiels pour tirer des informations scientifiquement recevables du suivi de mortalité. **En l'absence de coefficients robustes, aucune conclusion ne peut être envisagée quant à la mortalité effective engendrée par le parc éolien.**

Méthodes statistiques et incertitudes

- Évaluation du coefficient moyen de persistance des cadavres

Afin d'estimer au mieux le coefficient, nous avons repris la démarche développée dans le package R « carcass » (Korner-Nievergelt et al. 2015), repris également par l'estimateur de Korner-Nievergelt (2011) ou encore « GenEst » (Dalthorp et al. 2018), c'est-à-dire l'utilisation d'un modèle de survie classique pouvant utiliser comparativement quatre lois de distribution possibles parmi : "exponential", "weibull", "lognormal" et "loglogistic". Ces distributions classiques décrivent de manière différente la vitesse à laquelle disparaissent les cadavres au cours du temps. Ainsi, cela permet de s'appuyer sur une de ces distributions pour prédire au plus juste la réalité observée lors des tests de prédation en fonction du type de leurre déployé (mammifères et/ou oiseaux), de la période du test et de l'éolienne. Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un processus classique de sélection de modèles par la pondération des AIC. Le modèle sélectionné permet d'estimer les paramètres recherchés avec leurs incertitudes (intervalles de confiance à 95%) et prédites en fonction des facteurs retenus. Ces facteurs, comme la période du test ou l'éolienne, sont retenus dès lors que ce facteur permet de mieux correspondre à la réalité observée des tests, comme une différence significative entre les tests et/ou entre éoliennes.

Pour déterminer la persistance, le modèle prédit une durée moyenne de persistance (et les probabilités de persistance moyennes) en tenant compte des facteurs retenus. Les estimations sont également associées à des incertitudes afin d'évaluer la précision *a posteriori* de ces estimations.

- Évaluation du coefficient moyen d'efficacité de recherche

Comme pour le coefficient de prédation, l'efficacité de recherche est calculée en se basant sur une approche de modélisation de l'efficacité de détection. Pour cela, nous utilisons un modèle GLM suivant une loi de distribution binomiale (comprise entre 0 et 1) et en fonction de plusieurs facteurs que sont : le type de leurre (taille, couleur par exemple), la période du test, le type d'occupation du sol et la hauteur de végétation. Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un processus classique de sélection de modèles par la pondération des AIC. Si le modèle permet de faire un lien direct entre l'efficacité de recherche et la hauteur de végétation, le modèle peut prédire les cas de figures d'occupation du sol qui n'auraient pu être testés. Dans le cas contraire, il est possible de s'appuyer objectivement sur les sorties de modèle pour les situations testées et sur leurs interpolations (situations intermédiaires non testées) pour compléter les types de végétations manquantes (extrapolation en s'appuyant sur le retour de la personne qui a réalisé le suivi et qui peut comparer les situations).

Cette approche statistique permet, à partir des tests réalisés, d'estimer l'efficacité de recherche pour l'ensemble des occupations du sol que l'opérateur a rencontré sur l'ensemble de la période de suivi. Les estimations sont également associées à des incertitudes afin d'évaluer la précision *a posteriori* de ces estimations.

- Évaluation des incertitudes

Une fois que les coefficients correcteurs moyens (s, f et a) sont calculés, une **probabilité globale de détection** c'est-à-dire $a \times P(s, f)$ est calculée pour chacune des éoliennes pour l'ensemble du suivi selon les trois méthodes d'estimation que sont : Erickson et al. (2000), Huso (2010) et Korner-Nievergelt et al. (2011). Il est alors possible de calculer la mortalité estimée la plus probable par éolienne. Elle est ensuite pondérée pour chaque éolienne par le coefficient correcteur de surface moyen pour intégrer la part des surfaces non prospectées et non prospectables. Puis le nombre d'observation est divisée par cette probabilité globale de détection.

● **L'AIC est l'anagramme du critère d'information d'Akaike, (en anglais Akaike information criterion ou AIC). Il s'agit d'un indice calculé pour évaluer la qualité d'un modèle statistique proposée par Hirotugu Akaike en 1973. Cet indice permet de comparer plusieurs modèles sur une base objective et notamment en pénalisant les modèles en fonction du nombre de paramètres (complexification) afin de satisfaire le critère de parcimonie. Les modèles avec une valeur d'AIC la plus faible sont les plus pertinents à sélectionner. L'AIC weight permet de classer les modèles par leur pourcentage d'intérêt relativement aux autres par pondération des valeurs d'AIC.**

● **** L'intervalle de confiance à 95% se caractérise par une borne basse et haute entre lesquelles la valeur réelle (et estimée statistiquement) a 95% de chance de se situer.**

Afin de déterminer les incertitudes des estimations de mortalités par éolienne, nous avons utilisé le théorème de Bayes tel qu'il est également utilisé dans le package R « carcass » (Korner-Nievergelt et al. 2015) et par Korner-Nievergelt (2011). Connaissant le nombre de cadavres trouvés ainsi que la probabilité globale de les détecter (c'est-à-dire les chances réelles de trouver un cadavre selon les différentes méthodes d'estimation), cette méthode permet de déterminer *a posteriori* l'intervalle de confiance à 95% associé.

Ce théorème a également pour avantage de pouvoir donner un intervalle de confiance à 95% même lorsqu'aucun cadavre n'a pu être détecté. L'intervalle de confiance, dans ce cas, correspond au nombre de cadavres pour lesquels l'opérateur avait 95% de chance de ne pas les détecter du fait des différentes contraintes rencontrées au cours du suivi. Cela permet de donner une limite au nombre de collisions maximum non détectables considérant les contraintes de prospection rencontrées durant le suivi. Ainsi, dans tous les cas, il est possible de déterminer une mortalité maximum par éolienne, même en l'absence de découverte de cadavre.

Limites générales à la démarche d'estimation de la mortalité :

Pour le moment, les incertitudes des différents coefficients correcteurs ne sont pas utilisées dans les calculs de l'incertitude de l'estimation de la mortalité. Toutefois, il est possible d'évaluer cela en regardant 1) les incertitudes de chaque coefficient correcteur pour vérifier leur qualité et 2) en analysant en même temps les incertitudes de l'estimation de mortalité finale elle-même. En effet, l'intervalle de confiance de l'estimation de mortalité sera d'autant plus large que la probabilité de détection globale moyenne est faible et que le nombre de cadavres découverts est grand.

L'utilisation de modèles, suivie d'une sélection par AIC pour déterminer les coefficients correcteurs (persistance et efficacité de recherche), a pour avantage 1) de générer les incertitudes aux coefficients correcteurs pour évaluer leur précision, 2) de prendre en compte le design expérimental des tests (notamment le nombre de leurres déployés qui limitent la capacité prédictive des modèles) en respectant les contraintes statistiques et aussi 3) de réaliser la meilleure stratification (intégration de tous facteurs influençant la détectabilité) pour décrire au plus juste la réalité du suivi. Toutefois, il n'est pas possible d'intégrer toutes les sources de variation, comme le travail des agriculteurs sur leurs parcelles. En effet, le travail du sol dépend de la météo et il est impossible de savoir à quel moment les agriculteurs vont passer sur leurs champs, entraînant l'enterrement involontaire/aléatoire des cadavres.

Tel que défini par le protocole national, « seules les zones à ciel ouvert et praticables sont prospectées. Le reste de la surface échantillon devra faire l'objet d'une correction proportionnelle par coefficient surfacique ». Les zones non prospectables sont définies comme 1) des secteurs de boisements ou alors 2) comme des végétations ne permettant pas de pénétrer dans la parcelle ou enfin 3) comme une parcelle où la détectabilité est proche de zéro. Par notre expérience, une végétation au-delà de 30 cm de hauteur limite très fortement la capacité de détection des cadavres. En fonction du type de couvert, le technicien a la possibilité de continuer à prospecter s'il estime que sa capacité de détection est encore significative ou de considérer la parcelle comme non prospectable. Les surfaces non prospectées sont alors prises en compte par le coefficient correcteur de surface

Le coefficient correcteur de surface par simple proportion, tel que demandé par le protocole national suppose comme hypothèse que la densité des cadavres est identique entre les zones prospectées et celles non prospectées. Par ailleurs, il est assez fréquent que le faible nombre de cadavres ne permette pas de quantifier la relation entre la densité de cadavres et la distance au sol de l'éolienne. Toutefois, ce sont majoritairement les zones éloignées des mats qui ont le plus de chance de ne pas pouvoir être prospectées du fait de la présence récurrente d'une plateforme et chemin d'accès prospectable au pied des éoliennes. Ainsi, considérer à tort que la densité est homogène, peu importe la distance à éolienne, est donc en général conservateur (ne réduit pas l'estimation) au contraire d'une relation distance dépendance (Arnett et al. 2005). Toutefois, ces zones non prospectables participent à minimiser la mortalité observée mais aussi à surestimer la mortalité estimée par l'effet direct du coefficient correcteur de surface sur la probabilité de détection globale.

0 Annexes

Suivant les formules, la probabilité globale de détection nécessite que la durée entre chaque passage reste identique tout au long du suivi ce qui est parfois difficile à mettre en œuvre, même si tout est fait pour respecter ce principe. Par ailleurs, la formule de Huso suppose qu'un cadavre manqué au premier passage après son apparition ne sera jamais découvert.

Tous les estimateurs utilisés ici se basent sur l'hypothèse que la mortalité est constante tout au long du suivi. Ce qui est vraisemblablement faux du fait des différentes phases du cycle biologique que peut couvrir un suivi. Des variables supplémentaires (comme l'activité acoustique pour les chiroptères), pourraient permettre de pondérer l'estimation de la mortalité en fonction de l'activité au cours du temps.

Le protocole national précise « Qu'il s'agisse du test d'efficacité ou du test de persistance des cadavres, il s'agira de s'assurer que les résultats permettent bien une utilisation statistique robuste dans l'estimation de la mortalité. ». Pour le test de persistance, le nombre de cadavres déployés va directement influencer la puissance statistique permettant d'estimer la vitesse de persistance moyenne, et d'autant plus si la vitesse de disparition est forte. En fonction de la pression de prédation (difficilement estimable au début du suivi), un nombre trop faible de cadavre (défini par défaut au début du suivi) peut impliquer l'incapacité d'estimer de manière robuste le coefficient de prédation pour chaque éolienne, voir même à l'échelle du parc. Ainsi, suivant les situations, cela peut remettre en cause cette demande spécifique du protocole national. Cela peut même engendrer l'incapacité de répondre au protocole national dans son ensemble si l'estimation de mortalité devient impossible. D'autre part, le nombre important de rats déposés (concentration), ainsi que leur taille et leur couleur peuvent générer des phénomènes d'attraction/saturation sur les prédateurs. Dans la mesure du possible, il convient d'éviter les souris/rats blancs mais cela est rarement possible en raison du manque de production de rongeurs gris. Ainsi, les rongeurs doivent correspondre le plus possible en taille à des chiroptères, en l'absence d'alternative satisfaisante (répétabilité des tests notamment).

Le protocole national prévoit également une « Analyse croisée avec les données et résultats de suivis d'activité en continu des chauves-souris (corrélations entre pics d'activité et mortalités, entre l'évolution du cortège d'espèces inventorié par suivi en continu en nacelle et la chronologie de la mortalité par espèce...) ». Comme les protocoles acoustique et mortalité sont réalisés de manière indépendante, notamment pour les éoliennes suivies, la cohérence des résultats reste très aléatoire. *A minima*, la comparaison sera descriptive et tentera de mettre en lumière les possibles liens entre ces deux sources de données.

1.2.2 Méthode de recherche des cadavres

Méthode par transects circulaires

Le protocole que nous avons mis en œuvre est adapté d'après Arnett et al. (2009) et Baerwald et al. (2009). **Il s'agit d'une méthode de suivi se basant sur des transects circulaires.** Ce type de transects **cible la zone théorique principale de présence de cadavres** liés à des phénomènes de collision, sous la principale zone de survol par les pales et ses abords.

Ce protocole présente plusieurs avantages :

- Il **optimise la surface échantillonnée** (suivi traditionnel prospectant une surface carrée, sans justification statistique) ;
- Il ne nécessite pas la pose de repères sur le terrain ;
- Il permet de conserver toute la concentration de l'observateur sur la recherche de cadavres sans perte d'attention sur sa position par rapport aux repères/transects.

Les prospections s'effectuent à pied sous les éoliennes et dans un rayon de 50 m autour de chaque éolienne : 11 cercles éloignés de 5 m les uns des autres, en partant du plus éloigné du mât de l'éolienne (50 m), jusqu'au pied de l'éolienne sont alors effectués.

Pour cela, nous avons utilisé un jeu de cordes et mousquetons. La première corde, tendue le plus haut possible autour du mat de l'éolienne, sert de fixation mobile à une seconde corde longue de 50 m et disposant de repères placés tous les 5 m permettant ainsi de tourner autour de l'éolienne tout en gardant un écartement constant entre chaque cercle. Ainsi, 11 cercles de diamètre variable ont été parcourus ainsi qu'un tour au pied de l'éolienne.

Pour chaque éolienne, nous prévoyons alors de parcourir environ 1 900 m de transect, à une vitesse de 2 km/h environ.

- ☞ Ainsi **39 passages** ont été réalisés entre le 3 février et le 05 décembre 2022, à raison de :
 - 1 passage par semaine de début février (semaine 5) à fin mars (semaine 14) soit 10 passages
 - 1 passage tous les 2 semaines de début avril (semaine 16) à mi-mai 2022 (semaine 20) soit 3 passages
 - 1 passage par semaine de mi-mai (semaine 21) à fin octobre 2022 (semaine 43) soit 23 passages
 - 1 passage toutes les 2 semaines sur novembre et décembre de semaine 45 à semaine 49 soit 3 passages
- ☞ **23 passages** avaient été effectués en 2019, **26 passages** en 2020 et **39 passages** en 2021.
- ☞ **Le nombre de passages a ainsi été considérablement augmenté en 2022 par rapport aux autres années.**

Données collectées

Le technicien utilise un outil QGIS sur sa tablette Android de terrain pour renseigner à chaque passage l'occupation du sol et les modalités de prospection à la parcelle. Chaque découverte de cadavre est enregistrée par le biais d'un formulaire standard renseigné dans une couche shapefile géolocalisée et tel que défini par le protocole national (2018) grâce à l'outil QGIS embarqué sur tablette. Les photos des cadavres produites par tablette sont associées à chaque enregistrement ainsi généré de la couche shapefile sous QGIS. En complément de ce rapport, cette couche pourra être transmise pour avoir tous les éléments de localisation et de conditions de découverte de chaque cadavre.

Détermination des cadavres

Les cadavres sont identifiés sur place par des experts ornithologues et chiroptérologues possédant une excellente connaissance de la faune locale. En cas de difficultés d'identification *in situ* (critères non visibles, traumatisme important, état de décomposition), les cadavres seront déterminés en laboratoire (loupes binoculaires), après avoir été conservés congelés. Une autorisation de transport préalable au suivi a été sollicitée auprès des services compétents.

Les ouvrages suivants sont utilisés, si nécessaire, pour appuyer les déterminations complexes :

- Dietz, C. et von Helversen, O. (2004). Illustrated identification key to the bats of Europe. Electronique publication, version 1.0 released 15.12.2004, Tuebingen & Erlangen (Germany). 72 p.
- Arthur, L. et Lemaire, M. (2009). Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse, Collection Parthénopé. Biotopé éditions, Publications scientifiques du muséum. 544 p.
- Marchesi, P., Blant, M. et Capt, S. (2008). Mammifères de Suisse - Clés de détermination. Neuchâtel, Fauna Helvetica, CSCF & SSBF. 289 p.
- Svensson L. (2014). Le guide ornitho, le guide le plus complet des oiseaux d'Europe, d'Afrique du nord et du Moyen-Orient. Delachaux et Niestlé. 448 p.

0 Annexes

- Brown R. et al. (2014). Traces et indices d'oiseaux ; pistes, nids, plumes, crânes... Delachaux et Niestlé. 333 p.
- FRAIGNEAU C. (2007). Reconnaître facilement les plumes – collecter, identifier, interpréter, conserver. Delachaux et Niestlé. 192 p.
- FRAIGNEAU C. (2017). Identifier les plumes des oiseaux d'Europe occidentale. Delachaux et Niestlé. 400 p.

Pour limiter les risques de modification comportementale des prédateurs (charognage) et éviter les doubles comptages, tous les cadavres découverts sont remplacés simplement en dehors de l'aire de prospection.

1.2.3 Étude de l'activité de l'avifaune

Fait l'objet d'un rapport distinct transmis avec celui-ci.

1.3 Équipe de travail et dates de prospection

1.3.1 Equipe de travail

La constitution d'une équipe pluridisciplinaire a été nécessaire dans le cadre de cette étude

Tableau 23 : Équipe de travail

Domaine d'intervention	Agents de Biotope
Contrôle qualité	Nicolas MEYER
Chef de projet Responsable et rédaction du projet	Landeline VALORY
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (10 sessions)	Mathilde POIROT
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (19 sessions)	Lucas BAUDEQUIN
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (10 sessions)	Clément CORDIER
Expert Ornithologue Récolte des données avifaune en migration	Clément CORDIER
Chargé d'étude Identification des chauves-souris - Analyse et rédaction	Agathe DUMONT

1.3.2 Prospections de terrain

Les dates de passages et les conditions météorologiques sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

39 passages ont été réalisés entre le 3 février et le 5 décembre 2022, à raison d'un passage par semaine en février et mars, puis de mi-mai à fin octobre et 1 passage toutes les deux semaines, d'avril à mi-mai puis en novembre-décembre. Le suivi a nécessité la réalisation en parallèle de 3 tests d'efficacité de la recherche et 3 tests de la prédation sur site.

23 passages avaient été effectués en 2019 puis 26 passages en 2020 et 39 passages en 2021.

Tableau 24 : Prospections de terrain et informations météorologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
Suivi de mortalité (39 passages)		
1	03/02/2022	Vent moyen : 0 km/h ; Température moyenne : 19,9°C ; Nébulosité : 100%
2	09/02/2022	Vent moyen : 0 km/h ; Température moyenne : 18,4°C ; Nébulosité : 0%
3	16/02/2022	Vent moyen : 0 km/h ; Température moyenne : 3°C ; Nébulosité : 101%
4	23/02/2022	Vent moyen : 1 km/h ; Température moyenne : 16,7°C ; Nébulosité : 98%
5	02/03/2022	Vent moyen : 0 km/h ; Température moyenne : 18,6°C ; Nébulosité : 100%
6	09/03/2022	Vent moyen : 1 km/h ; Température moyenne : 16,3°C ; Nébulosité : 0%
7	16/03/2022	Vent moyen : 1 km/h ; Température moyenne : 20°C ; Nébulosité : 75%
8	23/03/2022	Vent moyen : 1 km/h ; Température moyenne : 19,8°C ; Nébulosité : 0%
9	30/03/2022	Vent moyen : 1 km/h ; Température moyenne : 15°C ; Nébulosité : 98%
10	05/04/2022	Vent moyen : 0 km/h ; Température moyenne : 18,8°C ; Nébulosité : 100%
11	20/04/2022	Vent moyen : 1 km/h ; Température moyenne : 19,4°C ; Nébulosité : 0%
12	04/05/2022	Vent moyen : 1 km/h ; Température moyenne : 16,4°C ; Nébulosité : 0%
13	18/05/2022	Vent moyen : 1,9 km/h ; Température moyenne : 19,7°C ; Nébulosité : 0%
14	25/05/2022	Vent moyen : 1 km/h ; Température moyenne : 20°C ; Nébulosité : 88%
15	01/06/2022	Vent moyen : 1,4 km/h ; Température moyenne : 20°C ; Nébulosité : 90%
16	09/06/2022	Vent moyen : 1 km/h ; Température moyenne : 20°C ; Nébulosité : 95%
17	14/06/2022	Vent moyen : 1,7 km/h ; Température moyenne : 19,9°C ; Nébulosité : 0%
18	22/06/2022	Vent moyen : 1,3 km/h ; Température moyenne : 17,7°C ; Nébulosité : 98%
19	28/06/2022	Vent moyen : 1,6 km/h ; Température moyenne : 18,6°C ; Nébulosité : 100%
20	05/07/2022	Vent moyen : 1,7 km/h ; Température moyenne : 20°C ; Nébulosité : 0%
21	12/07/2022	Vent moyen : 1,8 km/h ; Température moyenne : 19,9°C ; Nébulosité : 0%
22	19/07/2022	Vent moyen : 2,8 km/h ; Température moyenne : 20°C ; Nébulosité : 0%
23	26/07/2022	Vent moyen : 1,7 km/h ; Température moyenne : 20°C ; Nébulosité : 89%
24	02/08/2022	Vent moyen : 2 km/h ; Température moyenne : 20°C ; Nébulosité : 0%
25	09/08/2022	Vent moyen : 2,1 km/h ; Température moyenne : 20°C ; Nébulosité : 0%

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
26	17/08/2022	Vent moyen : 1,7 km/h ; Température moyenne : 18,6°C ; Nébulosité : 91%
27	23/08/2022	Vent moyen : 1,9 km/h ; Température moyenne : 20°C ; Nébulosité : 88%
28	30/08/2022	Vent moyen : 1,4 km/h ; Température moyenne : 19,6°C ; Nébulosité : 94%
29	06/09/2022	Vent moyen : 1,9 km/h ; Température moyenne : 20°C ; Nébulosité : 98%
30	13/09/2022	Vent moyen : 1,8 km/h ; Température moyenne : 19,8°C ; Nébulosité : 92%
31	20/09/2022	Vent moyen : 1 km/h ; Température moyenne : 15,6°C ; Nébulosité : 92%
32	27/09/2022	Vent moyen : 0 km/h ; Température moyenne : 16,6°C ; Nébulosité : 100%
33	04/10/2022	Vent moyen : 1 km/h ; Température moyenne : 6,6°C ; Nébulosité : 106%
34	11/10/2022	Vent moyen : 1 km/h ; Température moyenne : 11,8°C ; Nébulosité : 98%
35	18/10/2022	Vent moyen : 1,4 km/h ; Température moyenne : 20°C ; Nébulosité : 92%
36	25/10/2022	Vent moyen : 1 km/h ; Température moyenne : 18,4°C ; Nébulosité : 100%
37	07/11/2022	Vent moyen : 1 km/h ; Température moyenne : 0°C ; Nébulosité : 96%
38	24/11/2022	Vent moyen : 0 km/h ; Température moyenne : 18,2°C ; Nébulosité : 97%
39	05/12/2022	Vent moyen : 0 km/h ; Température moyenne : 13,9°C ; Nébulosité : 100%
Tests de prédation (3 tests)		
Test 1	21/03/2022	Dépôt de 135 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Test 2	02/08/2022	Dépôt de 135 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Test 3	31/10/2022	Dépôt de 135 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Tests d'efficacité de recherche (3 tests)		
Test 1	23/03/2022	Dépôt de 166 leurres
Test 2	26/07/2022	Dépôt de 152 leurres
Test 3	25/10/2022	Dépôt de 111 leurres

1.4 Conditions de réalisation du suivi de mortalité

1.4.1 Occupation du sol et zones prospectées

Sur l'ensemble du suivi, les zones prospectées ont subi une forte évolution de l'occupation du sol (voir tableau et figures ci-après). Le couvert végétal dans les zones de recherche influence directement les capacités de l'observateur à détecter les cadavres. Les milieux herbacés hauts (> à 30/40 cm) et denses sont incompatibles avec les suivis.

Dans le cadre de cette étude, la végétation a été la seule contrainte dans la recherche de cadavres où pour certains passages, les recherches n'ont pas pu être menées sur la totalité des surfaces à prospecter.

L'ensemble de ces événements a été intégré dans les modalités de calcul par 1) le coefficient correcteur de surface et 2) le coefficient d'efficacité de recherche.

Tableau 25 : Bilan de l'occupation du sol pour les neuf éoliennes sur l'ensemble de la période de suivi.

Milieux	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	Parc éolien
Boisement				26%				27%		6%
Céréale	19%	45%	18%	5%	2%	11%	40%	31%		19%
Chaume	12%	4%	1%	13%	22%	37%	6%	3%		11%
Chemin d'accès		1%	6%	7%	5%	1%				2%
Colza	6%	16%	10%				13%	8%		6%
Déchaume	26%	14%		4%	6%	21%	15%	5%	4%	11%
Friche	21%									2%
Plateforme	13%	15%	14%	16%	16%	12%	13%	13%	14%	14%
Pois				16%	41%			1%	83%	16%
Prairie	3%	4%	32%	14%	8%	17%	13%	13%		12%
Sol champ nu			19%							2%
Total général	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Représentation en pourcentage des surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées par éolienne et pour le parc sur l'ensemble de la période de suivi. **Les zones en gris foncé représentent les occupations du sol non prospectables tout ou partie du suivi (efficacité de recherche nulle)**, et en blanc les occupations du sol qui ont été prospectables la majeure partie de la durée suivi (non prospectables uniquement ponctuellement).

0 Annexes

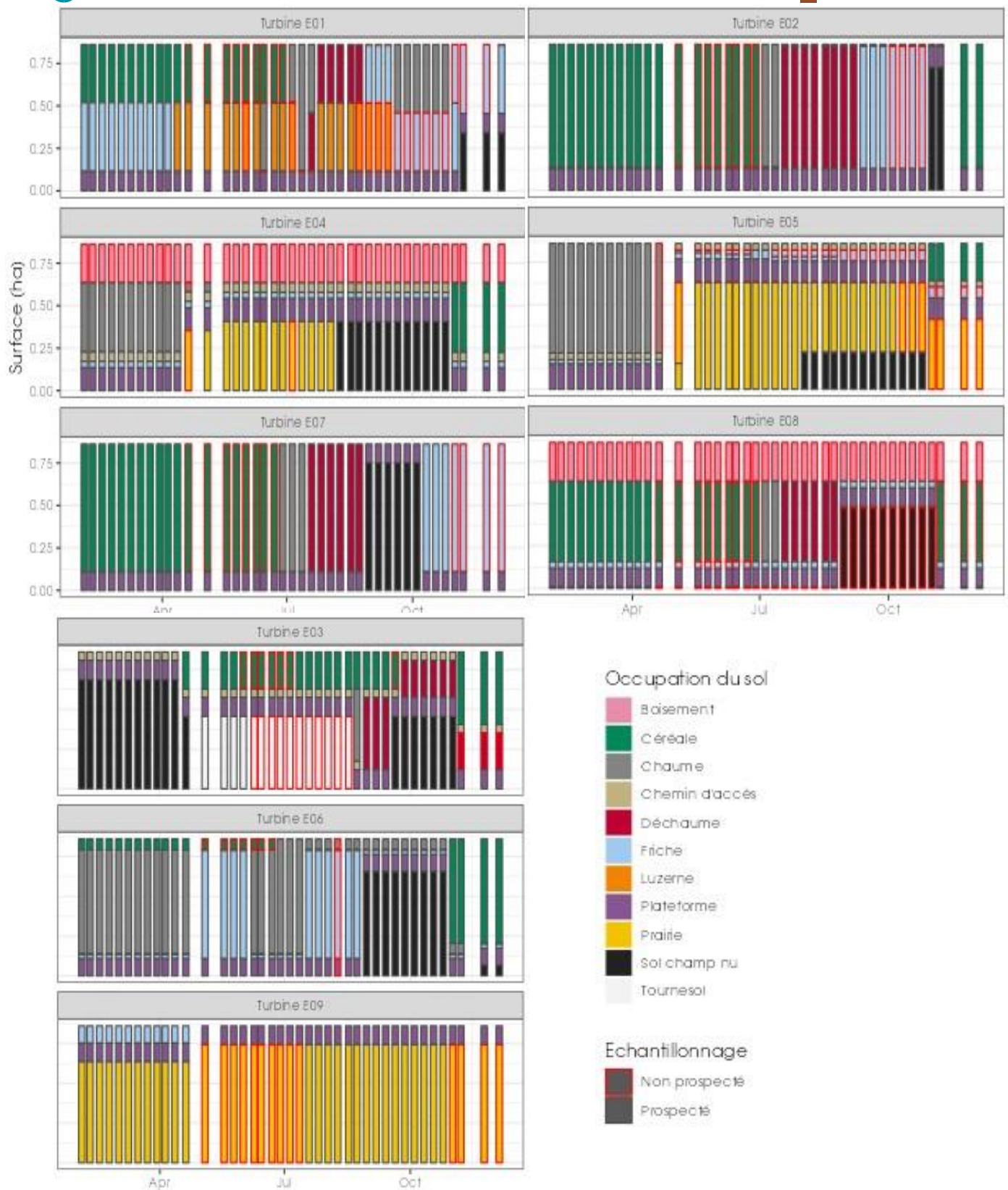


Figure 41 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi en 2022

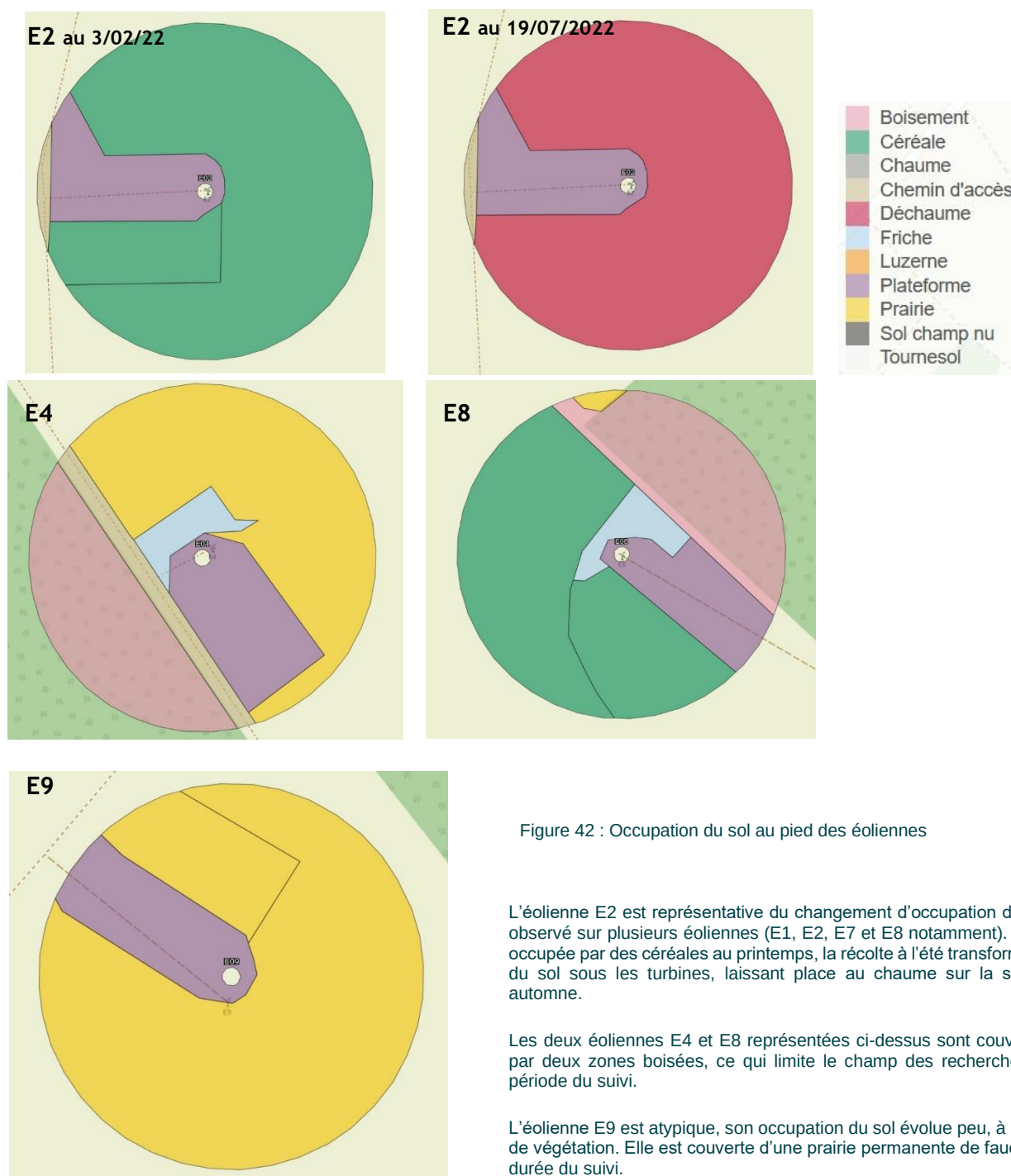


Figure 42 : Occupation du sol au pied des éoliennes

L'éolienne E2 est représentative du changement d'occupation du sol important observé sur plusieurs éoliennes (E1, E2, E7 et E8 notamment). Principalement occupée par des céréales au printemps, la récolte à l'été transforme l'occupation du sol sous les turbines, laissant place au chaume sur la saison de l'été-automne.

Les deux éoliennes E4 et E8 représentées ci-dessus sont couvertes en partie par deux zones boisées, ce qui limite le champ des recherches sur toute la période du suivi.

L'éolienne E9 est atypique, son occupation du sol évolue peu, à part en hauteur de végétation. Elle est couverte d'une prairie permanente de fauche sur toute la durée du suivi.

A Annexe 5 : Méthodologie appliquée

1.4.2 Évolution du taux de surface prospectée

Du fait principalement de l'évolution de la végétation, l'ensemble des surfaces n'a pas pu être prospectée tout au long du suivi. Ce taux de surface prospectée est variable dans le temps et différent pour chaque éolienne suivie. Le parc étant implanté en contexte agricole, la végétation évolue avec l'exploitation des cultures. C'est cette exploitation qui explique notamment une augmentation nette des surfaces prospectables en été après la période des moissons.

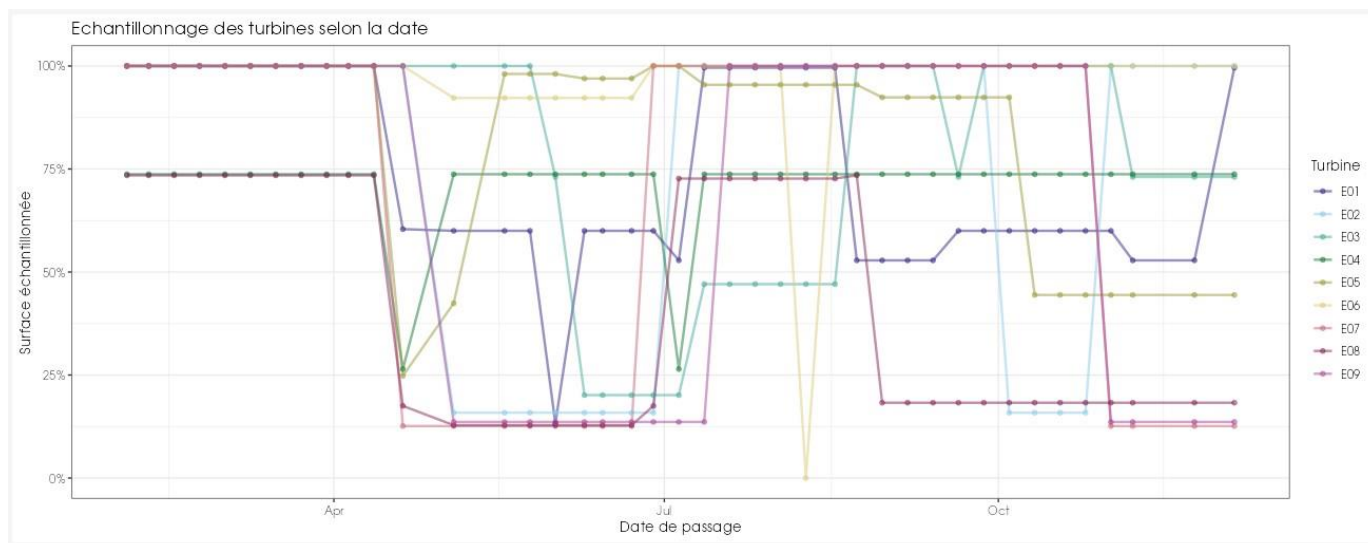


Figure 43 : Evolution du pourcentage de surface prospectée par passage

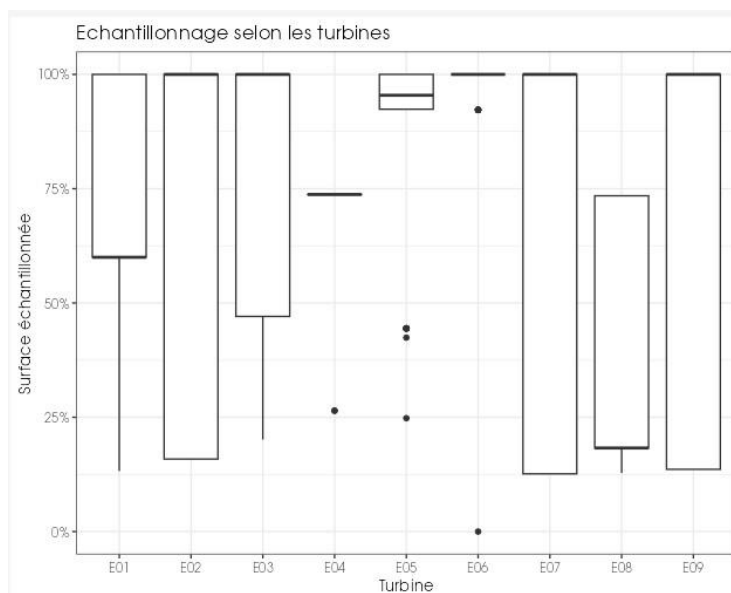


Figure 44 : Synthèse (boîte à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum)

A Annexe 5 : Méthodologie appliquée

1.4.3 Réalisation des tests de prédation

Les trois tests de prédation ont été réalisés sur 14 jours sous l'ensemble des éoliennes du parc. Les tests de prédation ont été réalisés par l'opérateur en charge du suivi de mortalité. La pose (J0), a été réalisée en début de semaine en dehors du cadre habituel d'un passage hebdomadaire « suivi de mortalité ». Pour chaque test, 135 cadavres de jeunes rats (15 rats par turbine, fraîchement décongelés, catégories « Petit rats 25-50g ») ont été disposés de manière aléatoire (localisations générées une fois seulement par SIG puis réutilisées pour chaque test) sur l'ensemble des zones de prospections (tampon de 50 m autour des éoliennes). Les visites de contrôle ont été menées lors de différents jours (J+1, J+2, J+4, J+7, J+10, J+14), tôt le matin, pendant deux semaines. L'opérateur avait la charge de noter la présence de tous les cadavres avec identification et localisation des cadavres disparus à chaque passage dédié.

1.4.4 Réalisation des tests d'efficacité de l'observateur

Pour les secteurs prospectés, ce coefficient varie en fonction du couvert végétal (densité, hauteur) et, donc, de la période de l'année. Celui-ci a été évalué en plaçant des leurres à l'insu de l'observateur. Au minimum, 15 leurres par grand type d'habitat observé à chaque test ont été disposés aléatoirement (soit de 75 à 135 leurres disposés par test, tableau ci-après). La pose est réalisée tôt le matin, avant le lancement du suivi. Des leurres non organiques ont été déployés (pas de risques de disparition par les prédateurs). La position de chaque leurre est enregistrée au GPS. Le test se déroule pendant la réalisation du suivi de mortalité par l'observateur selon le protocole habituel des transects circulaires. L'observateur a noté et localisé les leurres retrouvés et l'opérateur, en charge du test, contrôle à la fin du suivi de mortalité, le nombre de leurres découverts par catégorie d'occupation du sol testée.



Figure 45 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope

A Annexe 5 : Méthodologie appliquée

Tableau 26 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 3 tests).

Occupation du sol	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	Parc ensemble
Céréale	7	8	15			1	8	15		54
Chaume				5	25	30				60
Chemin d'accès			3	3	1					7
Déchaume	3	8	15				15	4		45
Friche	11			22	8	21		27	3	92
Luzerne	15									15
Plateforme	3	7	4	3	5		5	3	10	40
Prairie				15	15				15	45
Sol champ nu			15	2		5		3		25
Hauteur de végétation (en cm)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	Parc ensemble
0	3	7	19	8	6	5	5	6	10	69
5		8		7	23			15		53
10	25	8	18	15		7	8	15		96
15							15			15
20			15		15	15		1		46
25	11								18	29
30				15		30				45
50				5	10			15		30
Date de test	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	Parc ensemble
23/03/2022	18	11	11	22	27	16	10	30	21	166
26/07/2022	20	11	18	25	24	19	16	15	4	152
25/10/2022	1	1	23	3	3	22	2	7	3	65
Total	39	23	52	50	54	57	28	52	28	383

1.4.5 Limites propres à la mise en œuvre du suivi

La capacité de détection des cadavres est variable entre observateurs. C'est pour cette raison que la majeure partie du suivi a été réalisée par seulement 3 personnes (qui ont été testées).

La capacité de détection est variable en fonction de la hauteur de végétation, du recouvrement, et du type d'occupation du sol. Dans le but d'obtenir des données exploitables, la mise en place des tests s'est faite de manière à pouvoir bénéficier d'un maximum de cas de figure rencontrés par l'opérateur en charge du suivi. Au total, trois tests ont été réalisés en 2022. Ils permettent de couvrir 9 catégories d'occupation du sol ainsi que 8 hauteurs différentes de végétation et 13 recouvrements différents.

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Tableau 27 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations et interpolations) par type d'occupation du sol pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi. Les valeurs d'extrapolation renseignées à dire d'expert sont indiquées en gras.

Occupation du sol	Recouvrement	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
Céréale 0cm	0	0,36 [0,13 ; 0,68]		Interpolation
Céréale 0cm	20	0,44 [0,23 ; 0,68]		Interpolation
Céréale 0cm	40	0,53 [0,35 ; 0,7]		Interpolation
Céréale 0cm	45	0,55 [0,38 ; 0,71]		Interpolation
Céréale 0cm	50	0,57 [0,4 ; 0,73]		Interpolation
Céréale 0cm	60	0,61 [0,44 ; 0,76]		Interpolation
Céréale 0cm	70	0,65 [0,47 ; 0,8]		Interpolation
Céréale 0cm	80	0,69 [0,49 ; 0,84]		Interpolation
Céréale 0cm	90	0,73 [0,49 ; 0,88]		Interpolation
Céréale 0cm	95	0,75 [0,5 ; 0,9]		Interpolation
Céréale 0cm	100	0,76 [0,5 ; 0,91]		Interpolation
Céréale 10cm	0	0,59 [0,44 ; 0,73]	0,5 [0,25 ; 0,75]	Estimation
Céréale 10cm	10	0,59 [0,44 ; 0,73]	0,5 [0,25 ; 0,75]	Estimation
Céréale 10cm	15	0,6 [0,47 ; 0,73]	0,71 [0,43 ; 1]	Estimation
Céréale 10cm	20	0,61 [0,45 ; 0,75]	1 [1 ; 1]	Estimation
Céréale 10cm	30	0,61 [0,45 ; 0,75]	1 [1 ; 1]	Estimation
Céréale 10cm	40	0,62 [0,41 ; 0,8]		Interpolation
Céréale 10cm	45	0,6 [0,46 ; 0,73]		Interpolation
Céréale 10cm	50	0,6 [0,46 ; 0,73]		Interpolation
Céréale 10cm	60	0,59 [0,41 ; 0,75]		Interpolation
Céréale 10cm	70	0,58 [0,38 ; 0,76]		Interpolation
Céréale 10cm	80	0,58 [0,35 ; 0,78]		Interpolation
Céréale 10cm	90	0,58 [0,33 ; 0,79]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Céréale 10cm	95	0,57 [0,31 ; 0,8]		Interpolation
Céréale 10cm	100	0,62 [0,44 ; 0,76]		Interpolation
Céréale 20cm	0	0,65 [0,48 ; 0,79]	0,73 [0,47 ; 0,93]	Estimation
Céréale 20cm	15	0,65 [0,48 ; 0,79]	0,73 [0,47 ; 0,93]	Estimation
Céréale 20cm	20	0,83 [0,61 ; 0,94]		Interpolation
Céréale 20cm	20	0,76 [0,57 ; 0,88]		Interpolation
Céréale 20cm	40	0,67 [0,5 ; 0,81]		Interpolation
Céréale 20cm	45	0,62 [0,45 ; 0,77]		Interpolation
Céréale 20cm	50	0,57 [0,4 ; 0,73]		Interpolation
Céréale 20cm	60	0,52 [0,34 ; 0,7]		Interpolation
Céréale 20cm	60	0,46 [0,27 ; 0,67]		Interpolation
Céréale 20cm	70	0,41 [0,21 ; 0,65]		Interpolation
Céréale 20cm	80	0,39 [0,19 ; 0,63]		Interpolation
Céréale 20cm	90	0,36 [0,16 ; 0,62]		Interpolation
Céréale 25cm	95	0,89 [0,66 ; 0,97]		Interpolation
Céréale 25cm	100	0,82 [0,59 ; 0,93]		Interpolation
Céréale 25cm	0	0,71 [0,5 ; 0,85]		Interpolation
Céréale 25cm	20	0,67 [0,47 ; 0,83]		Interpolation
Céréale 25cm	40	0,64 [0,44 ; 0,8]		Interpolation
Céréale 25cm	45	0,56 [0,37 ; 0,74]		Interpolation
Céréale 25cm	45	0,48 [0,29 ; 0,68]		Interpolation
Céréale 25cm	50	0,41 [0,22 ; 0,62]		Interpolation
Céréale 25cm	60	0,33 [0,16 ; 0,57]		Interpolation
Céréale 25cm	70	0,3 [0,13 ; 0,55]		Interpolation
Céréale 25cm	80	0,27 [0,11 ; 0,53]		Interpolation
Céréale 30cm	90	0,93 [0,7 ; 0,99]		Interpolation
Céréale 30cm	95	0,86 [0,61 ; 0,96]		Interpolation
Céréale 30cm	100	0,74 [0,49 ; 0,89]		Interpolation
Céréale 30cm	0	0,69 [0,45 ; 0,86]		Interpolation
Céréale 30cm	20	0,65 [0,42 ; 0,83]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Céréale 30cm	40	0,55 [0,34 ; 0,75]		Interpolation
Céréale 30cm	45	0,45 [0,25 ; 0,66]		Interpolation
Céréale 30cm	50	0,35 [0,18 ; 0,57]		Interpolation
Céréale 30cm	60	0,26 [0,11 ; 0,5]		Interpolation
Céréale 30cm	70	0,23 [0,09 ; 0,46]		Interpolation
Céréale 30cm	80	0,19 [0,07 ; 0,43]		Interpolation
Céréale 35cm	90	0,3 [0,14 ; 0,53]		Interpolation
Céréale 40cm	95	0,25 [0,11 ; 0,48]		Interpolation
Céréale 45cm	100	0,9 [0,54 ; 0,99]		Interpolation
Céréale 50cm	0	0,99 [0,8 ; 1]		Interpolation
Céréale 50cm	20	0,96 [0,63 ; 1]		Interpolation
Céréale 50cm	40	0,84 [0,42 ; 0,97]		Interpolation
Céréale 50cm	45	0,77 [0,36 ; 0,95]		Interpolation
Céréale 50cm	50	0,7 [0,31 ; 0,92]		Interpolation
Céréale 50cm	60	0,51 [0,21 ; 0,8]		Interpolation
Céréale 50cm	70	0,32 [0,12 ; 0,61]		Interpolation
Céréale 50cm	80	0,17 [0,06 ; 0,4]		Interpolation
Céréale 50cm	90	0,09 [0,02 ; 0,26]		Interpolation
Céréale 50cm	95	0,06 [0,02 ; 0,2]		Interpolation
Céréale 50cm	100	0,04 [0,01 ; 0,16]		Interpolation
Céréale 50cm	80	0,88 [0,48 ; 0,98]		Interpolation
Céréale 5cm	80	0,53 [0,34 ; 0,71]	0,47 [0,2 ; 0,73]	Estimation
Céréale 5cm	30	0,49 [0,26 ; 0,73]		Interpolation
Céréale 5cm	0	0,57 [0,41 ; 0,71]		Interpolation
Céréale 5cm	20	0,58 [0,43 ; 0,71]		Interpolation
Céréale 5cm	35	0,59 [0,44 ; 0,72]		Interpolation
Céréale 5cm	40	0,6 [0,44 ; 0,74]		Interpolation
Céréale 5cm	45	0,62 [0,44 ; 0,77]		Interpolation
Céréale 5cm	50	0,64 [0,43 ; 0,8]		Interpolation
Céréale 5cm	60	0,66 [0,42 ; 0,84]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Céréale 5cm	70	0,67 [0,41 ; 0,85]		Interpolation
Céréale 5cm	80	0,67 [0,4 ; 0,86]		Interpolation
Céréale 5cm	90	0,52 [0,32 ; 0,71]		Interpolation
Céréale 5cm	95	0,55 [0,38 ; 0,7]		Interpolation
Céréale 5cm	100	0,51 [0,3 ; 0,72]		Interpolation
Chaume 0cm	0	0,6 [0,21 ; 0,89]		Interpolation
Chaume 0cm	20	0,68 [0,36 ; 0,89]		Interpolation
Chaume 0cm	40	0,75 [0,53 ; 0,89]		Interpolation
Chaume 0cm	45	0,76 [0,57 ; 0,89]		Interpolation
Chaume 0cm	50	0,78 [0,6 ; 0,89]		Interpolation
Chaume 0cm	60	0,81 [0,67 ; 0,9]		Interpolation
Chaume 0cm	70	0,83 [0,72 ; 0,91]		Interpolation
Chaume 0cm	80	0,86 [0,76 ; 0,92]		Interpolation
Chaume 0cm	90	0,88 [0,78 ; 0,93]		Interpolation
Chaume 0cm	95	0,89 [0,78 ; 0,94]		Interpolation
Chaume 0cm	100	0,89 [0,79 ; 0,95]		Interpolation
Chaume 10cm	0	0,78 [0,66 ; 0,87]	0,8 [0,6 ; 1]	Estimation
Chaume 10cm	20	0,81 [0,53 ; 0,94]		Interpolation
Chaume 10cm	40	0,81 [0,59 ; 0,92]		Interpolation
Chaume 10cm	45	0,8 [0,65 ; 0,9]		Interpolation
Chaume 10cm	50	0,8 [0,66 ; 0,89]		Interpolation
Chaume 10cm	60	0,8 [0,67 ; 0,88]		Interpolation
Chaume 10cm	70	0,79 [0,68 ; 0,87]		Interpolation
Chaume 10cm	80	0,79 [0,69 ; 0,86]		Interpolation
Chaume 10cm	90	0,79 [0,69 ; 0,86]		Interpolation
Chaume 10cm	95	0,78 [0,68 ; 0,86]		Interpolation
Chaume 10cm	100	0,78 [0,67 ; 0,86]		Interpolation
Chaume 10cm	0	0,79 [0,69 ; 0,87]		Interpolation
Chaume 10cm	20	0,79 [0,69 ; 0,87]		Interpolation
Chaume 20cm	40	0,74 [0,64 ; 0,82]	0,6 [0,43 ; 0,77]	Estimation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Chaume 20cm	45	0,74 [0,64 ; 0,82]	0,6 [0,43 ; 0,77]	Estimation
Chaume 20cm	50	0,6 [0,47 ; 0,72]	0,6 [0,33 ; 0,8]	Estimation
Chaume 20cm	60	0,83 [0,69 ; 0,91]	0,8 [0,6 ; 1]	Estimation
Chaume 20cm	65	0,93 [0,75 ; 0,98]		Interpolation
Chaume 20cm	65	0,89 [0,72 ; 0,96]		Interpolation
Chaume 20cm	70	0,84 [0,7 ; 0,93]		Interpolation
Chaume 20cm	80	0,81 [0,68 ; 0,9]		Interpolation
Chaume 20cm	90	0,78 [0,66 ; 0,86]		Interpolation
Chaume 20cm	95	0,7 [0,6 ; 0,78]		Interpolation
Chaume 20cm	100	0,65 [0,54 ; 0,74]		Interpolation
Chaume 20cm	0	0,62 [0,5 ; 0,73]		Interpolation
Chaume 20cm	20	0,86 [0,71 ; 0,94]		Interpolation
Chaume 20cm	35	0,86 [0,71 ; 0,94]		Interpolation
Chaume 25cm	35	0,96 [0,8 ; 0,99]		Interpolation
Chaume 25cm	40	0,92 [0,76 ; 0,98]		Interpolation
Chaume 25cm	45	0,86 [0,71 ; 0,94]		Interpolation
Chaume 25cm	50	0,84 [0,69 ; 0,93]		Interpolation
Chaume 25cm	60	0,82 [0,68 ; 0,91]		Interpolation
Chaume 25cm	70	0,77 [0,64 ; 0,86]		Interpolation
Chaume 25cm	70	0,71 [0,6 ; 0,8]		Interpolation
Chaume 25cm	80	0,64 [0,54 ; 0,74]		Interpolation
Chaume 25cm	90	0,57 [0,45 ; 0,68]		Interpolation
Chaume 25cm	95	0,53 [0,41 ; 0,65]		Interpolation
Chaume 25cm	100	0,49 [0,36 ; 0,63]		Interpolation
Chaume 30cm	0	0,43 [0,31 ; 0,57]	0,53 [0,27 ; 0,8]	Estimation
Chaume 30cm	20	0,97 [0,83 ; 1]		Interpolation
Chaume 30cm	40	0,94 [0,78 ; 0,99]		Interpolation
Chaume 30cm	45	0,88 [0,71 ; 0,96]		Interpolation
Chaume 30cm	50	0,86 [0,68 ; 0,94]		Interpolation
Chaume 30cm	60	0,83 [0,66 ; 0,92]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Chaume 30cm	70	0,76 [0,61 ; 0,87]		Interpolation
Chaume 30cm	80	0,68 [0,55 ; 0,79]		Interpolation
Chaume 30cm	90	0,59 [0,47 ; 0,69]		Interpolation
Chaume 30cm	95	0,48 [0,36 ; 0,61]		Interpolation
Chaume 30cm	100	0,38 [0,25 ; 0,54]		Interpolation
Chaume 50cm	0	0,2 [0,1 ; 0,36]		Estimation
Chaume 50cm	20	0,14 [0,06 ; 0,3]	0,3 [0,1 ; 0,6]	Estimation
Chaume 50cm	40	1 [0,9 ; 1]		Interpolation
Chaume 50cm	45	0,99 [0,81 ; 1]		Interpolation
Chaume 50cm	50	0,93 [0,66 ; 0,99]		Interpolation
Chaume 50cm	60	0,9 [0,62 ; 0,98]		Interpolation
Chaume 50cm	70	0,86 [0,57 ; 0,97]		Interpolation
Chaume 50cm	80	0,73 [0,45 ; 0,9]		Interpolation
Chaume 50cm	90	0,55 [0,33 ; 0,75]		Interpolation
Chaume 50cm	95	0,35 [0,2 ; 0,54]		Interpolation
Chaume 50cm	100	0,1 [0,04 ; 0,25]		Interpolation
Chaume 5cm	0	0,79 [0,64 ; 0,89]	0,93 [0,8 ; 1]	Estimation
Chaume 5cm	20	0,72 [0,37 ; 0,92]		Interpolation
Chaume 5cm	40	0,75 [0,48 ; 0,9]		Interpolation
Chaume 5cm	45	0,77 [0,59 ; 0,89]		Interpolation
Chaume 5cm	50	0,78 [0,62 ; 0,89]		Interpolation
Chaume 5cm	60	0,8 [0,68 ; 0,88]		Interpolation
Chaume 5cm	70	0,81 [0,71 ; 0,89]		Interpolation
Chaume 5cm	80	0,82 [0,73 ; 0,89]		Interpolation
Chaume 5cm	90	0,83 [0,73 ; 0,9]		Interpolation
Chaume 5cm	95	0,84 [0,73 ; 0,91]		Interpolation
Chaume 5cm	100	0,84 [0,73 ; 0,92]		Interpolation
Chaume 60cm	25	0,99 [0,78 ; 1]		Interpolation
Chemin d'accès 0cm	0	0,75 [0,37 ; 0,94]	0,75 [0,38 ; 1]	Estimation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Chemin d'accès 0cm	0	0,75 [0,37 ; 0,94]	0,75 [0,38 ; 1]	Estimation
Chemin d'accès 0cm	20	0,81 [0,44 ; 0,96]		Interpolation
Chemin d'accès 0cm	40	0,86 [0,49 ; 0,97]		Interpolation
Chemin d'accès 0cm	45	0,87 [0,5 ; 0,98]		Interpolation
Chemin d'accès 0cm	50	0,88 [0,51 ; 0,98]		Interpolation
Chemin d'accès 0cm	60	0,89 [0,52 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 0cm	70	0,91 [0,53 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 0cm	80	0,92 [0,54 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 0cm	90	0,93 [0,54 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 0cm	95	0,94 [0,54 ; 1]		Interpolation
Chemin d'accès 0cm	100	0,94 [0,55 ; 1]		Interpolation
Chemin d'accès 10cm	0	0,9 [0,58 ; 0,98]		Interpolation
Chemin d'accès 10cm	20	0,89 [0,56 ; 0,98]		Interpolation
Chemin d'accès 10cm	40	0,89 [0,52 ; 0,98]		Interpolation
Chemin d'accès 10cm	45	0,89 [0,51 ; 0,98]		Interpolation
Chemin d'accès 10cm	50	0,89 [0,5 ; 0,98]		Interpolation
Chemin d'accès 10cm	60	0,89 [0,47 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 10cm	70	0,88 [0,45 ; 0,99]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Chemin d'accès 10cm	80	0,88 [0,42 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 10cm	90	0,88 [0,39 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 10cm	95	0,88 [0,37 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 10cm	100	0,88 [0,36 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 20cm	0	0,96 [0,7 ; 1]		Interpolation
Chemin d'accès 20cm	20	0,94 [0,63 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 20cm	40	0,92 [0,53 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 20cm	45	0,91 [0,5 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 20cm	50	0,9 [0,48 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 20cm	60	0,88 [0,42 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 20cm	70	0,85 [0,36 ; 0,98]		Interpolation
Chemin d'accès 20cm	80	0,82 [0,3 ; 0,98]		Interpolation
Chemin d'accès 20cm	90	0,79 [0,25 ; 0,98]		Interpolation
Chemin d'accès 20cm	95	0,77 [0,23 ; 0,97]		Interpolation
Chemin d'accès 20cm	100	0,75 [0,2 ; 0,97]		Interpolation
Chemin d'accès 25cm	0	0,98 [0,74 ; 1]		Interpolation
Chemin d'accès 25cm	20	0,96 [0,65 ; 1]		Interpolation
Chemin d'accès 25cm	40	0,93 [0,53 ; 0,99]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Chemin d'accès 25cm	45	0,92 [0,49 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 25cm	50	0,9 [0,46 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 25cm	60	0,87 [0,39 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 25cm	70	0,83 [0,32 ; 0,98]		Interpolation
Chemin d'accès 25cm	80	0,79 [0,25 ; 0,98]		Interpolation
Chemin d'accès 25cm	90	0,73 [0,19 ; 0,97]		Interpolation
Chemin d'accès 25cm	95	0,7 [0,17 ; 0,96]		Interpolation
Chemin d'accès 25cm	100	0,66 [0,14 ; 0,96]		Interpolation
Chemin d'accès 30cm	0	0,99 [0,78 ; 1]		Interpolation
Chemin d'accès 30cm	20	0,97 [0,67 ; 1]		Interpolation
Chemin d'accès 30cm	40	0,94 [0,52 ; 1]		Interpolation
Chemin d'accès 30cm	45	0,92 [0,48 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 30cm	50	0,91 [0,44 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 30cm	60	0,87 [0,36 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 30cm	70	0,81 [0,28 ; 0,98]		Interpolation
Chemin d'accès 30cm	80	0,74 [0,21 ; 0,97]		Interpolation
Chemin d'accès 30cm	90	0,66 [0,15 ; 0,96]		Interpolation
Chemin d'accès 30cm	95	0,61 [0,12 ; 0,95]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Chemin d'accès 30cm	100	0,56 [0,1 ; 0,94]		Interpolation
Chemin d'accès 50cm	0	1 [0,86 ; 1]		Interpolation
Chemin d'accès 50cm	20	0,99 [0,72 ; 1]		Interpolation
Chemin d'accès 50cm	40	0,96 [0,49 ; 1]		Interpolation
Chemin d'accès 50cm	45	0,95 [0,42 ; 1]		Interpolation
Chemin d'accès 50cm	50	0,92 [0,36 ; 1]		Interpolation
Chemin d'accès 50cm	60	0,85 [0,24 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 50cm	70	0,71 [0,15 ; 0,97]		Interpolation
Chemin d'accès 50cm	80	0,53 [0,08 ; 0,93]		Interpolation
Chemin d'accès 50cm	90	0,33 [0,04 ; 0,86]		Interpolation
Chemin d'accès 50cm	95	0,25 [0,03 ; 0,8]		Interpolation
Chemin d'accès 50cm	100	0,18 [0,02 ; 0,73]		Interpolation
Chemin d'accès 5cm	0	0,84 [0,49 ; 0,97]		Interpolation
Chemin d'accès 5cm	20	0,86 [0,51 ; 0,97]		Interpolation
Chemin d'accès 5cm	40	0,87 [0,51 ; 0,98]		Interpolation
Chemin d'accès 5cm	45	0,88 [0,51 ; 0,98]		Interpolation
Chemin d'accès 5cm	50	0,88 [0,5 ; 0,98]		Interpolation
Chemin d'accès 5cm	60	0,89 [0,5 ; 0,99]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Chemin d'accès 5cm	70	0,9 [0,49 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 5cm	80	0,9 [0,48 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 5cm	90	0,91 [0,47 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 5cm	95	0,91 [0,46 ; 0,99]		Interpolation
Chemin d'accès 5cm	100	0,92 [0,45 ; 0,99]		Interpolation
Déchaume 0cm	0	0,08 [0,01 ; 0,43]		Interpolation
Déchaume 0cm	20	0,12 [0,02 ; 0,44]		Interpolation
Déchaume 0cm	40	0,16 [0,04 ; 0,46]		Interpolation
Déchaume 0cm	45	0,17 [0,04 ; 0,47]		Interpolation
Déchaume 0cm	50	0,18 [0,05 ; 0,48]		Interpolation
Déchaume 0cm	60	0,21 [0,06 ; 0,51]		Interpolation
Déchaume 0cm	70	0,24 [0,08 ; 0,54]		Interpolation
Déchaume 0cm	80	0,27 [0,09 ; 0,58]		Interpolation
Déchaume 0cm	90	0,31 [0,11 ; 0,62]		Interpolation
Déchaume 0cm	95	0,33 [0,11 ; 0,65]		Interpolation
Déchaume 0cm	100	0,34 [0,12 ; 0,67]		Interpolation
Déchaume 10cm	0	0,19 [0,06 ; 0,45]	0,19 [0 ; 0,38]	Estimation
Déchaume 10cm	5	0,21 [0,04 ; 0,62]		Interpolation
Déchaume 10cm	10	0,21 [0,05 ; 0,56]		Interpolation
Déchaume 10cm	20	0,2 [0,06 ; 0,51]		Interpolation
Déchaume 10cm	40	0,2 [0,06 ; 0,5]		Interpolation
Déchaume 10cm	45	0,2 [0,06 ; 0,49]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Déchaume 10cm	50	0,19 [0,06 ; 0,47]		Interpolation
Déchaume 10cm	60	0,19 [0,06 ; 0,46]		Interpolation
Déchaume 10cm	70	0,18 [0,06 ; 0,45]		Interpolation
Déchaume 10cm	80	0,18 [0,06 ; 0,45]		Interpolation
Déchaume 10cm	90	0,18 [0,06 ; 0,45]		Interpolation
Déchaume 10cm	95	0,21 [0,05 ; 0,61]		Interpolation
Déchaume 15cm	100	0,15 [0,05 ; 0,4]		Interpolation
Déchaume 15cm	0	0,24 [0,07 ; 0,57]		Interpolation
Déchaume 20cm	5	0,45 [0,11 ; 0,84]		Interpolation
Déchaume 20cm	20	0,34 [0,09 ; 0,73]		Interpolation
Déchaume 20cm	40	0,25 [0,07 ; 0,6]		Interpolation
Déchaume 20cm	45	0,23 [0,07 ; 0,56]		Interpolation
Déchaume 20cm	50	0,21 [0,06 ; 0,52]		Interpolation
Déchaume 20cm	60	0,18 [0,05 ; 0,46]		Interpolation
Déchaume 20cm	70	0,15 [0,05 ; 0,4]		Interpolation
Déchaume 20cm	80	0,13 [0,04 ; 0,34]		Interpolation
Déchaume 20cm	90	0,1 [0,03 ; 0,3]		Interpolation
Déchaume 20cm	95	0,09 [0,03 ; 0,28]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Déchaume 20cm	100	0,09 [0,02 ; 0,26]		Interpolation
Déchaume 20cm	35	0,11 [0,03 ; 0,32]		Interpolation
Déchaume 25cm	80	0,58 [0,15 ; 0,92]		Interpolation
Déchaume 25cm	0	0,42 [0,11 ; 0,81]		Interpolation
Déchaume 25cm	20	0,28 [0,08 ; 0,65]		Interpolation
Déchaume 25cm	40	0,25 [0,07 ; 0,6]		Interpolation
Déchaume 25cm	45	0,22 [0,06 ; 0,55]		Interpolation
Déchaume 25cm	50	0,17 [0,05 ; 0,46]		Interpolation
Déchaume 25cm	60	0,13 [0,04 ; 0,37]		Interpolation
Déchaume 25cm	70	0,1 [0,03 ; 0,3]		Interpolation
Déchaume 25cm	80	0,08 [0,02 ; 0,24]		Interpolation
Déchaume 25cm	85	0,07 [0,02 ; 0,22]		Interpolation
Déchaume 25cm	90	0,06 [0,01 ; 0,19]		Interpolation
Déchaume 30cm	95	0,7 [0,19 ; 0,96]		Interpolation
Déchaume 30cm	100	0,51 [0,13 ; 0,88]		Interpolation
Déchaume 30cm	0	0,31 [0,08 ; 0,7]		Interpolation
Déchaume 30cm	20	0,27 [0,07 ; 0,65]		Interpolation
Déchaume 30cm	40	0,23 [0,06 ; 0,58]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Déchaume 30cm	45	0,17 [0,05 ; 0,46]		Interpolation
Déchaume 30cm	50	0,12 [0,03 ; 0,35]		Interpolation
Déchaume 30cm	60	0,08 [0,02 ; 0,26]		Interpolation
Déchaume 30cm	70	0,06 [0,01 ; 0,19]		Interpolation
Déchaume 30cm	80	0,05 [0,01 ; 0,16]		Interpolation
Déchaume 30cm	90	0,04 [0,01 ; 0,14]		Interpolation
Déchaume 50cm	95	0,95 [0,34 ; 1]		Interpolation
Déchaume 50cm	100	0,81 [0,18 ; 0,99]		Interpolation
Déchaume 50cm	0	0,46 [0,08 ; 0,89]		Interpolation
Déchaume 50cm	20	0,36 [0,06 ; 0,82]		Interpolation
Déchaume 50cm	40	0,27 [0,05 ; 0,73]		Interpolation
Déchaume 50cm	45	0,14 [0,03 ; 0,49]		Interpolation
Déchaume 50cm	50	0,07 [0,02 ; 0,27]		Interpolation
Déchaume 50cm	60	0,03 [0,01 ; 0,14]		Interpolation
Déchaume 50cm	70	0,02 [0 ; 0,07]		Interpolation
Déchaume 50cm	80	0,01 [0 ; 0,05]		Interpolation
Déchaume 50cm	90	0,01 [0 ; 0,04]		Interpolation
Déchaume 5cm	95	0,14 [0,02 ; 0,52]		Interpolation
Déchaume 5cm	100	0,16 [0,03 ; 0,49]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Déchaume 5cm	0	0,18 [0,05 ; 0,48]		Interpolation
Déchaume 5cm	20	0,18 [0,05 ; 0,48]		Interpolation
Déchaume 5cm	40	0,19 [0,05 ; 0,48]		Interpolation
Déchaume 5cm	45	0,2 [0,06 ; 0,49]		Interpolation
Déchaume 5cm	50	0,21 [0,07 ; 0,5]		Interpolation
Déchaume 5cm	60	0,23 [0,07 ; 0,51]		Interpolation
Déchaume 5cm	70	0,24 [0,08 ; 0,54]		Interpolation
Déchaume 5cm	80	0,25 [0,08 ; 0,55]		Interpolation
Déchaume 5cm	90	0,25 [0,08 ; 0,56]		Interpolation
Déchaume 5cm	95	0,14 [0,03 ; 0,51]		Interpolation
Déchaume 5cm	100	0,15 [0,03 ; 0,51]		Interpolation
Friche 0cm	0	0,53 [0,14 ; 0,88]		Estimation
Friche 0cm	20	0,61 [0,25 ; 0,88]		Interpolation
Friche 0cm	40	0,69 [0,4 ; 0,88]		Interpolation
Friche 0cm	45	0,71 [0,44 ; 0,88]		Interpolation
Friche 0cm	50	0,73 [0,48 ; 0,88]		Interpolation
Friche 0cm	60	0,76 [0,56 ; 0,89]		Interpolation
Friche 0cm	70	0,79 [0,62 ; 0,89]		Interpolation
Friche 0cm	80	0,82 [0,68 ; 0,91]		Interpolation
Friche 0cm	90	0,84 [0,71 ; 0,92]		Interpolation
Friche 0cm	95	0,85 [0,72 ; 0,93]		Interpolation
Friche 0cm	100	0,86 [0,73 ; 0,94]		Interpolation
Friche 10cm	0	0,73 [0,59 ; 0,83]	0,8 [0,6 ; 1]	Estimation
Friche 10cm	20	0,77 [0,42 ; 0,94]		Interpolation
Friche 10cm	40	0,76 [0,48 ; 0,92]		Interpolation
Friche 10cm	45	0,75 [0,53 ; 0,89]		Interpolation
Friche 10cm	50	0,75 [0,54 ; 0,88]		Interpolation
Friche 10cm	60	0,75 [0,56 ; 0,87]		Interpolation
Friche 10cm	70	0,74 [0,58 ; 0,86]		Interpolation
Friche 10cm	80	0,74 [0,59 ; 0,85]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Friche 10cm	90	0,73 [0,6 ; 0,84]		Interpolation
Friche 10cm	95	0,73 [0,6 ; 0,83]		Interpolation
Friche 10cm	100	0,73 [0,59 ; 0,83]		Interpolation
Friche 15cm	0	0,65 [0,51 ; 0,76]		Interpolation
Friche 15cm	20	0,69 [0,55 ; 0,79]		Interpolation
Friche 20cm	40	0,53 [0,39 ; 0,66]		Estimation
Friche 20cm	45	0,91 [0,66 ; 0,98]		Interpolation
Friche 20cm	50	0,86 [0,64 ; 0,96]		Interpolation
Friche 20cm	60	0,8 [0,61 ; 0,91]		Interpolation
Friche 20cm	70	0,78 [0,6 ; 0,9]		Interpolation
Friche 20cm	80	0,77 [0,59 ; 0,88]		Interpolation
Friche 20cm	90	0,73 [0,57 ; 0,84]		Interpolation
Friche 20cm	95	0,68 [0,54 ; 0,79]		Interpolation
Friche 20cm	100	0,63 [0,5 ; 0,74]		Interpolation
Friche 20cm	80	0,58 [0,46 ; 0,7]		Interpolation
Friche 20cm	95	0,55 [0,43 ; 0,68]		Interpolation
Friche 25cm	0	0,42 [0,29 ; 0,56]		Estimation
Friche 25cm	20	0,42 [0,29 ; 0,56]		Estimation
Friche 25cm	40	0,46 [0,33 ; 0,59]	0,18 [0 ; 0,45]	Estimation
Friche 25cm	45	0,94 [0,73 ; 0,99]		Interpolation
Friche 25cm	50	0,9 [0,68 ; 0,97]		Interpolation
Friche 25cm	60	0,83 [0,62 ; 0,93]		Interpolation
Friche 25cm	70	0,8 [0,61 ; 0,91]		Interpolation
Friche 25cm	80	0,78 [0,59 ; 0,89]		Interpolation
Friche 25cm	90	0,72 [0,55 ; 0,84]		Interpolation
Friche 25cm	95	0,65 [0,51 ; 0,77]		Interpolation
Friche 25cm	100	0,57 [0,45 ; 0,69]		Interpolation
Friche 25cm	0	0,5 [0,37 ; 0,62]		Interpolation
Friche 30cm	20	0,37 [0,24 ; 0,51]	0,47 [0,2 ; 0,67]	Estimation
Friche 30cm	40	0,37 [0,24 ; 0,51]	0,47 [0,2 ; 0,67]	Estimation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Friche 30cm	45	0,97 [0,78 ; 1]		Interpolation
Friche 30cm	50	0,93 [0,71 ; 0,98]		Interpolation
Friche 30cm	60	0,85 [0,63 ; 0,95]		Interpolation
Friche 30cm	70	0,82 [0,61 ; 0,93]		Interpolation
Friche 30cm	80	0,78 [0,58 ; 0,9]		Interpolation
Friche 30cm	90	0,71 [0,53 ; 0,84]		Interpolation
Friche 30cm	95	0,62 [0,47 ; 0,75]		Interpolation
Friche 30cm	100	0,52 [0,39 ; 0,64]		Interpolation
Friche 30cm	100	0,41 [0,29 ; 0,55]		Interpolation
Friche 30cm	0	0,32 [0,2 ; 0,47]		Interpolation
Friche 40cm	20	0,16 [0,08 ; 0,32]		Interpolation
Friche 50cm	40	0,48 [0,28 ; 0,69]	0,6 [0,33 ; 0,87]	Estimation
Friche 50cm	45	0,48 [0,28 ; 0,69]	0,6 [0,33 ; 0,87]	Estimation
Friche 50cm	50	1 [0,88 ; 1]		Interpolation
Friche 50cm	60	0,98 [0,77 ; 1]		Interpolation
Friche 50cm	70	0,91 [0,6 ; 0,99]		Interpolation
Friche 50cm	80	0,87 [0,55 ; 0,97]		Interpolation
Friche 50cm	90	0,82 [0,5 ; 0,95]		Interpolation
Friche 50cm	95	0,67 [0,39 ; 0,87]		Interpolation
Friche 50cm	95	0,29 [0,16 ; 0,46]		Interpolation
Friche 50cm	100	0,16 [0,07 ; 0,3]		Interpolation
Friche 50cm	100	0,11 [0,04 ; 0,25]		Interpolation
Friche 50cm	0	0,08 [0,03 ; 0,2]		Interpolation
Friche 5cm	20	0,8 [0,67 ; 0,89]	0,93 [0,8 ; 1]	Estimation
Friche 5cm	40	0,66 [0,26 ; 0,91]		Interpolation
Friche 5cm	45	0,69 [0,36 ; 0,9]		Interpolation
Friche 5cm	50	0,72 [0,47 ; 0,88]		Interpolation
Friche 5cm	60	0,73 [0,5 ; 0,88]		Interpolation
Friche 5cm	70	0,74 [0,52 ; 0,88]		Interpolation
Friche 5cm	70	0,75 [0,57 ; 0,87]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Friche 5cm	80	0,76 [0,61 ; 0,87]		Interpolation
Friche 5cm	90	0,78 [0,64 ; 0,87]		Interpolation
Friche 5cm	95	0,79 [0,66 ; 0,88]		Interpolation
Friche 5cm	100	0,8 [0,66 ; 0,89]		Interpolation
Friche 75cm	100	0,01 [0 ; 0,06]		Interpolation
Luzerne 10cm	50	0,75 [0,56 ; 0,87]		Extrapolation
Luzerne 10cm	65	0,74 [0,58 ; 0,86]		Extrapolation
Luzerne 10cm	95	0,73 [0,6 ; 0,83]		Extrapolation
Luzerne 20cm	60	0,73 [0,57 ; 0,84]		Extrapolation
Luzerne 25cm	50	0,78 [0,59 ; 0,89]		Extrapolation
Luzerne 25cm	75	0,65 [0,51 ; 0,77]		Extrapolation
Luzerne 30cm	85	0,52 [0,39 ; 0,64]		Extrapolation
Luzerne 35cm	80	0,52 [0,39 ; 0,64]		Extrapolation
Luzerne 45cm	100	0,08 [0,03 ; 0,2]		Extrapolation
Luzerne 50cm	100	0,08 [0,03 ; 0,2]		Extrapolation
Plateforme 0cm	0	0,82 [0,66 ; 0,91]	0,82 [0,68 ; 0,92]	Estimation
Plateforme 0cm	0	0,82 [0,66 ; 0,91]	0,82 [0,68 ; 0,92]	Estimation
Plateforme 0cm	20	0,86 [0,71 ; 0,94]		Interpolation
Plateforme 0cm	40	0,9 [0,73 ; 0,97]		Interpolation
Plateforme 0cm	45	0,91 [0,73 ; 0,97]		Interpolation
Plateforme 0cm	50	0,91 [0,73 ; 0,98]		Interpolation
Plateforme 0cm	60	0,93 [0,74 ; 0,98]		Interpolation
Plateforme 0cm	70	0,94 [0,73 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 0cm	80	0,95 [0,73 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 0cm	90	0,95 [0,73 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 0cm	95	0,96 [0,73 ; 1]		Interpolation
Plateforme 0cm	100	0,96 [0,73 ; 1]		Interpolation
Plateforme 10cm	0	0,93 [0,8 ; 0,98]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Plateforme 10cm	20	0,93 [0,77 ; 0,98]		Interpolation
Plateforme 10cm	40	0,92 [0,74 ; 0,98]		Interpolation
Plateforme 10cm	45	0,92 [0,73 ; 0,98]		Interpolation
Plateforme 10cm	50	0,92 [0,72 ; 0,98]		Interpolation
Plateforme 10cm	60	0,92 [0,69 ; 0,98]		Interpolation
Plateforme 10cm	70	0,92 [0,66 ; 0,98]		Interpolation
Plateforme 10cm	80	0,92 [0,63 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 10cm	90	0,92 [0,59 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 10cm	95	0,91 [0,58 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 10cm	100	0,91 [0,56 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 20cm	0	0,97 [0,85 ; 1]		Interpolation
Plateforme 20cm	20	0,96 [0,8 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 20cm	40	0,94 [0,73 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 20cm	45	0,94 [0,71 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 20cm	50	0,93 [0,68 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 20cm	60	0,91 [0,63 ; 0,98]		Interpolation
Plateforme 20cm	70	0,89 [0,57 ; 0,98]		Interpolation
Plateforme 20cm	80	0,87 [0,51 ; 0,98]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Plateforme 20cm	90	0,85 [0,44 ; 0,98]		Interpolation
Plateforme 20cm	95	0,83 [0,4 ; 0,97]		Interpolation
Plateforme 20cm	100	0,82 [0,37 ; 0,97]		Interpolation
Plateforme 25cm	0	0,99 [0,86 ; 1]		Interpolation
Plateforme 25cm	20	0,97 [0,81 ; 1]		Interpolation
Plateforme 25cm	40	0,95 [0,72 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 25cm	45	0,94 [0,69 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 25cm	50	0,93 [0,66 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 25cm	60	0,91 [0,6 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 25cm	70	0,88 [0,52 ; 0,98]		Interpolation
Plateforme 25cm	80	0,84 [0,44 ; 0,97]		Interpolation
Plateforme 25cm	90	0,8 [0,36 ; 0,97]		Interpolation
Plateforme 25cm	95	0,77 [0,32 ; 0,96]		Interpolation
Plateforme 25cm	100	0,74 [0,28 ; 0,96]		Interpolation
Plateforme 30cm	0	0,99 [0,88 ; 1]		Interpolation
Plateforme 30cm	20	0,98 [0,81 ; 1]		Interpolation
Plateforme 30cm	40	0,96 [0,71 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 30cm	45	0,95 [0,68 ; 0,99]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Plateforme 30cm	50	0,94 [0,64 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 30cm	60	0,91 [0,56 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 30cm	70	0,86 [0,47 ; 0,98]		Interpolation
Plateforme 30cm	80	0,81 [0,38 ; 0,97]		Interpolation
Plateforme 30cm	90	0,74 [0,28 ; 0,95]		Interpolation
Plateforme 30cm	95	0,7 [0,24 ; 0,94]		Interpolation
Plateforme 30cm	100	0,65 [0,2 ; 0,93]		Interpolation
Plateforme 50cm	0	1 [0,92 ; 1]		Interpolation
Plateforme 50cm	20	0,99 [0,83 ; 1]		Interpolation
Plateforme 50cm	40	0,98 [0,66 ; 1]		Interpolation
Plateforme 50cm	45	0,96 [0,6 ; 1]		Interpolation
Plateforme 50cm	50	0,95 [0,54 ; 1]		Interpolation
Plateforme 50cm	60	0,89 [0,4 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 50cm	70	0,78 [0,27 ; 0,97]		Interpolation
Plateforme 50cm	80	0,62 [0,16 ; 0,93]		Interpolation
Plateforme 50cm	90	0,42 [0,09 ; 0,85]		Interpolation
Plateforme 50cm	95	0,33 [0,06 ; 0,79]		Interpolation
Plateforme 50cm	100	0,25 [0,04 ; 0,73]		Interpolation
Plateforme 5cm	0	0,88 [0,75 ; 0,95]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Plateforme 5cm	20	0,9 [0,75 ; 0,96]		Interpolation
Plateforme 5cm	40	0,91 [0,74 ; 0,97]		Interpolation
Plateforme 5cm	45	0,91 [0,73 ; 0,98]		Interpolation
Plateforme 5cm	50	0,92 [0,73 ; 0,98]		Interpolation
Plateforme 5cm	60	0,92 [0,71 ; 0,98]		Interpolation
Plateforme 5cm	70	0,93 [0,7 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 5cm	80	0,93 [0,68 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 5cm	90	0,94 [0,67 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 5cm	95	0,94 [0,66 ; 0,99]		Interpolation
Plateforme 5cm	100	0,94 [0,65 ; 0,99]		Interpolation
Prairie 0cm	0	0,68 [0,22 ; 0,94]		Interpolation
Prairie 0cm	20	0,75 [0,36 ; 0,94]		Interpolation
Prairie 0cm	40	0,81 [0,53 ; 0,94]		Interpolation
Prairie 0cm	45	0,82 [0,57 ; 0,94]		Interpolation
Prairie 0cm	50	0,83 [0,61 ; 0,94]		Interpolation
Prairie 0cm	60	0,86 [0,68 ; 0,94]		Interpolation
Prairie 0cm	70	0,88 [0,74 ; 0,95]		Interpolation
Prairie 0cm	80	0,89 [0,78 ; 0,95]		Interpolation
Prairie 0cm	90	0,91 [0,81 ; 0,96]		Interpolation
Prairie 0cm	95	0,92 [0,82 ; 0,96]		Interpolation
Prairie 0cm	100	0,92 [0,83 ; 0,97]		Interpolation
Prairie 10cm	0	0,83 [0,7 ; 0,92]	0,93 [0,8 ; 1]	Estimation
Prairie 10cm	20	0,86 [0,53 ; 0,97]		Interpolation
Prairie 10cm	40	0,86 [0,59 ; 0,96]		Interpolation
Prairie 10cm	45	0,85 [0,64 ; 0,95]		Interpolation
Prairie 10cm	50	0,85 [0,65 ; 0,94]		Interpolation
Prairie 10cm	60	0,85 [0,66 ; 0,94]		Interpolation
Prairie 10cm	70	0,84 [0,68 ; 0,93]		Interpolation
Prairie 10cm	80	0,84 [0,69 ; 0,93]		Interpolation
Prairie 10cm	90	0,84 [0,7 ; 0,92]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Prairie 10cm	95	0,84 [0,7 ; 0,92]		Interpolation
Prairie 10cm	100	0,83 [0,7 ; 0,92]		Interpolation
Prairie 10cm	90	0,83 [0,7 ; 0,92]		Interpolation
Prairie 15cm	90	0,76 [0,61 ; 0,87]		Interpolation
Prairie 15cm	0	0,76 [0,61 ; 0,87]		Interpolation
Prairie 20cm	20	0,95 [0,75 ; 0,99]		Interpolation
Prairie 20cm	40	0,92 [0,73 ; 0,98]		Interpolation
Prairie 20cm	45	0,88 [0,7 ; 0,96]		Interpolation
Prairie 20cm	50	0,87 [0,69 ; 0,96]		Interpolation
Prairie 20cm	60	0,86 [0,68 ; 0,95]		Interpolation
Prairie 20cm	70	0,83 [0,65 ; 0,93]		Interpolation
Prairie 20cm	80	0,8 [0,63 ; 0,91]		Interpolation
Prairie 20cm	90	0,76 [0,59 ; 0,88]		Interpolation
Prairie 20cm	95	0,72 [0,55 ; 0,85]		Interpolation
Prairie 20cm	95	0,7 [0,52 ; 0,83]		Interpolation
Prairie 20cm	100	0,68 [0,5 ; 0,82]		Interpolation
Prairie 25cm	100	0,61 [0,42 ; 0,78]	0,53 [0,27 ; 0,73]	Estimation
Prairie 25cm	100	0,61 [0,42 ; 0,78]	0,53 [0,27 ; 0,73]	Estimation
Prairie 25cm	0	0,97 [0,81 ; 1]		Interpolation
Prairie 25cm	20	0,94 [0,77 ; 0,99]		Interpolation
Prairie 25cm	40	0,9 [0,71 ; 0,97]		Interpolation
Prairie 25cm	45	0,88 [0,69 ; 0,96]		Interpolation
Prairie 25cm	50	0,87 [0,68 ; 0,95]		Interpolation
Prairie 25cm	60	0,83 [0,64 ; 0,93]		Interpolation
Prairie 25cm	70	0,78 [0,59 ; 0,9]		Interpolation
Prairie 25cm	80	0,72 [0,53 ; 0,85]		Interpolation
Prairie 25cm	90	0,65 [0,46 ; 0,8]		Interpolation
Prairie 25cm	95	0,58 [0,38 ; 0,75]		Interpolation
Prairie 30cm	100	0,98 [0,85 ; 1]		Interpolation
Prairie 30cm	0	0,96 [0,79 ; 0,99]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Prairie 30cm	20	0,91 [0,72 ; 0,98]		Interpolation
Prairie 30cm	40	0,89 [0,69 ; 0,97]		Interpolation
Prairie 30cm	45	0,87 [0,67 ; 0,96]		Interpolation
Prairie 30cm	50	0,82 [0,61 ; 0,93]		Interpolation
Prairie 30cm	60	0,75 [0,54 ; 0,89]		Interpolation
Prairie 30cm	70	0,67 [0,46 ; 0,82]		Interpolation
Prairie 30cm	80	0,57 [0,37 ; 0,75]		Interpolation
Prairie 30cm	90	0,52 [0,32 ; 0,72]		Interpolation
Prairie 30cm	95	0,47 [0,27 ; 0,68]		Interpolation
Prairie 35cm	95	0,36 [0,18 ; 0,6]		Interpolation
Prairie 50cm	100	1 [0,92 ; 1]		Interpolation
Prairie 50cm	0	0,99 [0,84 ; 1]		Interpolation
Prairie 50cm	20	0,95 [0,7 ; 0,99]		Interpolation
Prairie 50cm	40	0,93 [0,65 ; 0,99]		Interpolation
Prairie 50cm	45	0,89 [0,6 ; 0,98]		Interpolation
Prairie 50cm	50	0,79 [0,48 ; 0,94]		Interpolation
Prairie 50cm	60	0,63 [0,34 ; 0,85]		Interpolation
Prairie 50cm	70	0,44 [0,21 ; 0,7]		Interpolation
Prairie 50cm	80	0,26 [0,1 ; 0,52]		Interpolation
Prairie 50cm	90	0,19 [0,06 ; 0,44]		Interpolation
Prairie 50cm	95	0,14 [0,04 ; 0,37]		Interpolation
Prairie 5cm	100	0,89 [0,77 ; 0,95]	0,87 [0,67 ; 1]	Estimation
Prairie 5cm	100	0,78 [0,37 ; 0,96]		Interpolation
Prairie 5cm	0	0,81 [0,48 ; 0,95]		Interpolation
Prairie 5cm	20	0,83 [0,59 ; 0,94]		Interpolation
Prairie 5cm	40	0,84 [0,61 ; 0,94]		Interpolation
Prairie 5cm	45	0,84 [0,64 ; 0,94]		Interpolation
Prairie 5cm	50	0,85 [0,68 ; 0,94]		Interpolation
Prairie 5cm	60	0,86 [0,71 ; 0,94]		Interpolation
Prairie 5cm	70	0,87 [0,74 ; 0,94]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Prairie 5cm	80	0,88 [0,76 ; 0,94]		Interpolation
Prairie 5cm	90	0,88 [0,77 ; 0,94]		Interpolation
Prairie 8cm	95	0,85 [0,73 ; 0,93]		Interpolation
Prairie 8cm	100	0,85 [0,73 ; 0,93]		Interpolation
Sol champ nu 0cm	0	0,74 [0,53 ; 0,88]	0,82 [0,64 ; 0,95]	Estimation
Sol champ nu 0cm	0	0,74 [0,53 ; 0,88]	0,82 [0,64 ; 0,95]	Estimation
Sol champ nu 0cm	10	0,8 [0,6 ; 0,92]		Interpolation
Sol champ nu 0cm	20	0,85 [0,63 ; 0,95]		Interpolation
Sol champ nu 0cm	40	0,86 [0,63 ; 0,96]		Interpolation
Sol champ nu 0cm	45	0,87 [0,64 ; 0,96]		Interpolation
Sol champ nu 0cm	50	0,89 [0,64 ; 0,97]		Interpolation
Sol champ nu 0cm	60	0,91 [0,64 ; 0,98]		Interpolation
Sol champ nu 0cm	70	0,92 [0,64 ; 0,99]		Interpolation
Sol champ nu 0cm	80	0,93 [0,64 ; 0,99]		Interpolation
Sol champ nu 0cm	90	0,94 [0,64 ; 0,99]		Interpolation
Sol champ nu 0cm	95	0,94 [0,63 ; 0,99]		Interpolation
Sol champ nu 0cm	100	0,77 [0,57 ; 0,9]		Interpolation
Sol champ nu 10cm	0	0,89 [0,68 ; 0,97]	0,33 [0 ; 1]	Estimation
Sol champ nu 10cm	20	0,89 [0,71 ; 0,97]		Interpolation
Sol champ nu 10cm	40	0,89 [0,64 ; 0,97]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Sol champ nu 10cm	45	0,89 [0,63 ; 0,97]		Interpolation
Sol champ nu 10cm	50	0,88 [0,62 ; 0,97]		Interpolation
Sol champ nu 10cm	60	0,88 [0,59 ; 0,97]		Interpolation
Sol champ nu 10cm	70	0,88 [0,56 ; 0,98]		Interpolation
Sol champ nu 10cm	80	0,88 [0,52 ; 0,98]		Interpolation
Sol champ nu 10cm	90	0,88 [0,49 ; 0,98]		Interpolation
Sol champ nu 10cm	95	0,87 [0,47 ; 0,98]		Interpolation
Sol champ nu 10cm	100	0,87 [0,45 ; 0,98]		Interpolation
Sol champ nu 20cm	0	0,96 [0,78 ; 0,99]		Interpolation
Sol champ nu 20cm	20	0,94 [0,72 ; 0,99]		Interpolation
Sol champ nu 20cm	40	0,91 [0,64 ; 0,98]		Interpolation
Sol champ nu 20cm	45	0,9 [0,61 ; 0,98]		Interpolation
Sol champ nu 20cm	50	0,89 [0,59 ; 0,98]		Interpolation
Sol champ nu 20cm	60	0,87 [0,53 ; 0,98]		Interpolation
Sol champ nu 20cm	70	0,85 [0,46 ; 0,97]		Interpolation
Sol champ nu 20cm	80	0,82 [0,4 ; 0,97]		Interpolation
Sol champ nu 20cm	90	0,78 [0,33 ; 0,96]		Interpolation
Sol champ nu 20cm	95	0,76 [0,3 ; 0,96]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Sol champ nu 20cm	100	0,74 [0,27 ; 0,96]		Interpolation
Sol champ nu 25cm	0	0,98 [0,81 ; 1]		Interpolation
Sol champ nu 25cm	20	0,96 [0,73 ; 0,99]		Interpolation
Sol champ nu 25cm	40	0,92 [0,63 ; 0,99]		Interpolation
Sol champ nu 25cm	45	0,91 [0,6 ; 0,99]		Interpolation
Sol champ nu 25cm	50	0,9 [0,56 ; 0,98]		Interpolation
Sol champ nu 25cm	60	0,87 [0,49 ; 0,98]		Interpolation
Sol champ nu 25cm	70	0,83 [0,42 ; 0,97]		Interpolation
Sol champ nu 25cm	80	0,78 [0,34 ; 0,96]		Interpolation
Sol champ nu 25cm	90	0,72 [0,27 ; 0,95]		Interpolation
Sol champ nu 25cm	95	0,69 [0,23 ; 0,94]		Interpolation
Sol champ nu 25cm	100	0,65 [0,2 ; 0,93]		Interpolation
Sol champ nu 30cm	0	0,99 [0,83 ; 1]		Interpolation
Sol champ nu 30cm	20	0,97 [0,74 ; 1]		Interpolation
Sol champ nu 30cm	40	0,93 [0,62 ; 0,99]		Interpolation
Sol champ nu 30cm	45	0,92 [0,58 ; 0,99]		Interpolation
Sol champ nu 30cm	50	0,9 [0,54 ; 0,99]		Interpolation
Sol champ nu 30cm	60	0,86 [0,46 ; 0,98]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Sol champ nu 30cm	70	0,81 [0,37 ; 0,97]		Interpolation
Sol champ nu 30cm	80	0,73 [0,28 ; 0,95]		Interpolation
Sol champ nu 30cm	90	0,65 [0,2 ; 0,93]		Interpolation
Sol champ nu 30cm	95	0,6 [0,17 ; 0,92]		Interpolation
Sol champ nu 30cm	100	0,55 [0,14 ; 0,9]		Interpolation
Sol champ nu 50cm	0	1 [0,89 ; 1]		Interpolation
Sol champ nu 50cm	20	0,99 [0,76 ; 1]		Interpolation
Sol champ nu 50cm	40	0,96 [0,56 ; 1]		Interpolation
Sol champ nu 50cm	45	0,95 [0,5 ; 1]		Interpolation
Sol champ nu 50cm	50	0,92 [0,44 ; 0,99]		Interpolation
Sol champ nu 50cm	60	0,84 [0,31 ; 0,98]		Interpolation
Sol champ nu 50cm	70	0,7 [0,2 ; 0,96]		Interpolation
Sol champ nu 50cm	80	0,52 [0,11 ; 0,9]		Interpolation
Sol champ nu 50cm	90	0,32 [0,06 ; 0,79]		Interpolation
Sol champ nu 50cm	95	0,24 [0,04 ; 0,72]		Interpolation
Sol champ nu 50cm	100	0,18 [0,03 ; 0,64]		Interpolation
Sol champ nu 5cm	0	0,83 [0,64 ; 0,93]		Interpolation
Sol champ nu 5cm	20	0,85 [0,65 ; 0,95]		Interpolation

A Annexe 6 : Taux d'efficacité de recherche

Sol champ nu 5cm	40	0,87 [0,64 ; 0,96]		Interpolation
Sol champ nu 5cm	45	0,87 [0,64 ; 0,97]		Interpolation
Sol champ nu 5cm	50	0,88 [0,63 ; 0,97]		Interpolation
Sol champ nu 5cm	60	0,89 [0,62 ; 0,97]		Interpolation
Sol champ nu 5cm	70	0,89 [0,6 ; 0,98]		Interpolation
Sol champ nu 5cm	80	0,9 [0,58 ; 0,98]		Interpolation
Sol champ nu 5cm	90	0,91 [0,57 ; 0,99]		Interpolation
Sol champ nu 5cm	95	0,91 [0,56 ; 0,99]		Interpolation
Sol champ nu 5cm	100	0,91 [0,55 ; 0,99]		Interpolation
Tournesol 20cm	10	0,76 [0,57 ; 0,88]		Extrapolation
Tournesol 35cm	10	0,86 [0,61 ; 0,96]		Extrapolation
Tournesol 45cm	10	0,96 [0,63 ; 1]		Extrapolation
Tournesol 5cm	15	0,51 [0,3 ; 0,72]		Extrapolation



Siège social :

22 boulevard Maréchal Foch - BP58 - F-34140 Mèze

Tél. : +33(0)4 67 18 46 20 - Fax : +33(0)4 67 18 65 38 - www.biotope.fr