



renewables

## *Parc éolien de Paudy (36)*

# Rapport de suivi d'activité chiroptérologique du parc éolien de Paudy & du suivi de mortalité 2021



Document du 16 mars 2023

Référence // EDPr\_Suiv\_chiro2021\_Paudy\_20230316\_v2



## Votre projet

Projet éolien de Paudy (36) - Rapport de suivi d'activité chiroptérologique du parc éolien de Paudy & du suivi de mortalité 2021

## EDP renewables

---



renewables

*Parc éolien de Paudy*

*EDP France Holding*

*25 quai Panhard et Levassor - 75 013 PARIS*

**Interlocuteur**

*Marie PERRAULT*

*06 44 15 96 53*

*Marie.perrault@edpr.com*

## Siteléco & INDRE NATURE

---



*SARL Siteléco*

*3 impasse de la fontaine – 21 370 VELARS-*

*SUR-OUCHÉ*

*03 80 27 03 43*

*[contact@siteleco.fr](mailto:contact@siteleco.fr)*

*[www.siteleco.fr](http://www.siteleco.fr)*



*Indre Nature*

*Association départementale de protection de la nature et de l'environnement Parc Balsan - 44, av. F. Mitterrand - 36000 CHATEAUX  
SIRET : 353825664 00025 – APE 9499 Z*

<b>Cadrage préalable .....</b>	<b>7</b>
1. Contexte législatif .....	7
2. Localisation et caractéristiques du parc éolien de Paudy.....	7
<b>Suivi de mortalité du parc éolien de Paudy - 2021 (INDRE NATURE).....</b>	<b>10</b>
1. Méthodes .....	10
1.1. Protocoles de suivi .....	10
1.1.1. Dates de prospection.....	10
1.1.2. Méthodes et surfaces de recherche .....	10
1.1.3. Relevés des cadavres .....	18
1.2. Test de l'efficacité de l'observateur – taux de détection des cadavres.....	18
1.3. Test de la prédation – persistance des cadavres.....	20
1.4. Estimation de la mortalité .....	21
1.5. Limites .....	23
2. Résultats.....	25
2.1. Espèces et effectifs découverts .....	25
2.2. Taux de détection des cadavres .....	26
2.3. Persistance des cadavres.....	27
2.4. Estimation de la mortalité .....	30
3. Analyses .....	35
3.1. Aperçu global .....	35
3.2. Phénologie de la mortalité.....	37
3.2.1. Mortalité relevée.....	37
3.2.2. Mortalité estimée .....	38
3.3. Espèces impactées .....	39
3.3.1. Oiseaux .....	40
3.3.2. Chiroptères .....	41
3.4. Répartition de la mortalité par éolienne.....	42
3.4.1. Oiseaux .....	42
3.4.2. Chiroptères .....	42
3.4.3. Mortalité cumulée .....	43
3.5. Dispersion des cadavres .....	45
3.5.1. Orientation .....	45
3.5.2. Éloignement .....	45

3.6. Causes constatées de la mortalité .....	47
4. Interprétations.....	48
4.1. Influence du paysage .....	48
4.1.1. Échelle du parc .....	48
4.1.2. Zoom sur les éoliennes .....	50
4.2. Échelle départementale et corridors de déplacement .....	51
4.3. Influence de la météorologie .....	52
5. Conclusion .....	55
<b>Etude de l'activité des chiroptères à hauteur de nacelle - suivi acoustique - 2021 (SITELECO) .....</b>	<b>57</b>
1. Présentation du protocole .....	57
2. Objectifs du suivi chiroptérologique .....	58
3. Calendrier du suivi en continu des chiroptères .....	58
4. Méthodologie d'analyse des signaux ultrasonores .....	59
5. Notion de patrimonialité .....	60
6. Analyse des résultats des écoutes en continu en nacelle // année 2021 .....	62
6.1. Présentation des résultats bruts .....	62
6.2. Analyse de l'activité chiroptérologique annuelle .....	63
6.3. Analyse de l'activité chiroptérologique au cours de la nuit .....	67
6.3.1. Période mise-bas (du 18 mai au 31 août 2021) .....	67
6.3.2. Période de transit automnal (du 31 août au 23 novembre 2021) .....	68
7. Proposition d'adaptation d'un bridage préventif (basée sur les résultats de l'année 2020 et 2021) .....	69
7.1. Activité chiroptérologique en fonction de la température .....	69
7.2. Activité chiroptérologique au cours de la nuit .....	70
7.2.1. Période de mise-bas (du 8 juin au 31 août 2020 et du 18 mai au 31 août 2021) .....	70
7.2.2. Période de transit automnal (du 1 <sup>er</sup> septembre au 31 octobre 2020-2021) .....	71
7.3. Activité chiroptérologique en fonction de la vitesse du vent .....	72
7.4. Préconisation de bridage visant à limiter l'impact sur les chiroptères .....	74
<i>Références bibliographiques</i> .....	75

## Liste des figures

Carte 1. Localisation du parc éolien de Paudy .....	8
Carte 2. Présentation des éoliennes du parc éolien de Paudy .....	9

## Liste des figures

Figure 1. Évolution de la surface prospectée par passage au cours de l'année .....	11
Figure 2. Tableau des surfaces prospectées pour chaque passage au cours de l'année 2021 .....	12
Figure 3. Parcours de prospection complet schématique .....	14
Figure 4. Détails des surfaces des aires partielles pour chaque éolienne .....	14
Figure 5. Parcours de prospection schématique - E3 .....	15
Figure 6. Vue aérienne des zones prospectées autour de chacune des éoliennes avec zonation des différents couverts.....	17
Figure 7. Éolienne 1 le 3 septembre.....	20
Figure 8. Éolienne 2 le 19 mars .....	20
Figure 9. Éolienne 4 le 8 juillet .....	20
Figure 10. Éolienne 5 le 8 juillet.....	20
Figure 11. Martinet noir, test prédation jour 0 (20/07/2021) .....	21
Figure 12. Rougegorge familier, test prédation jour 9 (28/07/2021).....	21
Figure 13. Martinet noir, test prédation jour 0 (20/07/2021).....	21
Figure 14. Rougegorge familier, test prédation jour 9(28/07/2021) .....	21
Figure 15. Formule d'estimation de la mortalité « N » .....	22
Figure 16. Couvert végétal au pied de l'éolienne E5 le 8 juillet, ces couverts peuvent s'avérer difficile, voire impossible à prospecter en fonction de la hauteur de végétation.....	24
Figure 17. Espèces, effectifs et statuts des relevés de cadavres lors du suivi. DH/DO1 : Directive Habitats/Oiseaux ; LRE : Liste rouge européenne ; PN : Protection nationale ; LRR : Liste rouge régionale (LC Préoccupation mineure/ NT Quasi menacé) .....	25
Figure 18. Résultats des tests observateurs.....	26
Figure 19. Déjection trouvée au pied de l'éolienne E4 (23/09/2021).....	27
Figure 20. Cadavres utilisés lors du test de prédation.....	27
Figure 21. Persistance des cadavres pour le test 1, nombre de cadavres en fonction du nombre de jours depuis la pose (Manon Lanièce, 19/07/2021) .....	28
Figure 22. Persistance des cadavres lors du test 2, nombre de cadavres en fonction du nombre de jours depuis la pose (Romain Ledet, 06/09/2021) .....	29
Figure 23. Résultats - Durée moyenne de persistance (t) .....	29
Figure 24. Résultats - Taux de persistance en moyenne (P) .....	30
Figure 25. Paramètre de calcul de "N" .....	30
Figure 26. Estimation de la mortalité "N" .....	31
Figure 27. Nombre de passage avec et sans découverte de cadavre(s) par mois pour l'année 2021 .....	35
Figure 28. . Proportion de passages avec et sans découverte de cadavre(s) .....	35
Figure 29. Proportion de cadavres relevés par passage .....	36
Figure 30. Nombre de cadavres relevés par passage sur toute la période de prospection .....	37
Figure 31. Nombre de cadavres d'oiseaux et de chiroptères relevés par mois.....	38
Figure 32. Date potentielle de mort des cadavres relevés .....	39

Figure 33. Mortalité relevée par espèce sur le parc Éolien de Paudy en 2021 .....	39
Figure 34. Statut de protection et état de conservation des principales espèces retrouvées (LPO, 2017) .....	40
Figure 35. Mortalité par éolienne - Oiseaux .....	42
Figure 36. Répartition des cadavres relevés par éolienne .....	43
Figure 37. Proportions des cadavres relevés par éolienne .....	43
Figure 38. Répartition des cas de mortalité entre les éolienne au cours du suivi .....	44
Figure 39. Orientation des cadavres relevés par rapport au mât .....	45
Figure 40. Éloignement des cadavres .....	46
Figure 41. Éloignement des cadavres par éolienne - Oiseaux .....	46
Figure 42. Éloignement des cadavres par éolienne - Chiroptères .....	47
Figure 43. Causes de mortalité constatées .....	47
Figure 44. Corridors écologique dans le secteur du parc éolien de Paudy .....	49
Figure 45. Roses des vents mensuels pour les mois de mars à décembre 2021 (infoclimat.fr) .....	53
Figure 46. Installation du Batlogger au niveau de la nacelle de E2 .....	57
Figure 47. Chiroptères // Calendrier saisonnier appliqué au suivi en altitude des chiroptères .....	58
Figure 48. Méthodologie de traitement des signaux ultrasonores .....	59
Figure 49. Classe de patrimonialités spécifiques et méthodologie .....	61
Figure 50. Espèces détectées en altitude au niveau de l'éolienne E2 .....	62
Figure 51. Somme des contacts chiroptérologiques enregistrés par jour par espèce en nombre de contacts bruts au cours de la période d'étude de 2021 et de 2020 .....	65
Figure 52. Répartition de l'activité chiroptérologique nocturne au cours de la mise-bas .....	67
Figure 53. Répartition de l'activité chiroptérologique nocturne au cours des transits automnaux .....	68
Figure 54. Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction de la température (année 2020 et 2021) .....	69
Figure 55. Répartition de l'activité chiroptérologique nocturne au cours de la mise-bas (années 2020 et 2021) .....	70
Figure 56. Répartition de l'activité chiroptérologique nocturne au cours des transits automnaux (années 2020 et 2021) .....	71
Figure 57. Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction de la vitesse du vent – Mise-bas .....	72
Figure 58. Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction de la vitesse du vent – Transit automnal .....	73

# Cadrage préalable

---

## 1. Contexte législatif

Dans le cadre de l'exploitation du parc éolien de Paudy (36 260), l'article 12 de l'arrêté ministériel du 26 août 2016 régit la mise en place d'un suivi post-implantation des chiroptères *a minima* pendant la période automnal (août à octobre).

L'objectif de ce suivi est d'étudier l'activité des chiroptères à hauteur d'une des cinq nacelles des éoliennes pendant la période migratoire automnale et de vérifier la nécessité de mettre en place un système de réduction d'impact potentiel.

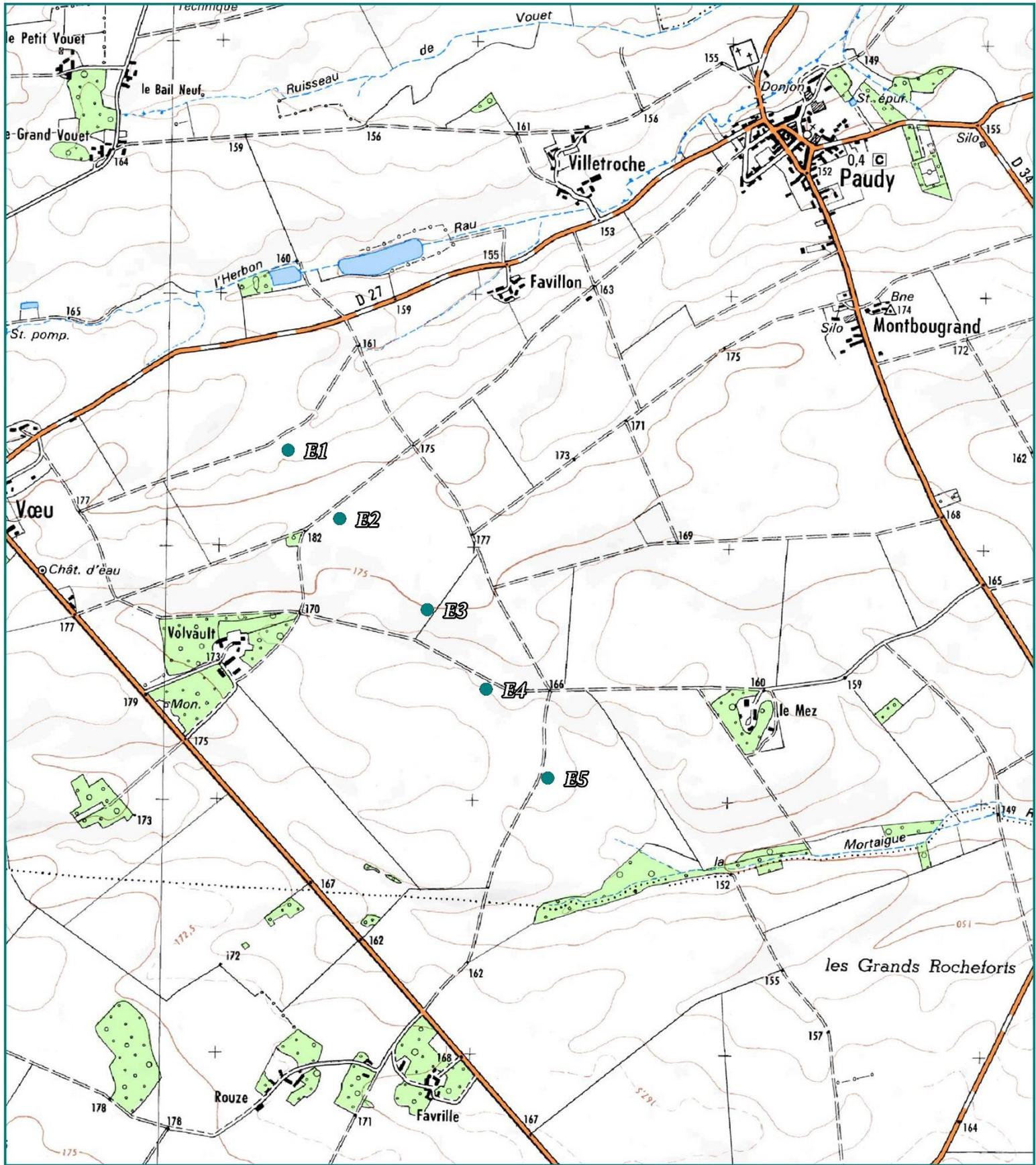
## 2. Localisation et caractéristiques du parc éolien de Paudy

Le parc éolien de Paudy est en exploitation depuis mai 2019. Il concerne le territoire d'une commune du département de l'Indre (36 – région Centre-Val de Loire) à savoir Paudy. Le parc, qui se compose de cinq éoliennes de modèle Nordex N117, se situe à environ 37 kilomètres au Nord-est de la ville de Châteauroux.

Les éoliennes du site de Paudy ont été aménagées dans un contexte agricole. L'éolienne E2, sur laquelle a été installé le protocole d'écoute en continu des chiroptères, se trouve à 160 mètres d'un bosquet et à 367 mètres d'un boisement.

Les cartographies suivantes permettent d'apprécier le site d'aménagement du parc éolien de Paudy.

Carte 1. Localisation du parc éolien de Paudy



**Parc éolien de Paudy**

● Emplacement des éoliennes E1 - E2 (microphone) - E3 - E4 - E5



0 m 200 m 400 m



Carte 2. Présentation des éoliennes du parc éolien de Paudy



**Parc éolien de Paudy**

● Emplacement des éoliennes E1 - E2 (microphone) - E3 - E4 - E5



# Suivi de mortalité du parc éolien de Paudy - 2021 (INDRE NATURE)

---

## 1. Méthodes

### 1.1. Protocoles de suivi

#### 1.1.1. Dates de prospection

Le suivi initialement prévu strictement limité aux recommandations du protocole national a été avancé au mois d'avril afin de couvrir la période de migration pré-nuptiale théorique des oiseaux ainsi que la reprise d'activité des chiroptères. En effet, nous observons de la mortalité en cette période à l'occasion d'un suivi que nous assurons sur un autre parc éolien du département, à Vouillon.

#### *Fréquences de prospection*

---

Les éoliennes ont été prospectées à raison :

- D'un passage/semaine entre les semaines 11 et 20 (soit du 19/03 au 18/05) ;
- De deux passages/semaine pour la semaine 18 (le 04/05 et le 07/05) et entre les semaines 21 et 46 (25/05 au 18/11) ;
- Un passage par semaine pour les semaines 47 (22/11) à 50 (13/12).

**Au total, ce sont 67 passages qui ont été effectués sur le parc éolien de Paudy entre mars et mi-décembre 2021.**

#### 1.1.2. Méthodes et surfaces de recherche

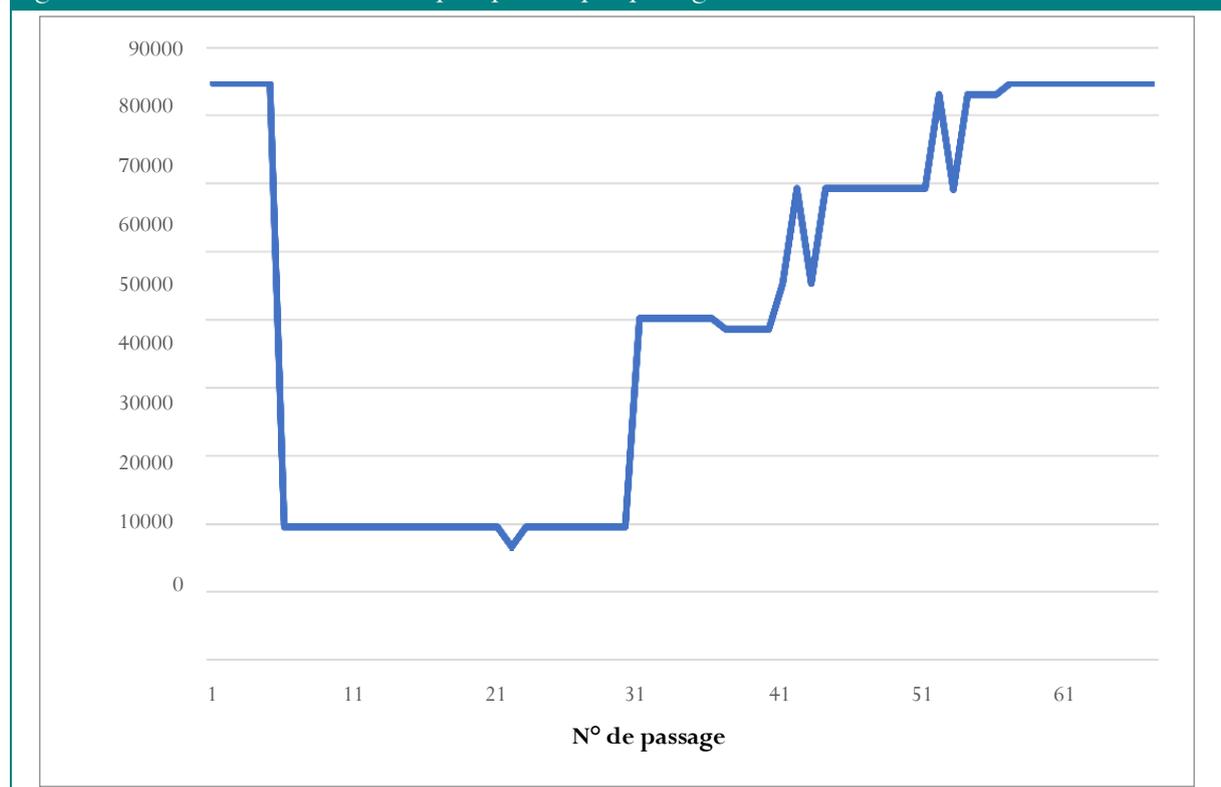
L'ensemble du parc, soit les 5 éoliennes, a été suivi lors de chaque passage.

Les parcelles d'implantation des éoliennes étant situées dans des cultures, elles n'étaient pas accessibles durant une bonne partie du suivi, le passage répété de l'observateur pouvant occasionner des dégâts aux cultures, et l'efficacité de recherche étant réduite au-delà d'une certaine hauteur de végétation. Pendant cette période où les cultures sont trop hautes, la prospection a été effectuée sur la plateforme de l'éolienne comprenant la surface goudronnée, le tour de l'éolienne en gravier ainsi que les aires refuges lorsque la hauteur de végétation de ces aires permet d'effectuer le passage.

Plusieurs périmètres de recherche ont été utilisés durant ces semaines de suivi :

- **Semaines 11 à 17** (19/03 au 15/04) : prospection totale.
- **Semaines 18 à 30** (22/04 au 28/07) : prospection en transects des aires goudronnées (excluant les parcelles agricoles et les aires refuges lorsqu'elles sont trop hautes).
- **Semaines 30 à 35** (30/07 au 31/08) : prospection totale (à l'exception des aires refuges ainsi que des parcelles agricoles pour les éoliennes E1 et E3).
- **Semaines 35 à 40** (03/09 au 04/10) : prospection totale (à l'exception de la parcelle agricole autour de l'éolienne E1).
- **Semaine 40 à 50** (07/10 au 13/12) : Prospection totale.

Figure 1. Évolution de la surface prospectée par passage au cours de l'année



La surface échantillonnée lors de chaque passage est finalement présentée dans le tableau ci-dessous :

Figure 2. Tableau des surfaces prospectées pour chaque passage au cours de l'année 2021

<i>Date de suivi</i>	<i>Surface prospectée m<sup>2</sup></i>		<i>Date de suivi</i>	<i>Surface prospectée m<sup>2</sup></i>
19/03/2021	84500		13/08/2021	50069
25/03/2021	84500		16/08/2021	50069
30/03/2021	84500		19/08/2021	48432
09/04/2021	84500		23/08/2021	48432
15/04/2021	84500		26/08/2021	48432
22/04/2021	19452		31/08/2021	48432
28/04/2021	19452		03/09/2021	55125
04/05/2021	19452		06/09/2021	69102
07/05/2021	19452		10/09/2021	55125
11/05/2021	19452		13/09/2021	69102
18/05/2021	19452		16/09/2021	69102
25/05/2021	19452		20/09/2021	69102
28/05/2021	19452		23/09/2021	69102
01/06/2021	19452		27/09/2021	69102
04/06/2021	19452		30/09/2021	69102
08/06/2021	19452		04/10/2021	69102
11/06/2021	19452		07/10/2021	69102
15/06/2021	19452		11/10/2021	82863
18/06/2021	19452		14/10/2021	68886
23/06/2021	19452		18/10/2021	82863
25/06/2021	19452		21/10/2021	82863
30/06/2021	16529		25/10/2021	82863
02/07/2021	19452		28/10/2021	84500
06/07/2021	19452		02/11/2021	84500
08/07/2021	19452		05/11/2021	84500
13/07/2021	19452		08/11/2021	84500
15/07/2021	19452		10/11/2021	84500
19/07/2021	19452		15/11/2021	84500
23/07/2021	19452		18/11/2021	84500
28/07/2021	19452		22/11/2021	84500
30/07/2021	50069		29/11/2021	84500
02/08/2021	50069		06/12/2021	84500
06/08/2021	50069		13/12/2021	84500
10/08/2021	50069			

## Coefficient de correction surfacique

---

Le coefficient de correction surfacique « A » servira dans les calculs de mortalité à corriger le fait que l'ensemble de la zone à prospecter théorique ('protocole complet') n'ait été réellement prospecté à chaque passage, du fait des cultures par exemple.

Il est calculé de la façon suivante :

$$\mathbf{\hat{A}} = 1 + [1 - (\mathbf{\text{surface prospectée}} / \mathbf{\text{surface de prospection théorique}})]$$

## Protocole complet

---

Au cours de ce suivi, quelques éléments sont venus complexifier les prospections :

- Couverts rendant la prospection difficile (tous les types de recouvrements ne peuvent être testés) : cultures, végétation naturelle au pied des éoliennes (haute et dense).
- Différents obstacles liés aux installations du parc : enrochement, poste électrique, barrière, différences de niveau...
- Activités agricoles : labours, semis des cultures, moisson.

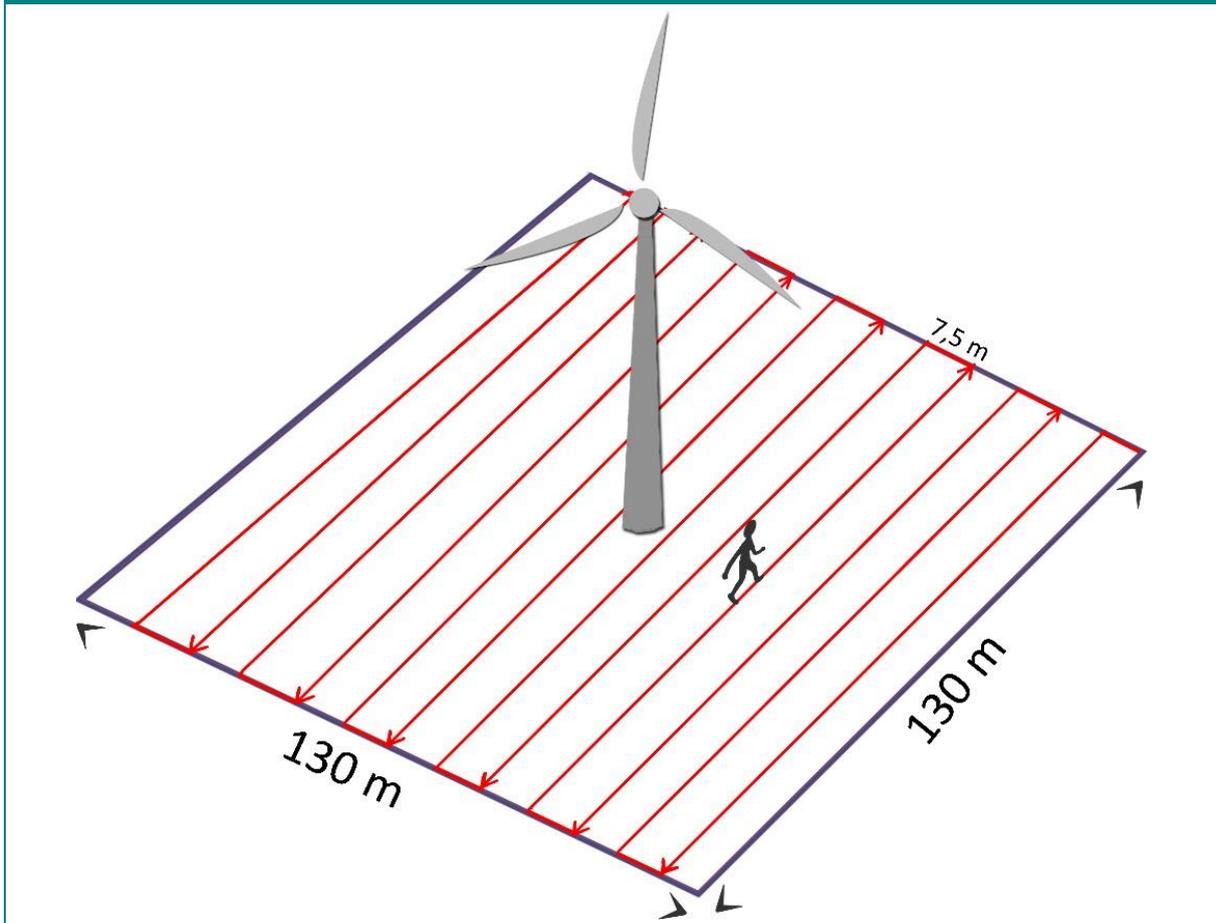
Au vu de la configuration parfois complexe des zones d'études, le protocole de prospection est légèrement différent du protocole national pour être adapté au site et assure ainsi une meilleure efficacité de prospection.

Ainsi, lorsqu'il a pu être mis en place, un carré de 130 m de côté a été prospecté à l'aplomb de chaque éolienne (leurs pales ayant pour rappel une longueur de 63 m).

Pour la prospection complète d'une éolienne, l'observateur effectue des transects parallèles, ce qui représente en moyenne 14 passages espacés de 7,5 mètres. Dans des conditions optimales, la surface échantillonnée sous chaque éolienne représente **16 900 m<sup>2</sup>**, soit un total prospecté de **84 500 m<sup>2</sup>**.

Cette aire de recherche maximale a pu être prospectée du 19 mars 2021 au 15 avril et de nouveau à partir du 11 octobre.

Figure 3. Parcours de prospection complet schématique



### Prospection partielle

Lorsque les cultures adjacentes ont limité les recherches, seules les aires goudronnées / gravillonnées et les parties enherbées (zone refuge) ont donc été inspectées, ce qui représente environ 19 452 m<sup>2</sup> (Tableau 1.). Lors de certains passages, les parties enherbées n'ont pu être prospectées en raison de la hauteur de la végétation, la prospection se faisait donc sur une surface de 12 853m<sup>2</sup>.

Elles ont chacune été prospectées au travers de transects parallèles et distants de 5 m.

Figure 4. Détails des surfaces des aires partielles pour chaque éolienne

Éoliennes	Surface de l'aire partielle prospectée (m <sup>2</sup> )
E1	3139
E2	3331
E3	2923
E4	6791
E5	3268
Surface totale = 19 452 m <sup>2</sup>	

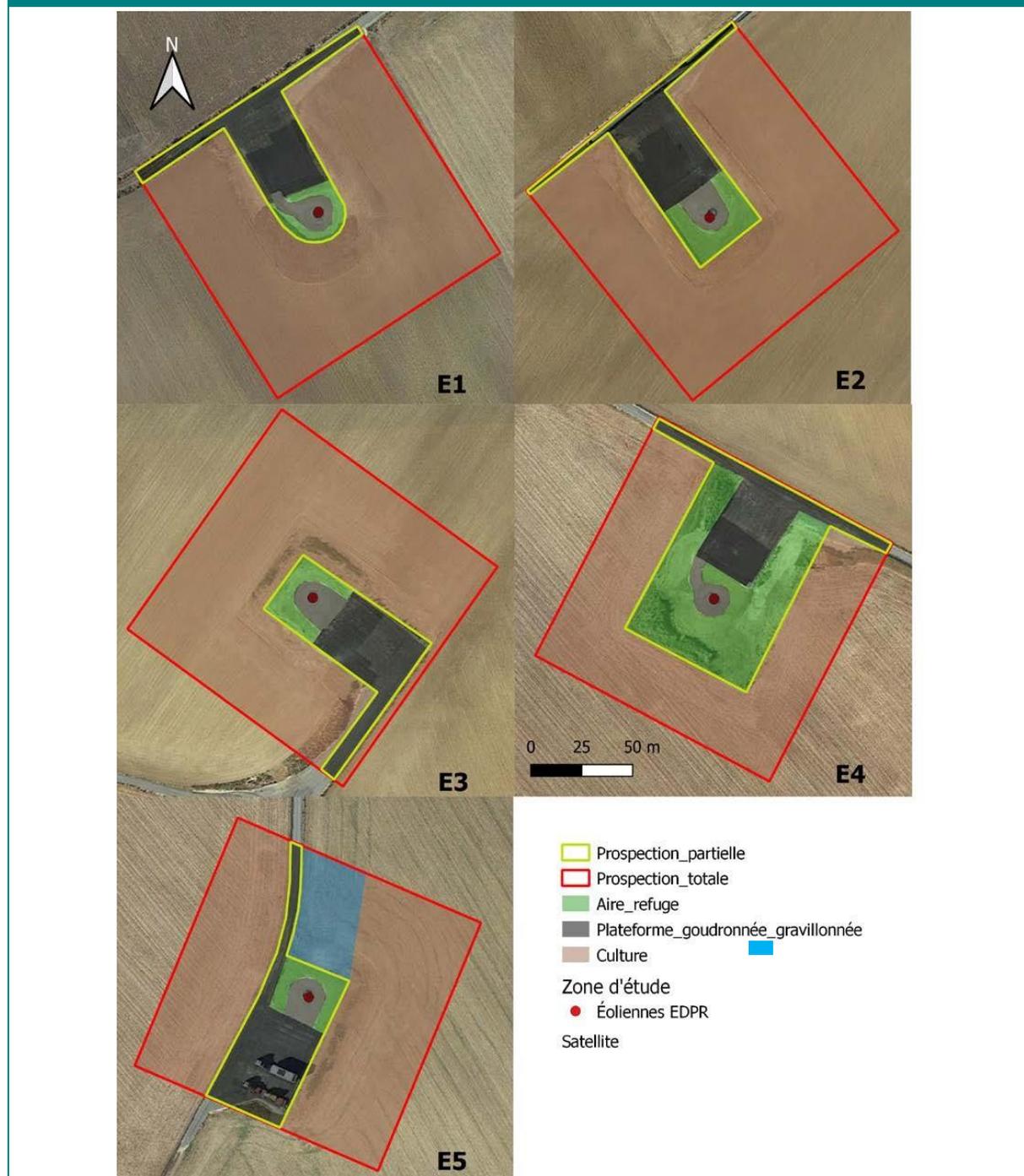
Figure 5. Parcours de prospection schématique - E3



À noter :

Le contexte autour de chacune des éoliennes est différent, notamment en termes de culture avec des dates de moisson différentes, des aires goudronnées/gravillonnées de tailles différentes, de même pour les zones enherbées autour des éoliennes (voir photos ci-dessous).

Figure 6. Vue aérienne des zones prospectées autour de chacune des éoliennes avec zonation des différents couverts



D'autres facteurs ont parfois contraint l'observateur à réduire la surface de prospection, notamment lors des prospections du :

- 30 juin : épandage autour de l'éolienne 3 ;
- 10 septembre : labour autour de l'éolienne 3 ;
- 14 octobre : semis autour de l'éolienne 3.

### 1.1.3. Relevés des cadavres

Lors des relevés, plusieurs informations générales ont été notées :

- Date
- Heure
- Météo du jour
- Activité agricole en cours/passée sous chaque éolienne
- Évolution des habitats sous chaque éolienne.

En cas de découverte de cadavres, leur localisation a été reportée sur une photographie aérienne et des photographies ont été prises. Les éléments suivants ont été relevés :

- Numéro de l'éolienne concernée
- Espèce (sexe, âge dans la mesure du possible)
- État du cadavre (intact/partiellement détérioré/détérioré)
- Estimation de la cause et de la date de la mort
- Couverture végétale du lieu de découverte (de 0 à 2)
- Distance et orientation par rapport au mât.

Les mensurations des chiroptères destinées à la détermination de l'espèce ont été prises de retour au bureau d'Indre Nature à l'aide d'un pied à coulisse.

## 1.2. Test de l'efficacité de l'observateur – taux de détection des cadavres

Deux tests « observateur » ont été réalisés au cours du suivi, afin d'estimer le taux de détection de la personne chargée du suivi (une seule dans notre cas) et d'en tenir compte lors de l'estimation de la mortalité du parc éolien.

Ils ont été effectués à deux saisons différentes, afin de prendre en compte l'évolution du couvert végétal sous les éoliennes au cours des saisons – et l'évolution du protocole de recherche.

Pour cela, des cadavres à la disposition d'Indre Nature (oiseaux et chiroptères trouvés morts et amenés pour la plupart d'autres sites éoliens, ou par des adhérents de l'association, puis congelés) ont été disposés aléatoirement, mais sur les différents couverts végétaux présents. Cette manipulation a été réalisée par une tierce personne.

L'observateur de l'étude a ainsi été testé sur la prospection de trois éoliennes. Le nombre de cadavres placés sous chaque éolienne était inconnu et leur recherche s'est effectuée dans les conditions réelles, c'est-à-dire en appliquant le protocole défini et présenté précédemment.

Le taux de détection **D** obtenu par ce test correspond à la proportion de cadavres détectés par l'observateur :

***D = nombre de cadavres découverts / nombre de cadavres déposés***

Quelques photos ci-dessous présentent l'évolution des couverts sous les éoliennes tout au long des mois de suivi :

Figure 7. Éolienne 1 le 3 septembre



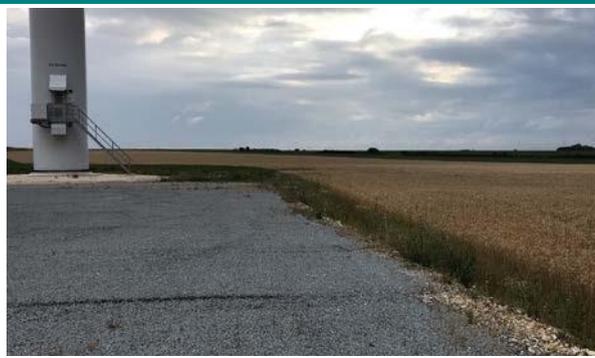
Figure 8. Éolienne 2 le 19 mars



Figure 9. Éolienne 4 le 8 juillet



Figure 10. Éolienne 5 le 8 juillet



### 1.3. Test de la prédation – persistance des cadavres

Deux tests de persistance des cadavres ont également été réalisés à deux périodes différentes au cours du suivi, afin d'évaluer le taux de disparition des cadavres lié à leur prédation par des charognards, et de prendre en compte une éventuelle évolution en fonction de la saison. Ce taux de disparition rentre également en compte dans les calculs de mortalité qui seront réalisés.

Pour cela, des cadavres à la disposition d'Indre Nature (oiseaux et chiroptères trouvés morts et amenés pour la plupart par des adhérents de l'association, les autres résultant du présent suivi mortalité, puis congelés) ont été marqués très discrètement (marqueur sur une patte) puis disposés aléatoirement, mais sur les différents couverts végétaux présents lors des tests. Leur position a été reportée sur un plan afin de les retrouver aisément. Les **5 éoliennes** ont ainsi été suivies à chaque fois.

À chaque passage suivant, la position et la présence des cadavres ont été contrôlées. L'état d'avancement de leur décomposition a été noté, ainsi que la date de leur disparition.

Ces données permettent de déterminer le **taux de persistance (P)** à x jours (x étant le nombre de jours séparant deux visites), et la **durée moyenne de persistance (t)** des cadavres.

Figure 11. Martinet noir, test prédation jour 0 (20/07/2021)



Figure 12. Rougegorge familier, test prédation jour 9 (28/07/2021)



Figure 13. Martinet noir, test prédation jour 0 (20/07/2021)



Figure 14. Rougegorge familier, test prédation jour 9 (28/07/2021)



#### 1.4. Estimation de la mortalité

Il existe différentes méthodes d'estimation de la mortalité avifaunistique et chiroptérologique engendrée par un parc éolien.

Dans cette étude, 4 formules ont été appliquées pour comparaison. En effet, les estimations de la mortalité réelle peuvent varier sensiblement en fonction de la formule utilisée (MARX et al, LPO France, 2017). Il est notamment acquis que :

- la formule de Winkelmann (1989) ; jugée parfois un peu simpliste, elle aurait tendance à surestimer la mortalité réelle, surtout lorsque la durée de persistance des cadavres est faible ;

- celle d'Erickson (2000) a tendance à sous-estimer la mortalité réelle, en particulier lorsque la durée de persistance des cadavres est importante ;
- celles de Jones (2009) et Huso (2010), plus récentes, présentent une fiabilité plus importante et proposent des résultats intermédiaires et proches.

Toutes ces formules permettent de calculer le nombre estimé de cadavres, noté N.

Figure 15. Formule d'estimation de la mortalité « N »

**Winkelmann, 1989**

La formule de WINKELMANN est une méthode d'estimation simple et la plus couramment utilisée. Toutefois, cette formule n'est pas applicable quand tous les cadavres du test prédation ont disparu au passage suivant, car P équivaut dans ce cas à 0. En outre de sa tendance à surestimer la mortalité réelle, cette formule est considérée comme obsolète par la SEFPM (SEFPM, 2016) et EUROBATS ; elle sera toutefois calculée ici à des fins de comparaison avec des études antérieures.

Le coefficient de correction surfacique A lui a été ajouté afin d'obtenir la formule suivante :

$$N = [C / (P \times D)] \times A$$

Avec :

C : Nombre de cadavres découverts P : Taux de persistance d'un cadavre D : Taux de détection

**Erikson, 2000**

La formule d'ERICKSON (2000) fonctionne même lorsque P vaut 0. Pour cela, elle intègre la durée de persistance moyenne des cadavres et la fréquence de passage. Cette formule aurait tendance à sous-estimer la mortalité réelle, en particulier lorsque la durée de persistance des cadavres est importante.

Elle est ainsi calculée :

$$N = [(C \times i) / (t \times D)] \times A$$

Avec :

C : Nombre de cadavres découverts

i : Fréquence de passage = nombre de jours entre chaque passage t : Durée moyenne de persistance des cadavres

D : Taux de détection

A : Coefficient de correction surfacique

**Jones, 2009**

La formule proposée par JONES et *al.* (2009) est plus complexe. Elle repose sur le fait que le taux de mortalité est constant sur l'intervalle considéré, et que la persistance des cadavres suit une variable exponentielle négative. De plus, elle part du postulat que la probabilité de disparition moyenne sur l'intervalle correspond à la probabilité de disparition d'un cadavre tombé à la moitié de l'intervalle.

Apparaît également dans cette formule la notion d'*intervalle effectif* noté  $\hat{i}$ , correspondant à la durée au-delà de laquelle le taux de persistance est inférieur à 1% : un cadavre découvert au bout d'un  $i$  très long est considéré mort dans cet intervalle effectif.

La formule est la suivante :

$$N = [C / (D \times P \times \hat{e})] \times A$$

Avec :

C : Nombre de cadavres découverts D : Taux de détection

P : Taux de persistance d'un cadavre = proportion de cadavres restants après x jours. Dans le cadre de cette méthode d'estimation, P est calculé de la façon suivante :  $P = \exp(-0,5 \times i/t)$ , avec toujours la fréquence de passage  $i$  = nombre de jours entre chaque passage et t la durée moyenne de persistance des cadavres

$\hat{e}$  : Coefficient correcteur de l'intervalle =  $\text{Min}(i : \hat{i}) / i$ , avec  $i$  la fréquence de passage et l'intervalle effectif  $\hat{i}$

Figure 15. Formule d'estimation de la mortalité « N »

$$= -\log(0,01) \times t$$

A : Coefficient de correction surfacique

À noter : dans l'équation, i prendra la valeur minimale entre i et  $\hat{i}$ .

#### Huso, 2010

HUSO (2010) considère également que le taux de mortalité est constant sur l'intervalle de temps considéré. Par contre, cette fois, la probabilité de disparition au point moyen de l'intervalle n'est plus égale à la probabilité moyenne de persistance d'un cadavre (P plus élevé).

Par conséquent, la formule est la même que pour Jones, mais la valeur de P est différente :

$$N = [C / (D \times P \times \hat{e})] \times A$$

Avec :

N : Nombre estimé de cadavres

C : Nombre de cadavres découverts D : Taux de détection

P : Taux de persistance d'un cadavre = proportion de cadavres restants après x jours. Dans le cadre de cette méthode d'estimation, P est calculé de la façon suivante :  $P = [t \times (1 - \exp(-i/t))] / i$

$\hat{e}$  : Coefficient correcteur de l'intervalle =  $\text{Min}(i : \hat{i}) / i$ , avec i la fréquence de passage et l'intervalle effectif  $\hat{i}$

$$= -\log(0,01) \times t$$

A : Coefficient de correction surfacique

À noter : dans cette équation également, i prendra la valeur minimale entre i et  $\hat{i}$ .

## 1.5. Limites

Les différents calculs de mortalité intègrent des coefficients correcteurs visant à limiter les biais de la méthode. Il en reste néanmoins, qu'il est possible d'énumérer et d'illustrer ici :

- **Passages d'engins agricoles** : enfouissement potentiel des cadavres, création d'ornières remplies d'eau...
- **Couvert difficilement prospectable** (tous les types de recouvrements ne peuvent être testés) : couvert élevé...
- **Conditions d'observation difficiles** : ensoleillement fort ou au contraire ombre portée...
- **Interventions extérieures** pouvant limiter la mise en œuvre du protocole (maintenance des machines, chasse).

Figure 16. Couvert végétal au pied de l'éolienne E5 le 8 juillet, ces couverts peuvent s'avérer difficile, voire impossible à prospector en fonction de la hauteur de végétation



Les calculs de mortalité, sur ces bases, restent bien des estimations. L'application de formules validées au niveau international permettra néanmoins une comparaison inter-parcs, et le suivi dans le temps des résultats sur le parc de Paudy rendra compte des évolutions au fil des années.

## 2. Résultats

### 2.1. Espèces et effectifs découverts

Au cours de ce suivi en passages, 1 espèce de chiroptères et 5 espèces d'oiseaux ont été retrouvées sous les éoliennes, pour un total de **9 cadavres**. Le détail est présenté dans le tableau ci-dessous, faisant apparaître les statuts de conservation des espèces, à différentes échelles.

Figure 17. Espèces, effectifs et statuts des relevés de cadavres lors du suivi. DH/DO1 : Directive Habitats/Oiseaux ; LRE : Liste rouge européenne ; PN : Protection nationale ; LRR : Liste rouge régionale (LC Préoccupation mineure/ NT Quasi menacé)

	<i>Nombre de cadavres</i>	<i>DH/DO1</i>	<i>LRE</i>	<i>PN</i>	<i>LRR</i>
<b>CHIROPTERES</b>	<b>1</b>				
Pipistrelle commune	1	X	LC	X	LC
<b>OISEAUX</b>	<b>8</b>				
Alouette des champs	1	-	LC	-	NT
Bruant proyer	4	-	LC	X	NT
Pigeon ramier	1	-	LC	X	LC
Faucon crécerelle	1	-	LC	X	LC
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>				

DH/DO1 : Directive Habitats/Oiseaux ; LRE : Liste rouge européenne ; PN : Protection nationale ; LRR : Liste rouge régionale (LC Préoccupation mineure/ NT Quasi menacé)

Parmi les espèces d’oiseaux impactées, la majorité est protégée à l’échelle nationale et 3 d’entre elles ont un statut de conservation particulièrement défavorable en région Centre. Concernant les chauves-souris, l’espèce concernée est, comme toutes les espèces, protégée et concernées par la Directive européenne Habitats.

À partir de ces résultats bruts, on peut en déduire une mortalité de : 9 cadavres/67 passages soit **0,13 cadavre par visite** ; comme les 5 éoliennes étaient contrôlées à chaque fois, on aboutit à une valeur estimative de **0,03 cadavre par éolienne et par jour suivi**.

## 2.2. Taux de détection des cadavres

Le test d’efficacité de l’observateur a été réalisé à trois reprises, les 19/07/2021 et 06/09/2021 et 18/11/2021.

Les zones de tests ainsi que la méthode de recherche ont été adaptées à l’évolution de la végétation entre ces deux passages, comme cela a été fait pour la recherche de cadavres (agrandissement de l’aire de recherche et mise en œuvre du protocole ‘complet’). Cela permettra d’ajuster au mieux les calculs en fonction des conditions réelles de recherche.

Les données et résultats de ces deux tests sont les suivants :

Figure 18. Résultats des tests observateurs

	Éolienne suivie	Tests	Résultats bruts : cadavres trouvés	Pourcentage de détection	Taux de détection	Taux de détection moyen
<i>Test 1 Manon Lanièce 19/07/2021</i>	E1 (aire partielle)	13 Oiseaux 2 Chiroptères	9 Oiseaux 2 Chiroptères	73 %	0,73	0,78
	E2 (aire totale)	13 Oiseaux 2 Chiroptères	9 Oiseaux 2 Chiroptères	73 %	0,73	
	E3 (aire partielle)	13 Oiseaux 2 Chiroptères	11 Oiseaux 2 Chiroptères	87 %	0,87	
<i>Test 2 Romain Ledet 06/09/2021</i>	E1 (aire partielle)	15 Oiseaux	12 Oiseaux	80 %	0,8	0,71
	E2 (aire totale)	15 Oiseaux	9 Oiseaux	60 %	0,6	
	E3 (aire totale)	15 Oiseaux	11 Oiseaux	73 %	0,73	
<i>Test 3 Romain Ledet 18/11/2021</i>	E1 (aire totale)	11 Oiseaux	2 Oiseaux	18 %	0,18	0,43
	E2 (aire totale)	12 Oiseaux	5 Oiseaux	42 %	0,42	
	E3 (aire totale)	13 Oiseaux	9 Oiseaux	69 %	0,69	

### 2.3. Persistance des cadavres

Le test de prédation des cadavres a été mis en place à deux reprises, les 19/07/2021 et 06/09/2021.

Là aussi, les zones de tests ainsi que la méthode de recherche ont été adaptées à l'évolution de la végétation entre ces deux passages. Ce test permettra de prendre en compte au mieux les différents paramètres environnementaux dans les calculs de mortalité.

La fréquentation du parc éolien de Paudy par des prédateurs potentiels divers (renards, rapaces...) a en effet été constatée lors des relevés (fèces, restes de prédation – plumes en l'occurrence, cultures ravagées, individus tests prédatés...) :

Figure 19. Déjection trouvée au pied de l'éolienne E4 (23/09/2021)



Les données et résultats de ces deux tests sont les suivants :

Figure 20. Cadavres utilisés lors du test de prédation

	<i>Date</i>	<i>Éolienne suivie</i>	<i>Tests</i>
<b>TEST 1</b>	19/07/2021	E1	2 oiseaux 1 chiroptère
		E2	2 oiseaux 1 chiroptère
		E3	3 oiseaux
		E4	3 oiseaux
		E5	3 oiseaux
<b>TEST 2</b>	06/09/2021	E1	4 oiseaux
		E2	4 oiseaux
		E3	3 oiseaux
		E4	4 oiseaux
		E5	3 oiseaux

À noter : le protocole national recommande de disposer 3 à 5 cadavres par éolienne testée, sur au moins la moitié du parc. Disposant d'un nombre de cadavres limité, mais souhaitant tester le plus grand nombre d'éoliennes possible afin de prendre en compte les différences d'habitats à proximité de ces dernières, nous avons préféré suivre les 5 éoliennes et disposer 3 à 4 cadavres par éolienne. Le nombre total de cadavres utilisés pour ce test est toutefois dans l'intervalle recommandé (15 pour le test 1 et 18 pour le test 2).

La persistance des cadavres testée au travers des deux tests peut être représentée sur les graphiques ci-dessous :

Figure 21. Persistance des cadavres pour le test 1, nombre de cadavres en fonction du nombre de jours depuis la pose (Manon Lanièce, 19/07/2021)

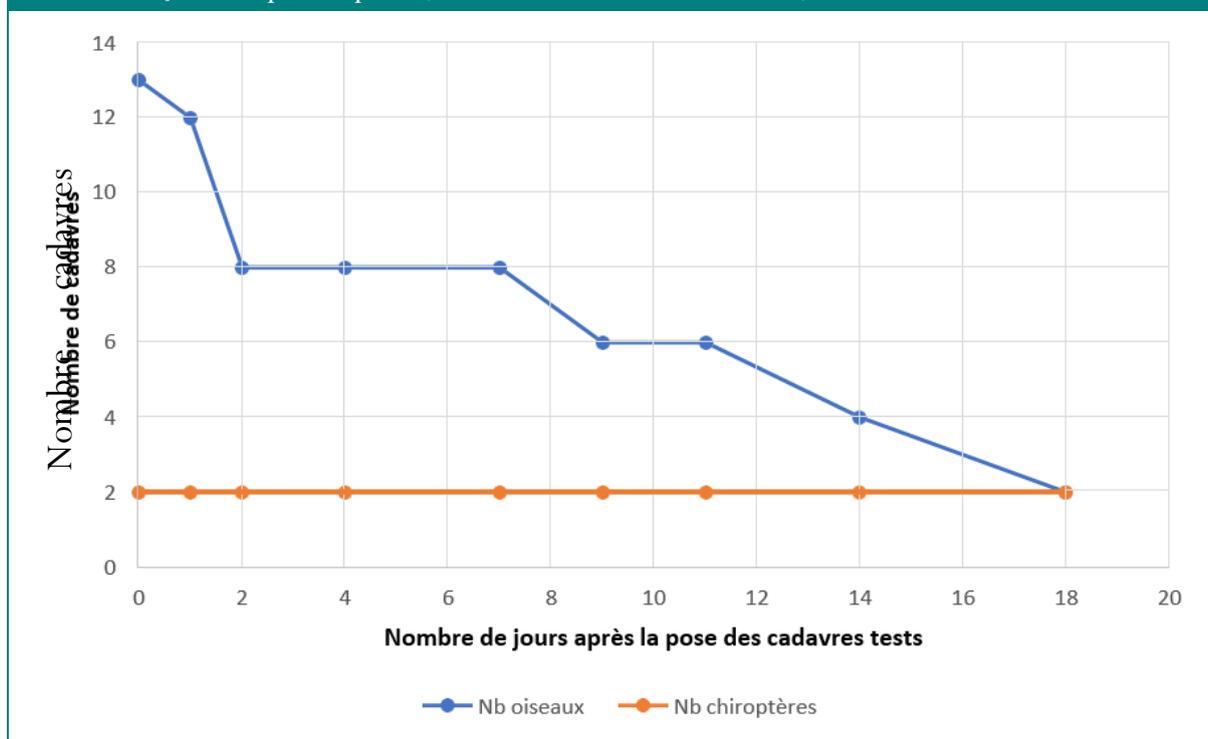
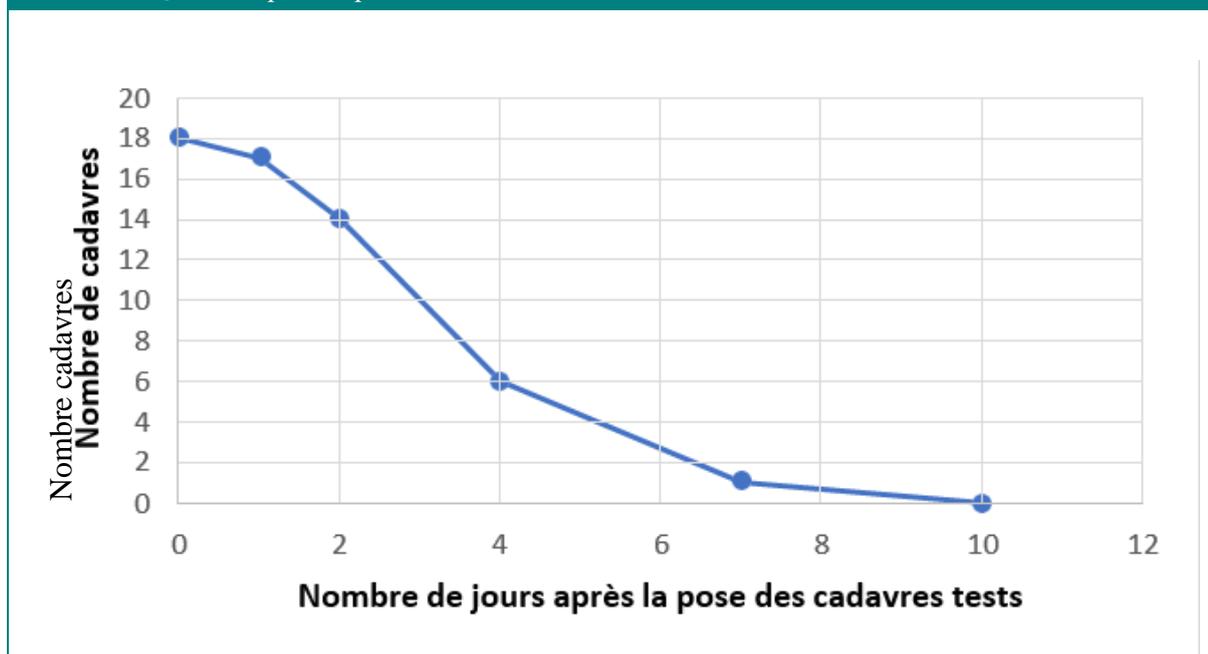


Figure 22. Persistance des cadavres lors du test 2, nombre de cadavres en fonction du nombre de jours depuis la pose (Romain Ledet, 06/09/2021)



Pour ce test également, aucune différence de couvert entre éoliennes n'a été considérée.

Lors du premier test, nous avons constaté que 4 cadavres, 2 oiseaux et 2 chauves-souris, étaient restés sans être prédatés et se sont décomposés progressivement.

- La **durée moyenne de persistance (t)** des cadavres a été calculée. Elle correspond au nombre de jours moyen pendant lequel ils restent au pied des éoliennes. Elle a été calculée selon la formule suivante (Beucher et al., 2013) :
- $t = (\text{nb cadavres à } j+1 + (\text{nb cadavres à } j+2 \times 2) + (\text{nb cadavres à } j+4 \times 4)) / \text{nb cadavres à } j_0$

La valeur moyenne par groupe est présentée ci-dessous, pour chaque test, ainsi que la moyenne globale calculée.

Figure 23. Résultats - Durée moyenne de persistance (t)

	Test 1 du 19/07/2021	Test 2 du 06/09/2021
<b>Oiseaux</b>	4,62 jours	2,72 jours
<b>Chiroptères</b>	7 jours	/
<b>Global</b>	4,93 jours	2,72 jours

- Le taux de persistance (P) correspond à la proportion de cadavres restant au pied des éoliennes entre deux relevés de terrain, soit :
- 7 jours en première période,
- 2 ou 4 jours en seconde période.

Figure 24. Résultats - Taux de persistance en moyenne (P)

		2 jours	4 jours	7 jours
Test 1 du 19/07/2021	<b>Oiseaux</b>	0,62	0,62	0,62
	<b>Chiroptères</b>	1,00	1,00	1,00
	<b>Global</b>	0,67	0,67	0,67
Test 2 du 06/09/2021	<b>Oiseaux</b>	0,78	0,33	0,06

## 2.4. Estimation de la mortalité

Les passages de terrain ont été regroupés en 6 périodes, afin de prendre en compte l'évolution de chaque composante des calculs (surface échantillonnée lors de chaque visite, fréquence de passage, taux de détection, de prédation). La mortalité estimée a ainsi pu être calculée au plus juste pour chaque période, et cela avec les 4 formules présentées au chapitre 2.

Une estimation de la mortalité est proposée sur la durée totale du suivi, à partir :

- du cumul de chaque période ;
- des valeurs moyennées, à des fins de comparaison. Les paramètres des calculs sont rappelés ci-dessous :

Définition	Symbole
Nombre de cadavres découverts	C
Coefficient de correction surfacique	A
Taux de détection	D
Fréquence de passage = nbr de jours entre chaque passage	i
Taux de persistance d'un cadavre	P
Durée moyenne de persistance des cadavres	t

Figure 26. Estimation de la mortalité "N"

									<i>Mortalité estimée</i>				
<i>Date dusuivi</i>	<i>Surface échantillon-née</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>D</i>	<i>i</i>	<i>i moyen</i>	<i>P</i>	<i>t</i>	<i>Winkelmann</i>	<i>Erickson</i>	<i>Jones</i>	<i>Huso</i>	
19/03/2021	84500	1	3	1	0,78		6,75	0,67	4,93	5,74	5,27	7,63	7,06
25/03/2021	84500	2				6							
30/03/2021	84500	0				5							
09/04/2021	84500	0				10							
15/04/2021	84500	0				6							
22/04/2021	19452	1	1	1,77	0,78	7	5,50	0,67	4,93	3,39	2,53	3,96	3,77
28/04/2021	19452	0				6							
04/05/2021	19452	0				6							
07/05/2021	19452	0				3							
11/05/2021	19452	0				4							
18/05/2021	19452	0				7							
25/05/2021	19452	0	3	1,77	0,78	7	3,74	0,67	4,93	10,17	5,16	9,95	9,72
28/05/2021	19452	0				3							
01/06/2021	19452	0				4							
04/06/2021	19452	2				3							
08/06/2021	19452	0				4							
11/06/2021	19452	0				3							
15/06/2021	19452	0				4							
18/06/2021	19452	0				3							
23/06/2021	19452	0				5							
25/06/2021	19452	0				2							
30/06/2021	16529	0				5							
02/07/2021	19452	0				2							
06/07/2021	19452	0				4							
08/07/2021	19452	1	2										
13/07/2021	19452	0	5										

Figure 26. Estimation de la mortalité "N"

15/07/2021	19452	0				2							
19/07/2021	19452	0				4							
23/07/2021	19452	0				4							
28/07/2021	19452	0				5							
30/07/2021	50069	0	1	1,42	0,71	2	3,40	0,44	2,72	4,53	2,49	3,72	3,49
02/08/2021	50069	0				3							
06/08/2021	50069	0				4							
10/08/2021	50069	0				4							
13/08/2021	50069	0				3							
16/08/2021	50069	1				3							
19/08/2021	48432	0				3							
23/08/2021	48432	0				4							
26/08/2021	48432	0				3							
31/08/2021	48432	0				5							
03/09/2021	55125	1	1	1,21	0,71	3	3,36	0,45	2,72	3,79	2,11	3,17	2,98
06/09/2021	69102	0				3							
10/09/2021	55125	0				4							
13/09/2021	69102	0				3							
16/09/2021	69102	0				3							
20/09/2021	69102	0				4							
23/09/2021	69102	0				3							
27/09/2021	69102	0				4							
30/09/2021	69102	0				3							
04/10/2021	69102	0				4							
07/10/2021	69102	0	3										
11/10/2021	82863	0	0	1,05	0,71	4	3,60	0,40	2,72	0	0	0	0
14/10/2021	68886	0				3							
18/10/2021	82863	0				4							

Figure 26. Estimation de la mortalité "N"

21/10/2021	82863	0				3							
25/10/2021	82863	0				4							
28/10/2021	84500	0				3							
02/11/2021	84500	0				6							
05/11/2021	84500	0				3							
08/11/2021	84500	0	0	1	0,43	3	3,57	0,41	2,72	0	0	0	0
10/11/2021	84500	0				2							
15/11/2021	84500	0				5							
18/11/2021	84500	0				3							
22/11/2021	84500	0				4							
29/11/2021	84500	0				7							
06/12/2021	84500	0	0	1	0,43	7	6,25	0,08	2,72	0	0	0	0
13/12/2021	84500	0				7							
<b>Soit sur la période de passage (9 mois) →</b>										<b>27,62</b>	<b>17,57</b>	<b>28,44</b>	<b>27,01</b>
Paramètres moyens										<b>Mortalité calculée globale (9 mois)</b>			
	51672,01	9	1,39	0,70	4,09		0,47	3,55		<b>37,93</b>	<b>20,72</b>	<b>31,98</b>	<b>30,28</b>

Si l'on considère la mortalité calculée sur la période totale du suivi, on constate des différences entre les 4 formules :

- un **facteur de 1,95 à 3,16 par rapport à ce qui a été observé sur le terrain (entre 17,57 et 28,44 cas estimés)**, si l'on considère les variations périodiques des paramètres ; il est à noter toutefois que lors des 3 dernières périodes considérées dans l'analyse (entre le 11/10 au 13/11/2020), l'absence de mortalité ne permet pas d'obtenir de valeur estimative avec les formules considérées.
- un **facteur de 2,3 à 4,21 par rapport à ce qui a été observé sur le terrain (entre 20,72 et 37,93 cas)** si l'on considère les valeurs moyennes des paramètres.

Sur une année complète, la mortalité estimée est comprise **entre 27,62 et 50,58 cas** selon les méthodes de calcul de mortalité, soit au minimum **2,3 à 4,2 fois plus** que notre mortalité constatée ramenée à une année. Ces chiffres, ramenés par éolienne, sont compris dans une fourchette de **5,52 à 10,12 mortalités par éolienne et par an**.

	Constatée		Winkelmann	Erickon	Jones	Huso
Mortalité globale en 9 mois	9	Valeurs périodiques	27,62	17,57	28,44	27,01
		Valeurs moyennes	37,93	20,72	31,98	30,28
Mortalité par éolienne en 9 mois	1,8	Valeurs périodiques	5,52	3,51	5,69	5,40
		Valeurs moyennes	7,59	4,14	6,40	6,06
Mortalité par éolienne et par mois	0,2	Valeurs périodiques	0,61	0,39	0,63	0,60
		Valeurs moyennes	0,84	0,46	0,71	0,67
Mortalité par éolienne sur l'année	2,4	Valeurs périodiques	7,37	4,68	7,58	7,20
		Valeurs moyennes	10,12	5,52	8,53	8,07
Mortalité globale sur l'année	12	Valeurs périodiques	36,83	23,42	37,92	36,02
		Valeurs moyennes	50,58	27,62	42,64	40,37

Dans le tableau ci-dessus, les valeurs périodiques de mortalité correspondent à la somme des mortalités calculées pour chaque période considérée et les valeurs moyennes de mortalité sont calculées avec les moyennes des différents paramètres.

En ne considérant que les méthodes de calcul de Jones et Huso, qui sont considérées par les différentes études comme les plus fiables, on obtient des estimations de mortalité proches. Sur toute la période de relevé, on obtient, pour 9 cadavres trouvés sur 9 mois, une estimation de mortalité de 31,98 avec la méthode de Jones et 30,28 avec la méthode d'Huso. Ces estimations montrent qu'il y aurait environ 3 fois plus de mortalité que celle qui est constatée.

### 3. Analyses

#### 3.1. Aperçu global

Sur les 67 passages de prospections entre mars et décembre 2021, 7 ont permis de relever au moins un cadavre, ce qui représente 10 % de passages lors du suivi.

Le graphique présente ci-dessous la proportion de ces passages avec et sans découverte de cadavres durant les mois de mise en œuvre du protocole de recherche.

À noter : les mois de mars et décembre n'ont pas été couverts entièrement par le protocole.

Figure 27. Nombre de passage avec et sans découverte de cadavre(s) par mois pour l'année 2021

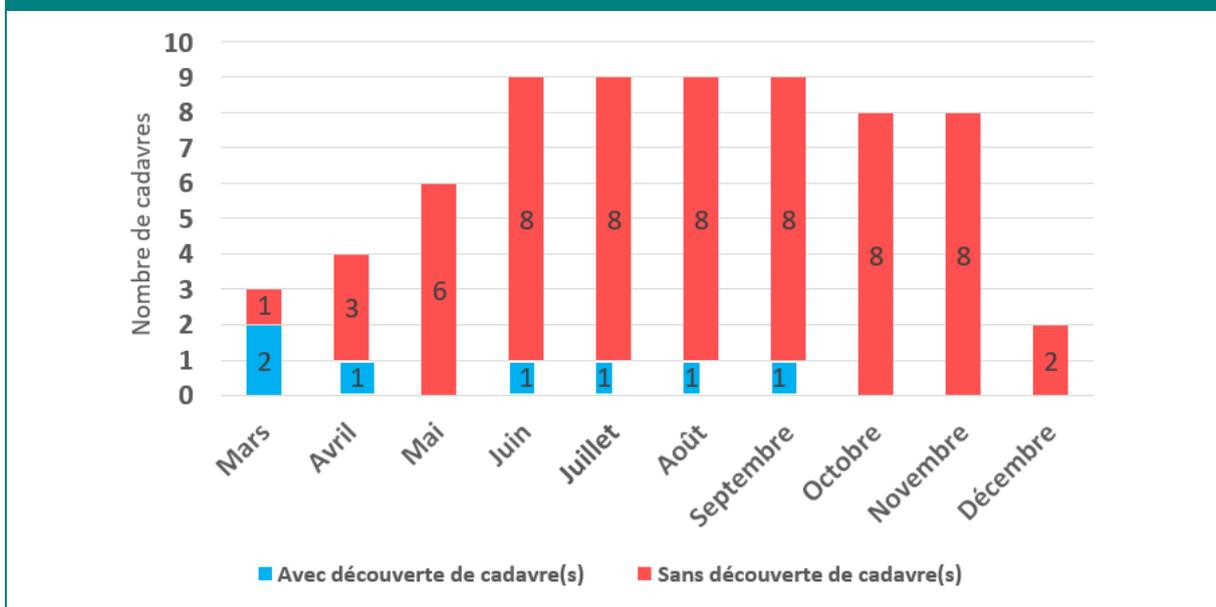
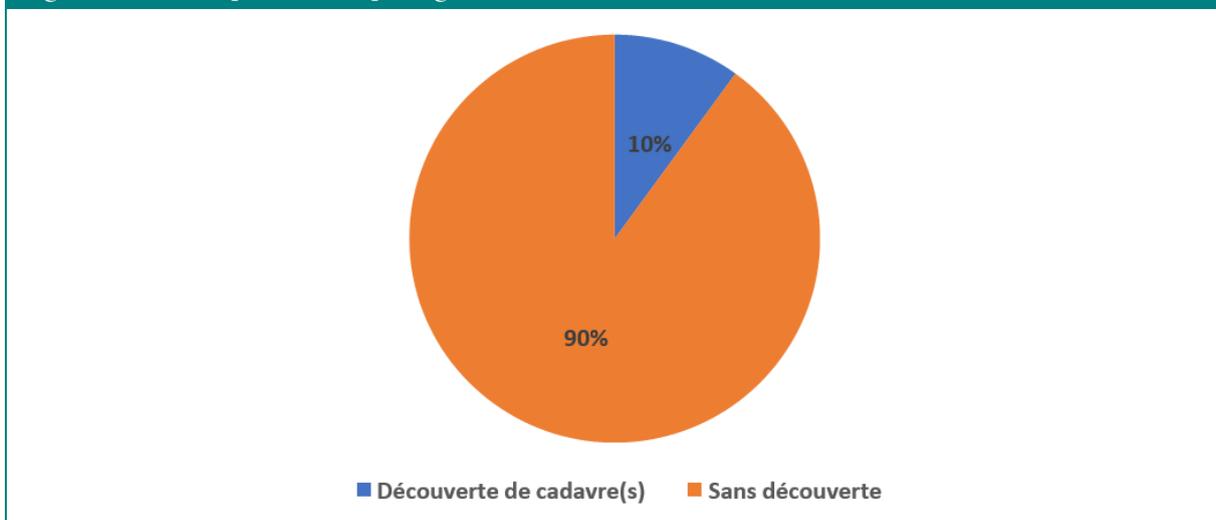


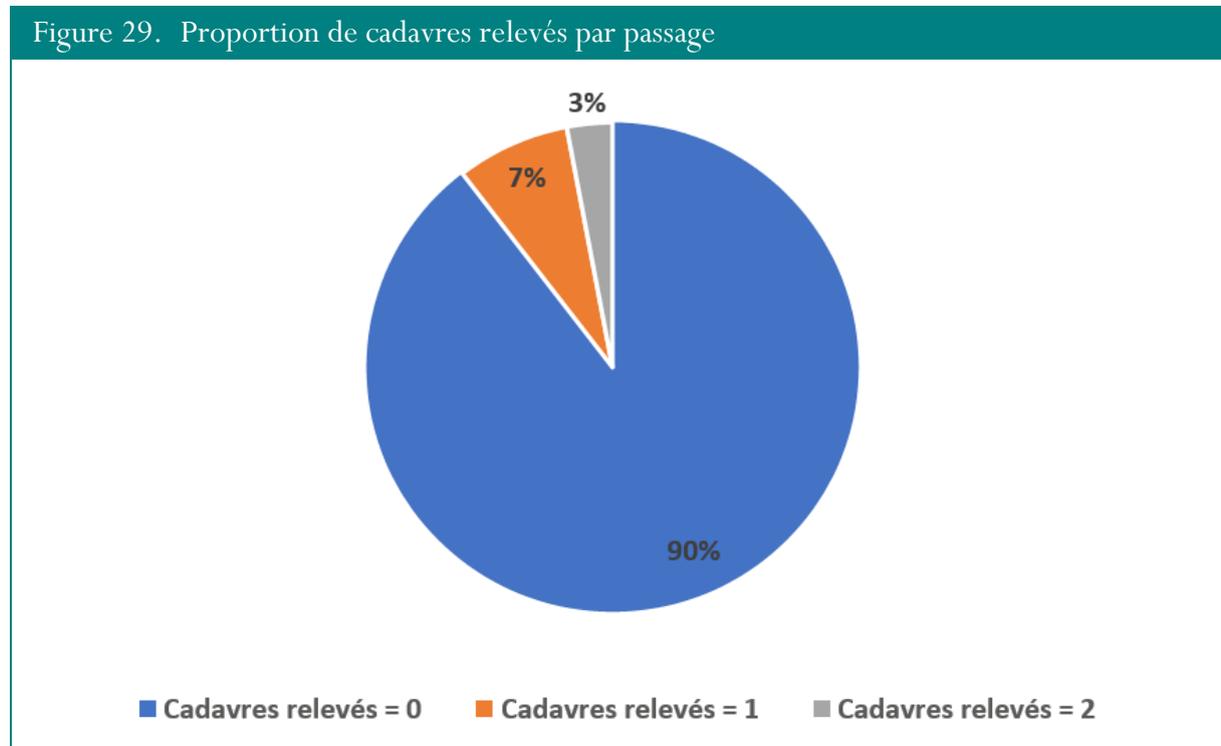
Figure 28. Proportion de passages avec et sans découverte de cadavre(s)



On a constaté au cours du suivi :

- 5 relevés de 1 cadavre
- 2 relevés de 2 cadavres

Le graphique ci-contre décompose les passages, en fonction du nombre de cadavres trouvés lors de chacun d'entre eux.

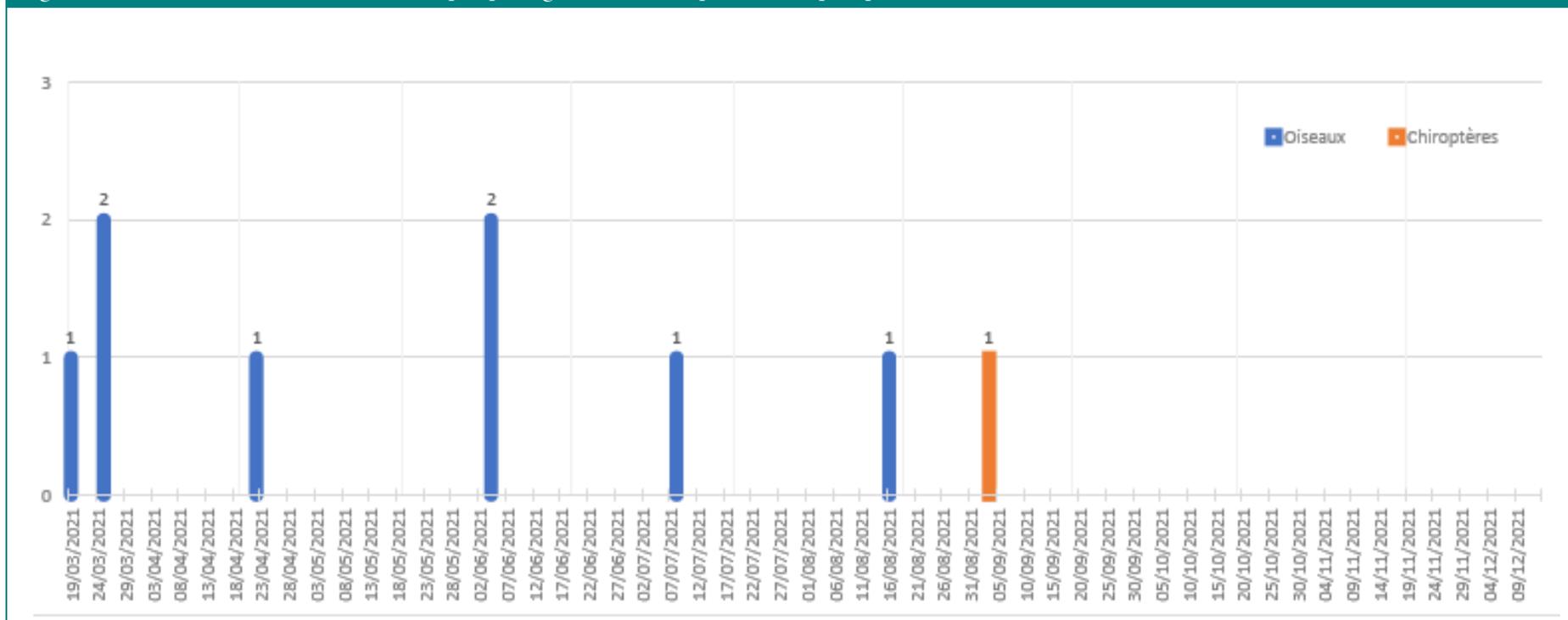


## 3.2. Phénologie de la mortalité

### 3.2.1. Mortalité relevée

Le graphique présenté en page ci-dessous (Graphique 5.) fait apparaître les résultats de chaque journée suivie entre le 19/03/2021 et le 13/12/2021. Attention les dates ne sont pas régulièrement espacées (les fréquences de passage évoluant au cours de l'année).

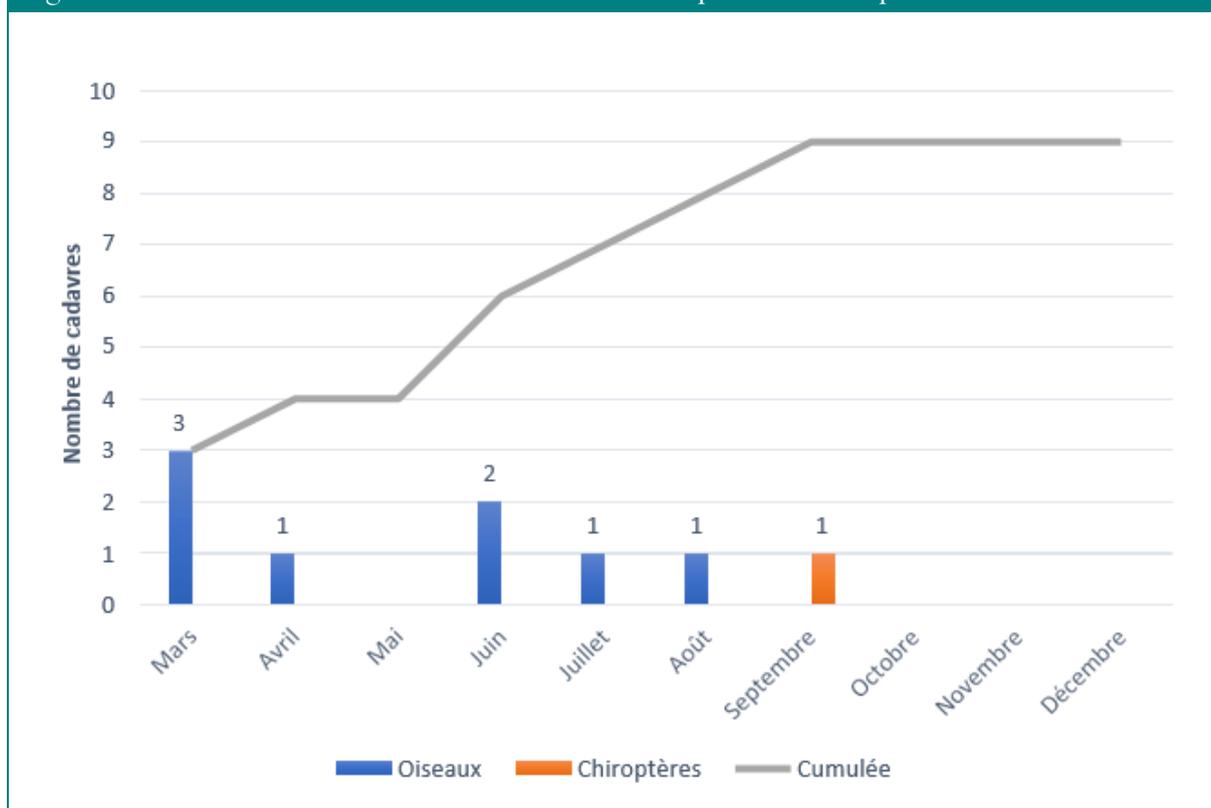
Figure 30. Nombre de cadavres relevés par passage sur toute la période de prospection



Ces résultats nous permettent de constater une mortalité régulière de fin mars à début septembre, la mortalité est plus forte pour les oiseaux (89%) que pour les chiroptères (11%).

La mortalité cette année a été plus forte au mois de mars (au début de la période de suivi) puis plutôt régulière jusqu'à début septembre qui coïncide avec la fin de détection de cadavres. En effet à partir du 3 septembre, date de découverte d'un cadavre de Pipistrelle commune à proximité de l'éolienne 5, aucun autre cadavre n'a été détecté sur le parc éolien de Paudy jusqu'à la dernière prospection du 13 décembre. À noter que le seul cadavre de chauve-souris découvert en 2021 a été trouvé à la même période où il avait été constaté une plus forte mortalité des chiroptères en 2020.

Figure 31. Nombre de cadavres d'oiseaux et de chiroptères relevés par mois



### 3.2.2. Mortalité estimée

Pour se lancer dans une tentative d'explication de la mortalité observée, il a été nécessaire d'estimer la date approximative de la mort des individus retrouvés. Pour cela, on peut s'aider de quelques indices visuels :

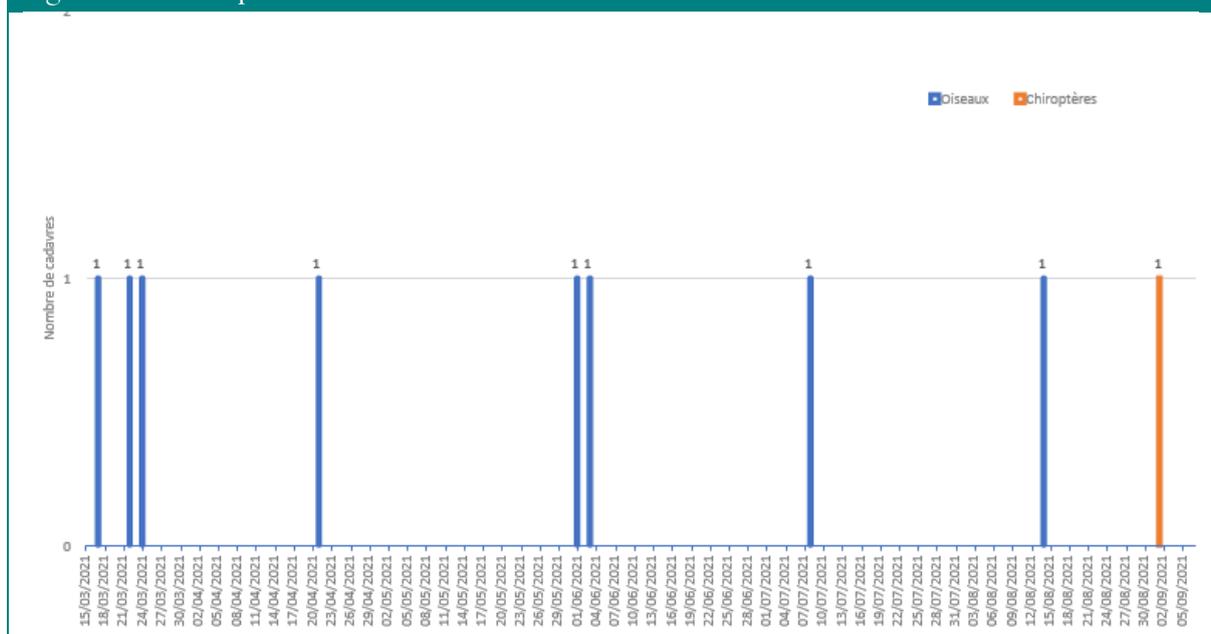
- **L'état du cadavre** (raideur cadavérique, état de décomposition, dégradation par des insectes...) – comparaisons possibles avec les cadavres déposés pour les tests ;
- **La présence d'insectes nécrophages** : si des pupes de diptères sont visibles, la mort est estimée à 8h-20h (soit la nuit précédant la découverte) ; si des asticots sont actifs, la mort est antérieure (2 à 3 nuits avant le jour de la

découverte) ; la colonisation par des coléoptères dégradant petit à petit les tissus intervient les jours suivants la mort.

Ces informations visuelles peuvent être contrebalancées par les durées de persistance observées durant la période considérée.

L'estimation de la date de la mort, bien qu'à considérer avec précaution, pour chaque cadavre trouvé sur le terrain, a été reportée sur le graphique ci-après.

Figure 32. Date potentielle de mort des cadavres relevés



### 3.3. Espèces impactées

Figure 33. Mortalité relevée par espèce sur le parc Éolien de Paudy en 2021

Mammifères	Nom français	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	IR	DE	PN	PR	LR	LR	FL	LR	Z	Total
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune							1				C	Oui	Oui		LC	NT	LC			1
<b>Oiseaux</b>																					
<i>Alauda arvensis</i>	Alouette des champs				1							C				LC	NT	NT			1
<i>Apus apus</i>	Martin noir					1						AC		Oui		LC	DD	LC			1
<i>Columba palumbus</i>	Pigeon ramier		1									CC				LC	NA	LC			1
<i>Emberiza calandra</i>	Bruant proyer	3					1					C		Oui			LC	NT			4
<i>Falco tinnunculus</i>	Faucon crécerelle				1							CC		Oui		LC	NA	LC			1
Total		3	1	0	2	1	1	1	0	0	0										9

### 3.3.1. Oiseaux

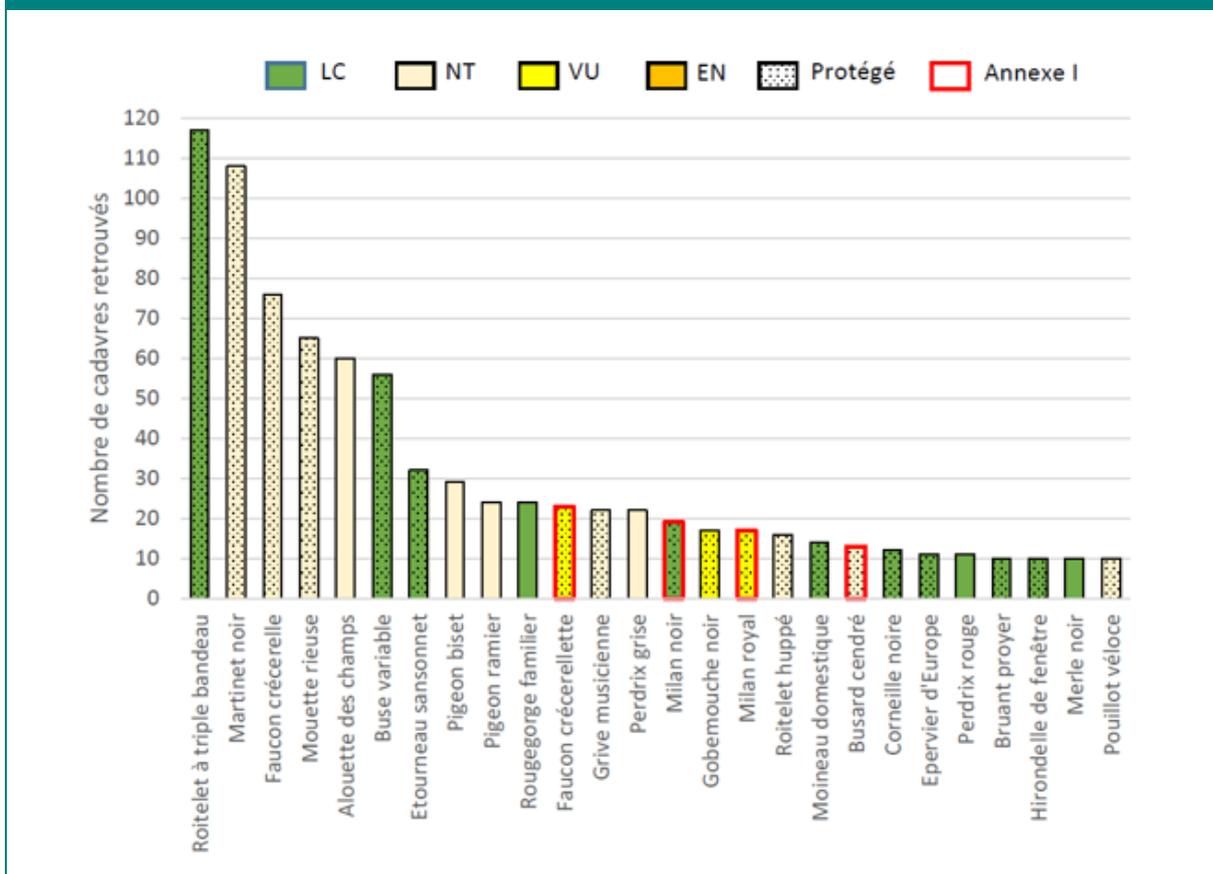
Les espèces impactées par le parc éolien de Paudy correspondent aux données nationales. En effet, le rapport rédigé par la LPO en 2017 fait apparaître le Martinet noir comme la deuxième espèce retrouvée sous les éoliennes en France. Parmi les 26 espèces identifiées par la LPO, les 5 espèces retrouvées sur le parc de Paudy cette année sont présentes (Graphique 10.).

Les espèces citées par cette bibliographie et impactées sur le parc de Paudy, sont : l'Alouette des champs, le Bruant proyer, le Faucon crécerelle, le Martinet noir et le Pigeon ramier.

On constate que ce sont des espèces pour la plupart relativement communes et dans un état de conservation jugé assez favorable, mais également protégées (hormis l'Alouette des champs et le Pigeon ramier).

D'après l'étude de la LPO<sup>4</sup>, les principales espèces d'oiseaux impactées par les éoliennes sont indiquées sur le graphe ci-dessous.

Figure 34. Statut de protection et état de conservation des principales espèces retrouvées (LPO, 2017)



Légende : statut de conservation sur la liste rouge régionale des espèces menacées : LC Préoccupation mineure / NT Quasi menacé / VU vulnérable / EN En danger

D'après la bibliographie, l'Alouette des champs est connue pour être impactée en période de migration. Les observations réalisées sur le parc de Paudy confirment ces éléments, et complètent la liste des espèces impactées en période migratoire.

### 3.3.2. Chiroptères

Concernant les chiroptères, les données analysées par la SFEPM entre 2003 et 2018 (SFEPM, mars 2019) montrent les pipistrelles comme les plus impactées par les éoliennes. Au premier rang, la Pipistrelle commune, puis la Pipistrelle de Nathusius, de Kuhl et la Pipistrelle pygmée. Ensuite apparaissent les noctules, tout d'abord de Leisler puis commune.

Cette année seule une Pipistrelle commune a été trouvée (en septembre) sur le parc éolien de Paudy. Cette espèce avait déjà été détectée l'année dernière, ce qui confirme que cette espèce est installée localement et que le parc se situe sur la zone de chasse.

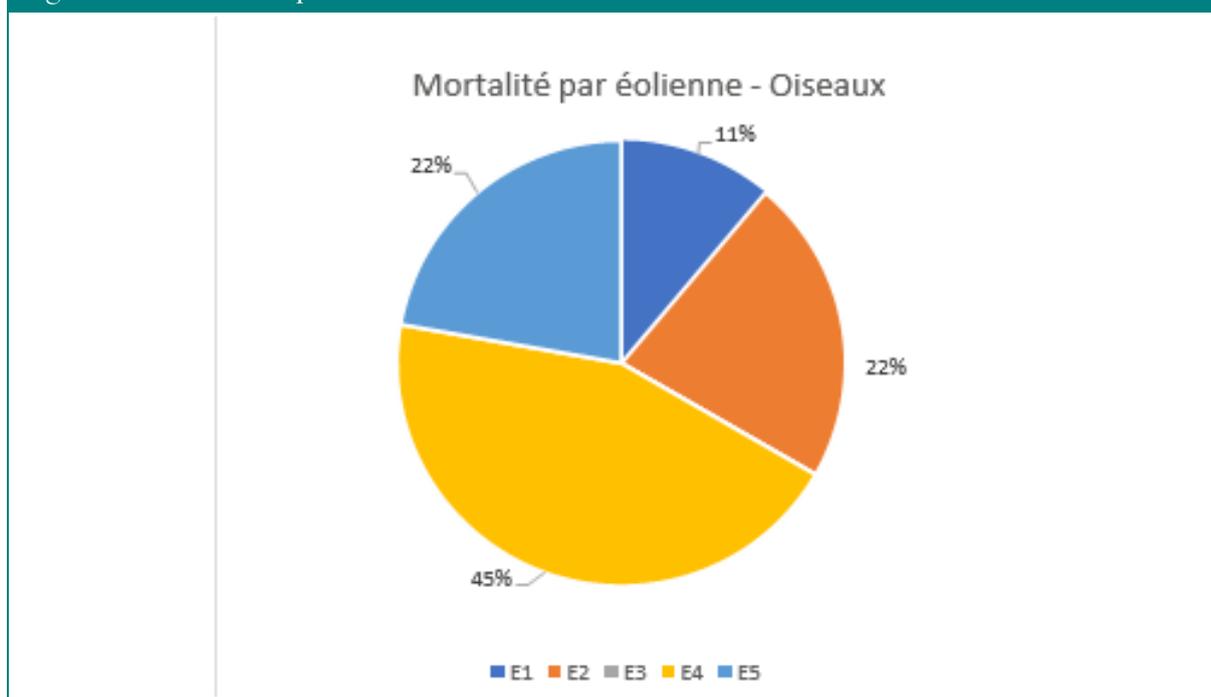
<sup>4</sup> LPO France, 2017 - Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune, Étude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015

### 3.4. Répartition de la mortalité par éolienne

#### 3.4.1. Oiseaux

Concernant les oiseaux, **8 cadavres** ont été relevés au total. La moitié des cadavres d’oiseaux trouvés en 2021 l’ont été au pied de l’éolienne E4, cette éolienne était également la plus mortifère.

Figure 35. Mortalité par éolienne - Oiseaux



#### 3.4.2. Chiroptères

Concernant les chiroptères, 1 seul cadavre a été relevé lors du suivi, il a été trouvé au pied de l’éolienne E5. Cette éolienne était également parmi les plus mortifères pour les chauves-souris en 2020 (27%, le même pourcentage que E3 et E4).

### 3.4.3. Mortalité cumulée

E1, E2, E4 et E5 sont donc les éoliennes concernées par la mortalité au sein des chiroptères et des oiseaux en 2021. Les graphiques ci-dessous, réalisés en prenant en compte les deux groupes de façon cumulée, nous le présentent également :

- E4 représentent presque la moitié (45%) des occurrences de l'ensemble des cadavres ;
- E2 et E5 présentent des résultats proches, soit 22% chacun des cadavres totaux ;
- E1 correspond à 11% des cas.

Figure 36. Répartition des cadavres relevés par éolienne

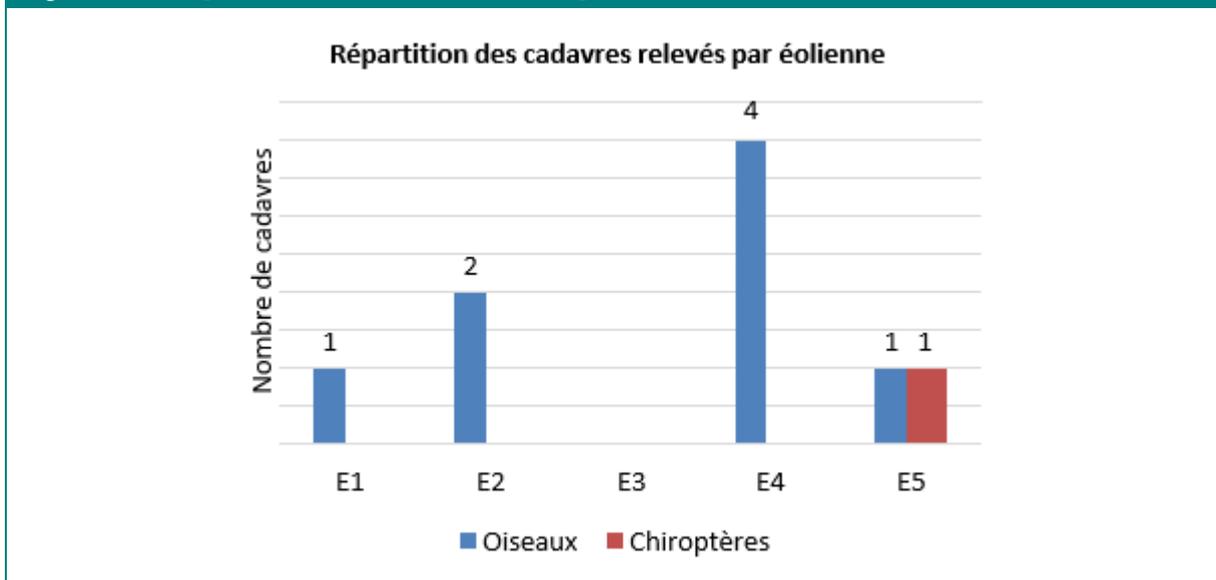
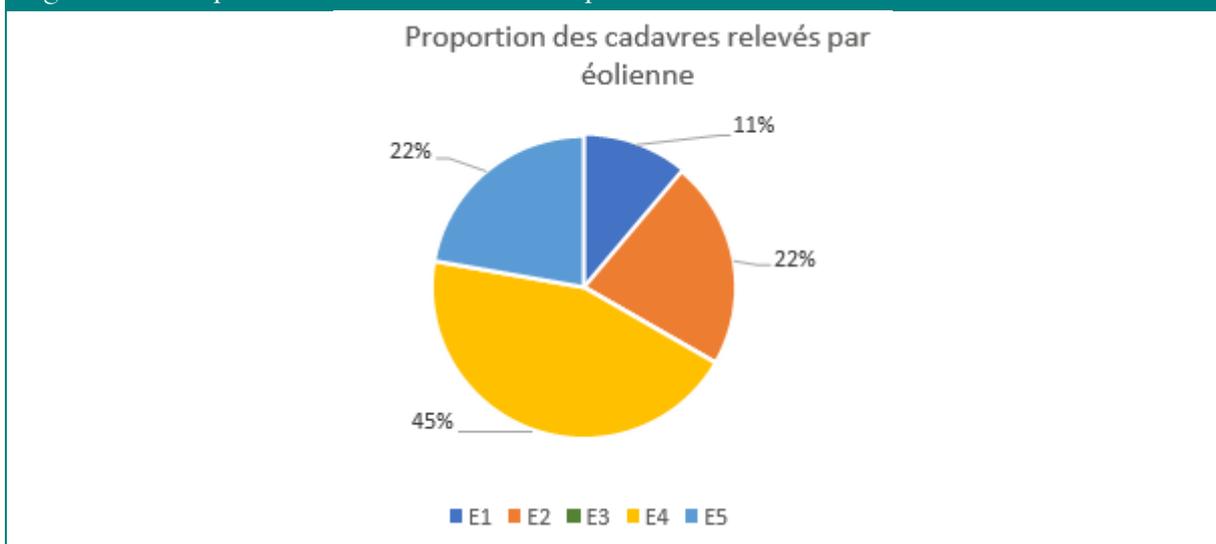


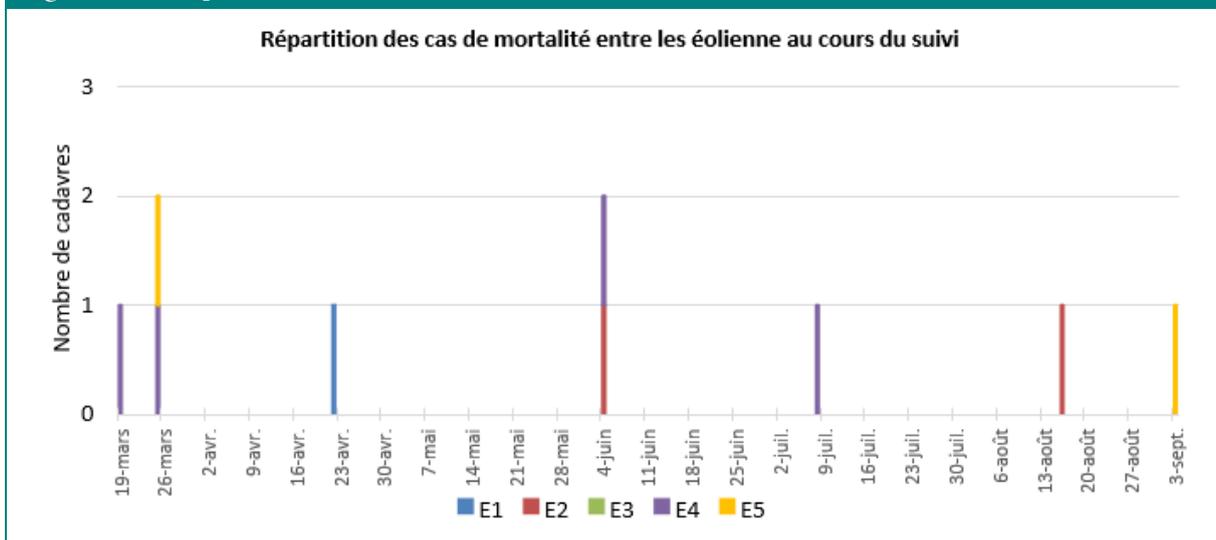
Figure 37. Proportions des cadavres relevés par éolienne



Si l'on regarde maintenant la phénologie des cas de mortalité (oiseaux et chauves-souris cumulés) en prenant en compte leur répartition par éolienne, on obtient le graphique ci-après. Il peut permettre de détecter une éventuelle concentration de mortalités sous certaines éoliennes à certaines périodes.

Du fait du faible nombre de cadavres détectés cette année, il est difficile de dégager une période avec une mortalité plus forte. Le seul élément notable est entre le 21 août et le 22 septembre avec régulièrement 2 à 3 cadavres retrouvés au total sous les éoliennes, dont une récurrence sous les éoliennes E3 et E4 (4 cas sur cette période). Les mortalités se répartissent assez régulièrement entre les éoliennes tout au long de la période suivie ; les cas au niveau de E4 semblent surtout concerner la période de migration d'automne.

Figure 38. Répartition des cas de mortalité entre les éolienne au cours du suivi



### 3.5. Dispersion des cadavres

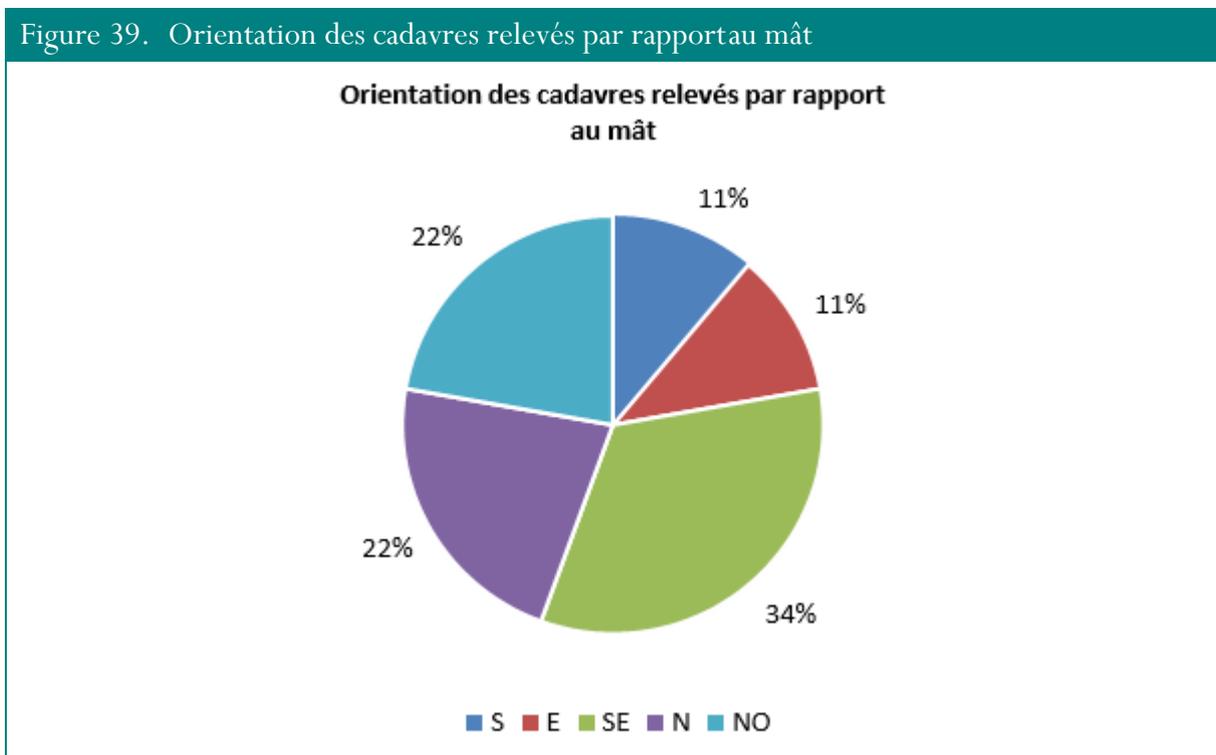
#### 3.5.1. Orientation

Le graphique ci-contre nous montre que les cadavres ont été rencontrés principalement au Sud-Est (34%), au Nord-Ouest et au Nord (22%) puis au Sud et à l'Est (11%) du mât de l'éolienne.

La direction préférentielle où ont été retrouvés les cadavres est le Sud-Est par rapport au mât de l'éolienne.

À noter tout de même que les faibles effectifs concernés pour les éoliennes rendent cette analyse délicate, d'autant plus que certains cadavres peuvent éventuellement être déplacés par des prédateurs ou autres facteurs extérieurs (engins agricoles, vent...).

Figure 39. Orientation des cadavres relevés par rapport au mât

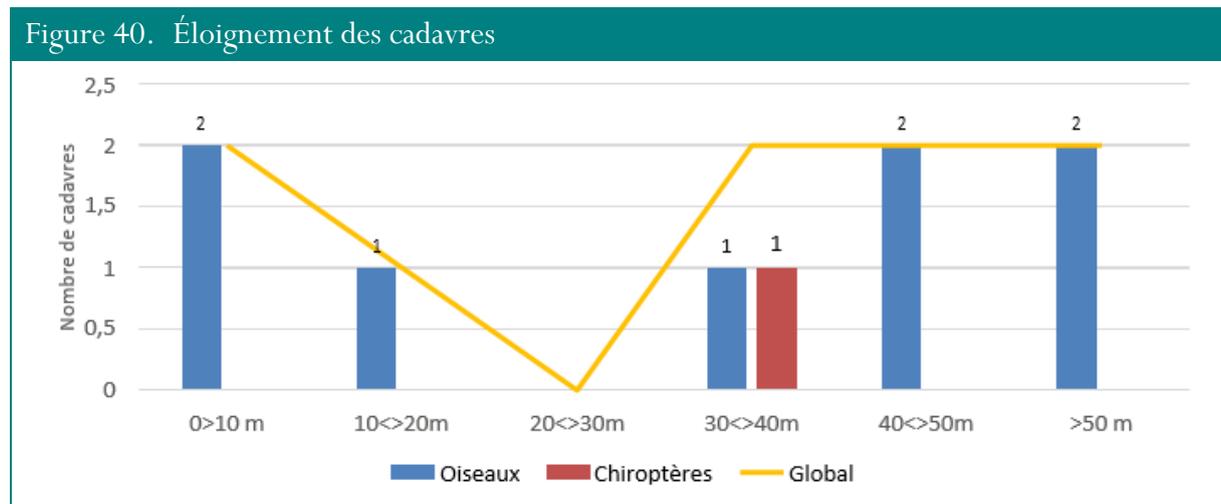


#### 3.5.2. Éloignement

La distance moyenne d'éloignement des cadavres par rapport au mât des éoliennes varie en fonction du groupe concerné. Elle est de 32 m pour le seul chiroptère trouvé, et de 35,3 m pour les oiseaux.

Au global, la distance moyenne d'éloignement constatée est de 34,8 m.

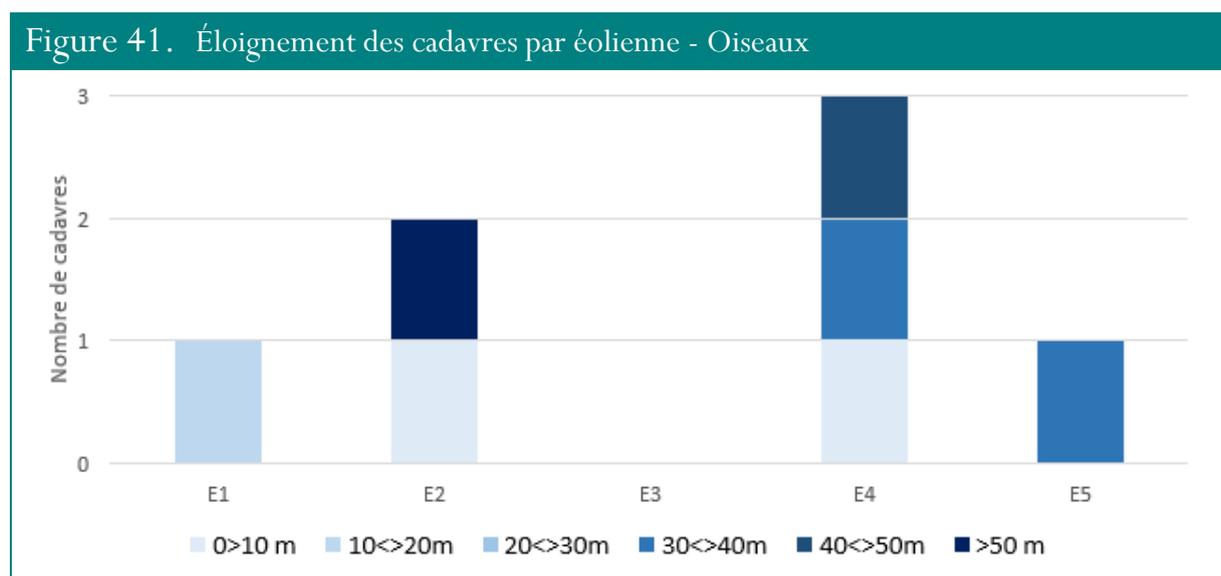
La répartition pour chaque groupe et selon des classes de 10 mètres nous donne la représentation plus précise suivante :



- Un seul chiroptère a été retrouvé, à 32 mètres du mât ;
- Les oiseaux quant à eux sont retrouvés en moyenne à 35,3 m ; l'éloignement maximal constaté pour ce groupe est de 82 m ;

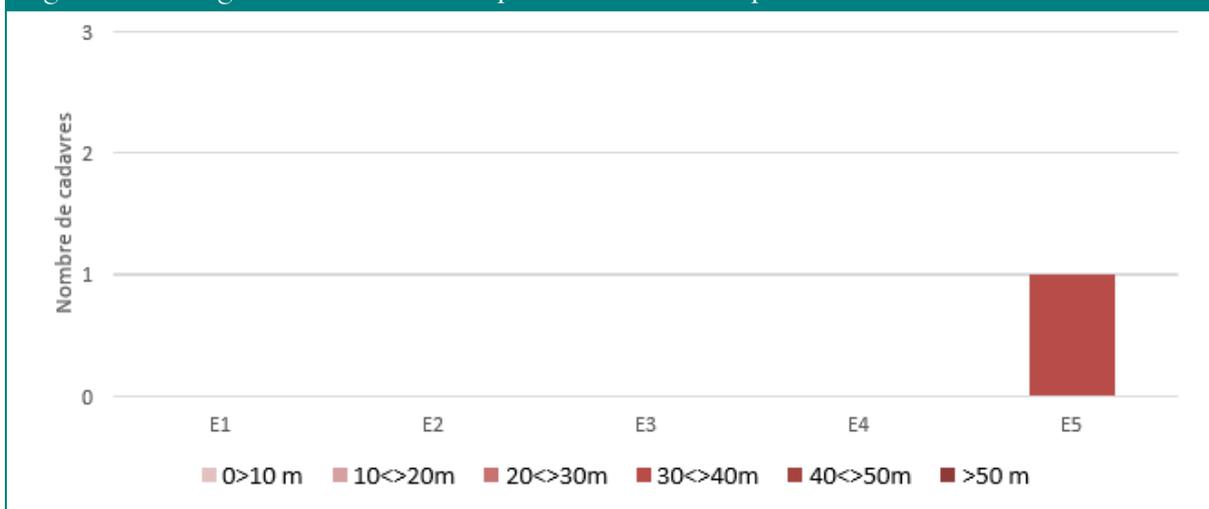
La faible mortalité relevée cette année ne permet pas de révéler une distance à laquelle on retrouve majoritairement les cadavres. La distance moyenne de découverte des cadavres étant de 34,8 m du mât des éoliennes correspond environ à la moitié de la distance maximale à laquelle se fait la recherche des cadavres.

Si l'on précise en regardant l'éloignement par éolienne (graphes par groupe ci-dessous), on ne constate pas réellement d'éloignement préférentiel en fonction de l'éolienne concernée, du moins avec les effectifs concernés ici.



Pour ces résultats par éolienne concernant les oiseaux, aucun cadavre n'a été trouvé entre 30 m et 40m.

Figure 42. Éloignement des cadavres par éolienne - Chiroptères



### 3.6. Causes constatées de la mortalité

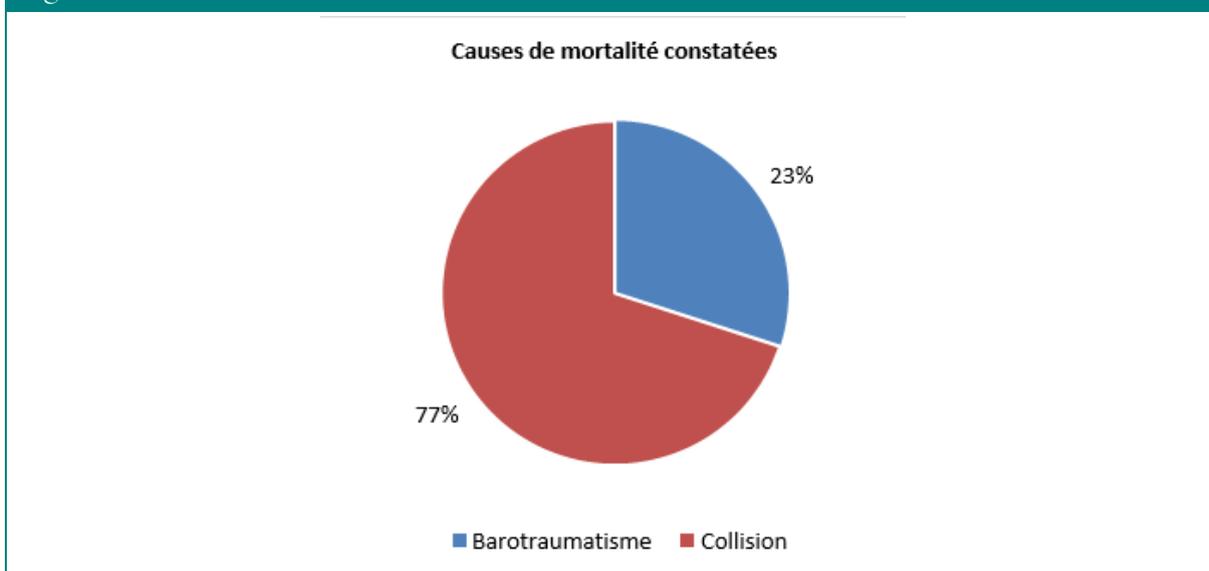
Au cours des 9 mois du suivi 2021, 9 cadavres ont été découverts en 67 passages. Il s'agissait pour rappel de 1 chiroptère et 8 oiseaux.

Les causes de mortalité observées lors des relevés sont les suivantes :

	<i>Barotraumatisme</i>	<i>Collision</i>	<i>Indéterminé</i>	<i>TOTAL</i>
<i>Oiseaux</i>	1	7	0	8
<i>Chiroptères</i>	1	0	0	1
<i>TOTAL</i>	2	7	0	9

Pour les oiseaux comme pour les chiroptères, la collision semble être la cause majeure de mortalité (77,7%). Cela est dans certains cas aisément constatable sur le terrain (fracture ouverte, corps sectionné...). Lorsque cela n'était pas visible, des palpations ont été réalisées afin de détecter une éventuelle fracture.

Figure 43. Causes de mortalité constatées



## 4. Interprétations

### 4.1. Influence du paysage

#### 4.1.1. Échelle du parc

Les habitats présents en-dessous des éoliennes sont équivalents à l'échelle du parc : il s'agit de milieux agricoles, avec des parcelles cultivées (tournesol, orge, colza, luzerne...). Nous n'avons donc pas réalisé de comparaison des mortalités en fonction des habitats sous les éoliennes, qui pourraient être dans d'autres situations plus ou moins attractifs.

L'orientation des pales est également la même d'une éolienne à l'autre.

Cependant, le parc est situé à proximité de plusieurs petits boisements et plans d'eau (voir carte ci-après) ; la distance moyenne entre les éoliennes et les boisements est faible : 440 m. Il en va de même pour la proximité avec les haies : 410 m en moyenne. Cependant certaines sont tout juste à 160 m des premiers arbres.

<i>Éolienne</i>	<i>Cultures des parcelles au cours du suivi</i>	<i>Distance la plus proche d'un boisement / mât</i>	<i>Distance la plus proche d'une haie / mât</i>
<b>E1</b>	Tournesol	330m	60m
<b>E2</b>	Orge	160m	410m
<b>E3</b>	Carottes	460m	780m
<b>E4</b>	Orge	800m	460m
<b>E5</b>	Luzerne – Orge	450m	340m

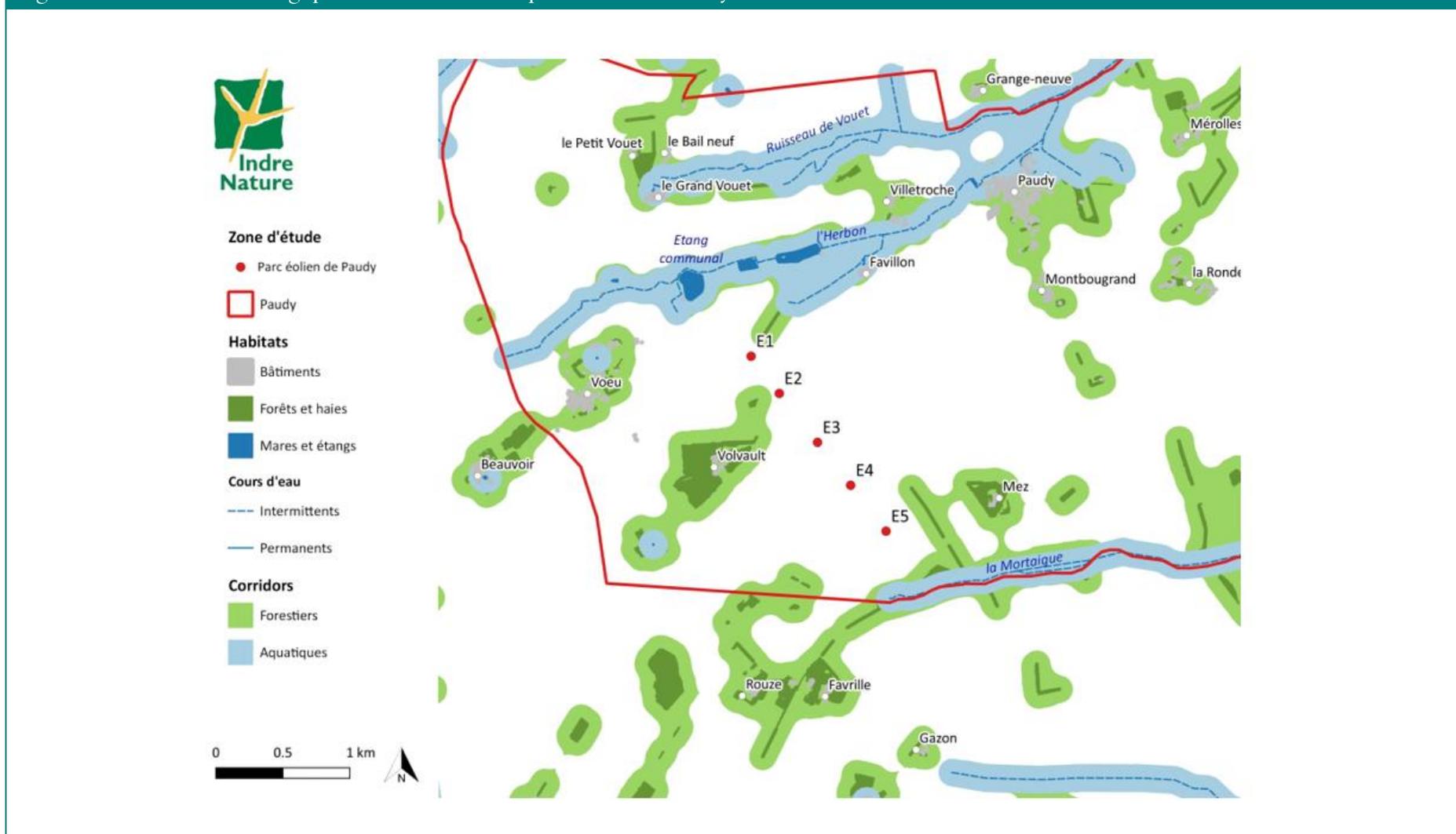
Les lisières jouent un rôle important dans le déplacement des chiroptères : elles servent de corridors de déplacement, mais aussi de zones de chasse.

Les zones de lisières sont donc des zones sensibles pour ce groupe ; l'implantation d'éoliennes peut y induire un risque de mortalité plus élevé qu'ailleurs.

Pour les oiseaux également, les haies et boisements constituent des habitats importants : lieux de nidification, de chasse, mais également les éléments paysagers pouvant être suivis lors des périodes de migration.

Ainsi, malgré le contexte fortement agricole de la commune de Paudy (et de celles environnantes), des éléments écologiques attractifs pour la faune sont encore présents et peuvent attirer des groupes d'individus. La présence d'éoliennes dans ce contexte peut rendre les transits périlleux.

Figure 44. Corridors écologiques dans le secteur du parc éolien de Paudy



#### 4.1.2. Zoom sur les éoliennes

E<sub>1</sub>

---

Il s'agit de l'éolienne la plus au nord du parc, elle se situe à proximité d'une haie, lieu propice pour l'avifaune. Régulièrement des chardonnerets élégants, bruants proyers et linottes mélodieuses y ont été observés. C'est également l'éolienne la plus proche de l'étang communal de Paudy, situé à seulement 500 mètres. La distance de sécurité par rapport à ce plan d'eau est peut-être trop faible.

E<sub>2</sub>

---

Cette éolienne se trouve à 160 mètres d'un petit bosquet et à 410 mètres du boisement entourant le domaine de Volvaut situé au sud-ouest. De nombreuses alouettes des champs ont été contactées sur le site, ainsi que des Tariers des prés et bergeronnettes grises.

E<sub>3</sub>

---

L'éolienne E<sub>3</sub> est située au centre de l'alignement des éoliennes du parc de Paudy. Elle se situe à 460 mètres du boisement du domaine de Volvaut. Régulièrement, des rapaces ont été observés en chasse dans les alentours de cette éolienne, notamment Faucon crécerelle, Busard Saint-Martin et Buse variable. Un Faucon Hobereau a été effectivement retrouvé mort au pied de l'éolienne en 2020, ce qui atteste de la fréquentation du secteur par les rapaces. Des corneilles noires ont également été observées sur l'aire goudronnée à plusieurs reprises.

E<sub>4</sub>

---

L'éolienne E<sub>4</sub> a la particularité de présenter un secteur de végétation haute servant de zone de refuge pour le gibier. Cette végétation s'est particulièrement développée au cours du mois de juillet jusqu'à la fin du suivi. Elle couvre près de 3 745 m<sup>2</sup> au pied de l'éolienne. Une faune diversifiée y a été observée, et des indices de présence témoignent de la fréquentation du site : Tarier des prés, Corneille noire, Faisan de Colchide, Perdrix rouge, Cédicnème criard, Chouette Effraie des clochers, Buse variable, Faucon crécerelle...

Or, cette année encore la moitié des cas de mortalité pour E<sub>4</sub> est survenue au cours de cette période de développement de cette culture à gibier. Tout comme pour l'année passée, cette coïncidence n'est sûrement pas un hasard. Il est supposé que la végétation crée un nouvel habitat propice à la vie dans le contexte fortement agricole environnant, et attire les insectes, qui attirent à leur tour oiseaux et chiroptères, ce qui augmente les risques de collision.

Il est supposé que la végétation crée un nouvel habitat propice à la vie dans le contexte fortement agricole environnant, et attire les insectes, qui attirent à leur tour oiseaux et chiroptères, ce qui augmente les risques de collision.

E5

---

Cette éolienne se situe à 450 m d'une zone forestière et à 340 m d'une haie bordant la parcelle agricole. De nombreux oiseaux migrateurs ont été observés à proximité de l'éolienne, notamment des pluviers dorés.

#### 4.2. Échelle départementale et corridors de déplacement

Le parc éolien de Paudy s'imbrique entre deux éléments paysagers pouvant canaliser le flux de déplacement de la faune. En effet, le parc se trouve aux abords d'affluents de la Théols et proche de la vallée d'Issoudun. Étant en Champagne Berrichonne, le secteur est parsemé de milieux boisés isolés, servant de corridors et de jonctions entre les différents habitats naturels.

Cette configuration paysagère pourrait jouer un rôle prépondérant dans l'explication des flux migratoires : les animaux suivant les éléments paysagers pour se déplacer. Cela a pu être constaté sur le terrain, lors des visites réalisées en octobre : un nombre important de passereaux (alouettes, chardonnerets, linottes...). Des groupes de grues ont pu être observés lors des prospections, et les agriculteurs locaux attestent que ces migrateurs survolent de parc régulièrement en période de migration.

Si les grues n'ont été observées qu'en survol (à basse altitude cela étant), les passereaux pour la plupart ont été notés traversant le parc, à des altitudes variées, mais la plupart du temps à une hauteur inférieure ou égale à celle des éoliennes. Des passereaux en halte migratoire ont également été observés au pied des éoliennes lors des relevés automnaux (pluviers dorés, vanneaux huppés).

### 4.3. Influence de la météorologie

Des données météo nous ont ici été fournies par EDPR. Les données, enregistrées toutes les 10 minutes, concernent la vitesse du vent.

Ces données ont été complétées par des historiques disponibles en ligne (infoclimat.fr), proposant des moyennes par localité.

Rappelons ici que la date des mortalités étant estimée, il pourra parfois être difficile de tenter des déductions à partir des conditions météorologiques précises.

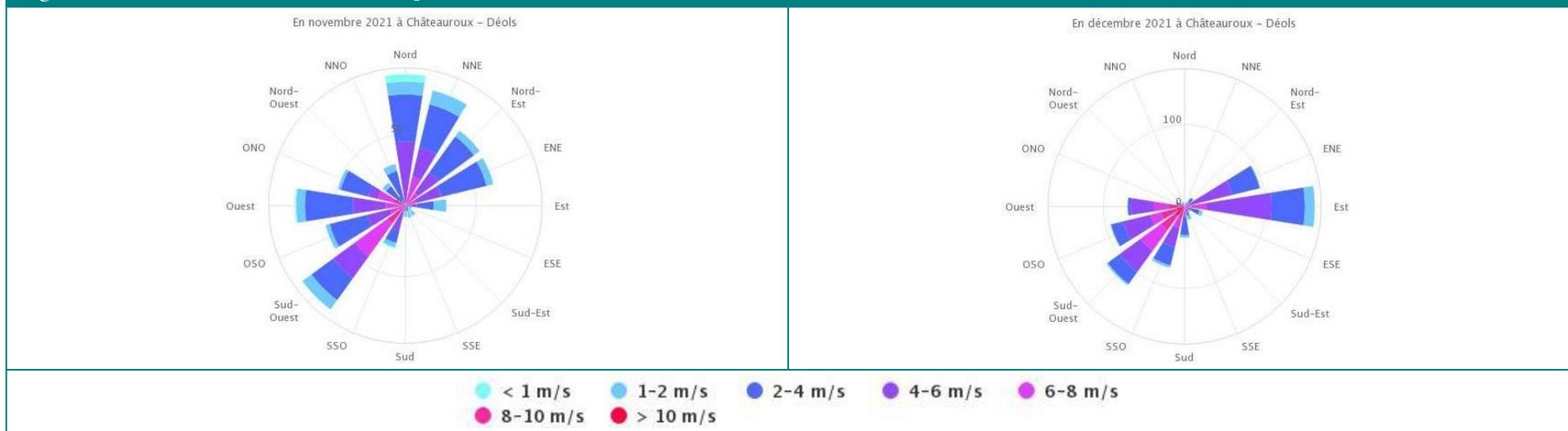
Du fait du peu de cas de mortalité et de conditions météorologiques variables il est difficile d'émettre une hypothèse d'explication de la mortalité.

<i>Paramètres</i>	<i>Données</i>	<i>Paramètres</i>	<i>Données</i>
<i>Date</i>	17/03/2021	<i>Date</i>	22/03/2021
<i>Vent</i>	20 km/h N-O	<i>Vent</i>	20 km/h N
<i>Brouillard</i>	Non	<i>Brouillard</i>	Oui
<i>Température</i>	6 °C	<i>Température</i>	4 °C
<i>Éolienne</i>	E4	<i>Éolienne</i>	E5
<i>Espèce</i>	Bruant Proyer	<i>Espèce</i>	Bruants Proyer
<i>Date</i>	24/03/2021	<i>Date</i>	21/04/2021
<i>Vent</i>	20 km/h E	<i>Vent</i>	10 km/h E à N-E
<i>Brouillard</i>	Oui	<i>Brouillard</i>	Non
<i>Température</i>	9°C	<i>Température</i>	11 °C
<i>Éolienne</i>	E4	<i>Éolienne</i>	E1
<i>Espèce</i>	Bruants Proyer	<i>Espèce</i>	Pigeon Ramier
<i>Date</i>	01/06/2021	<i>Date</i>	03/06/2021
<i>Vent</i>	10 km/h S-E	<i>Vent</i>	10 km/h S-E
<i>Brouillard</i>	Non	<i>Brouillard</i>	Non
<i>Température</i>	17°C	<i>Température</i>	19°C
<i>Éolienne</i>	E2	<i>Éolienne</i>	E4
<i>Espèce</i>	Faucon crécerelle	<i>Espèce</i>	Alouette des champs
<i>Date</i>	8/07/2021	<i>Date</i>	14/08/2021
<i>Vent</i>	15 km/h O-N-O	<i>Vent</i>	30 km/h N-E
<i>Brouillard</i>	Non	<i>Brouillard</i>	Non
<i>Température</i>	14°C	<i>Température</i>	24°C
<i>Éolienne</i>	E4	<i>Éolienne</i>	E2
<i>Espèce</i>	Martinet noir	<i>Espèce</i>	Bruants Proyer
<i>Date</i>	01/09/2021		
<i>Vent</i>	10 km/h N-E		
<i>Brouillard</i>	Non		
<i>Température</i>	14°C		
<i>Éolienne</i>	E5		
<i>Espèce</i>	Pipistrelle commune		

Figure 45. Roses des vents mensuels pour les mois de mars à décembre 2021 (infolimat.fr)



Figure 45. Roses des vents mensuels pour les mois de mars à décembre 2021 (infoclimat.fr)



À partir des données enregistrées au niveau des mâts de mesures, nous avons calculé les données moyennes entre 1h avant le coucher et 1h après le lever du soleil, pour chaque date de mortalité estimée, et ceci pour la direction et la vitesse du vent, et la température.

L'intérêt de cette analyse étant lié aux impacts de nuit sur des chiroptères et les passereaux : les premiers n'étant pas actifs de jour, et les seconds migrants de nuit – la période de migration ayant été identifiée comme concentrant les mortalités.

La consultation de la météo précise du jour ne nous apporte pas d'autre élément potentiellement explicatif par rapport à la mortalité constatée.

Nous retiendrons néanmoins que deux cas de mortalité ont eu lieu en mars, en période de brouillard.

Parc éolien de Paudy // Suivis ICPE 2021

## 5. Conclusion

Le suivi mortalité 2021 du parc éolien de Paudy a permis de constater une nette régression de la mortalité en comparaison de l'année 2020, en effet :

- -La mortalité de chiroptères est très faible avec un seul cadavre relevé contre 11 en 2020
- La mortalité des oiseaux est faible, avec huit cadavres relevés, contre 17 en 2020. Une mortalité relativement régulière toute l'année comme l'année 2020.

La mise en application des mesures de bridage des éoliennes, même si elles n'ont pu être appliquées sur l'ensemble de la période de suivi est très probablement le facteur essentiel de la diminution de la mortalité sur le parc éolien de Paudy.

Dans ce contexte de faible mortalité nous pouvons toutefois retenir que :

- le Bruant proyer avec 4 cas de mortalité, fait figure d'espèce plus particulièrement ciblée, avec la moitié des cadavres retrouvée à proximité du mât laissant penser à une collision avec le mât.
- L'éolienne E4 comme l'an passé, occasionne le plus de mortalité. La gestion particulière de la végétation au pied de l'éolienne, n'est probablement pas sans incidence sur constat. En limitant l'attractivité de ce site, il est probable que nous pourrions permettre une diminution de la mortalité.

Concernant les autres paramètres étudiés :

- Orientation : les cadavres sont tous retrouvés du NO au Sud.
- Éloignement : les cadavres étant retrouvés à des distances très variables des éoliennes, (de 2m à 83m). Ces éléments ne nous permettent pas d'établir des conclusions particulières.

- Brouillard : deux cas de mortalité d'oiseaux sur huit (soit 25% des cas) ont été relevés en condition météorologique de brouillard.

En dehors de l'application des mesures de bridages déjà définies, les deux points d'amélioration possibles restent :

- La suppression de la végétation au pied de l'éolienne E4. Cette végétation attractive pour la petite faune explique probablement une mortalité supérieure occasionnée par cette éolienne.
- L'installation d'un détecteur de brouillard permettant la mise en œuvre de mesure de bridage notamment sur les périodes de migration. En effet les suivis avifaunes ont pu mettre en évidence que le parc était situé sur un couloir de migration en particulier pour de nombreuses espèces de rapaces.

Néanmoins nous retiendrons la diminution importante de la mortalité lors de ce second suivi et l'absence d'impact significatif du parc éolien sur les populations d'oiseaux et de chiroptères.

# Etude de l'activité des chiroptères à hauteur de nacelle - suivi acoustique - 2021 (SITELECO)

## 1. Présentation du protocole

Le suivi acoustique des chiroptères a débuté le **18/05/2021** et a couvert la période d'activité des chauves-souris **jusqu'au 22 novembre 2021**.

L'appareil d'écoute en continu, de modèle Batlogger WE X, a été installé à 91 mètres de haut dans la nacelle de l'éolienne E2 qui est l'éolienne la plus proche d'éléments arborés avec un bosquet présent à 160 mètres et un boisement à 367 mètres. L'appareil est couplé à un microphone ultrasonique de haute qualité. Le micro est disposé sous le bas de la nacelle et orienté en direction du sol.

Figure 46. Installation du Batlogger au niveau de la nacelle de E2



Le microphone est appliqué dans la fibre de la nacelle et orienté vers le bas.



Le Batlogger WE X est branché sur une prise 220 V directement dans la nacelle de l'éolienne E2. Il transmet les données via un réseau GSM.

## 2. Objectifs du suivi chiroptérologique

L'objectif d'un tel suivi est d'étudier finement la diversité et l'activité chiroptérologiques en altitude. En cas de mortalité significative sur les chiroptères, les données du suivi permettront de calibrer les données de déclenchement d'un éventuel bridage des machines. Le suivi en continu en altitude permet ainsi :

- D'étudier la diversité et l'activité spécifiques temporelles à hauteur de nacelle au cours de la période considérée dans l'étude ;
- D'identifier les périodes d'activité des chiroptères au cours de la période considérée dans l'étude ;
- De faire le lien avec les résultats du suivi de mortalité mené en parallèle et d'apporter des éléments précis si des mesures de bridage doivent être appliquées.

## 3. Calendrier du suivi en continu des chiroptères

Le tableau suivant résume les saisons expertisées et le protocole appliqué.

Figure 47. Chiroptères // Calendrier saisonnier appliqué au suivi en altitude des chiroptères

	Saisons	Objectifs	Protocoles
	<b>Début du protocole // 18 mai 2021</b>		
	<b>Mise-bas 2021</b> <i>(Mi-mai à fin août)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caractériser le cortège et l'activité chiroptérologiques saisonniers en altitude ;</li> <li>• Caractériser les périodes d'activité supérieure ;</li> <li>• Prévenir de potentiels impacts significatifs sur la chiroptérofaune et proposer des mesures réductrices.</li> </ul>	<u>Suivi annuel renouvelable</u> Écoute en continu à hauteur de nacelle (E2), située à 91 mètres de haut, via un appareil Batlogger WE X1 couplé à un microphone ultrasonique de haute qualité. – de 30 minutes avant le coucher du soleil à 30 minutes après le lever du jour.
	<b>Transit automnal 2021</b> <i>(Début septembre à fin octobre)</i> 		
	<b>Fin du protocole // 22 novembre 2021</b>		

Le suivi acoustique des chiroptères a débuté le 18/05/2021, il a couvert la mise-bas et les transits automnaux jusqu'au 22/11/2021. Les écoutes démarrent 30 minutes avant le coucher du soleil et s'arrêtent 30 minutes après son lever.

## 4. Méthodologie d'analyse des signaux ultrasonores

La méthodologie d'analyse des signaux ultrasonores est détaillée dans le tableau suivant. Nous utilisons trois logiciels d'analyse, à savoir **SONOCHIRO**, **BATSOUND** et **KALEIDOSCOPE PRO**.

Figure 48. Méthodologie de traitement des signaux ultrasonores



Figure 48. Méthodologie de traitement des signaux ultrasonores

### Étape 2 – validation post analyse de Sonochiro

*Analyse individuelle des sons par échantillon selon les classes d'indice par notre experte via le logiciel KALEIDOSCOPE PRO et/ou BAT SOUND.*

*Les bases de données des écoutes en continu présentent plusieurs milliers de sons de qualité variable. Une analyse de chaque signal demanderait un temps considérable présentant de trop fortes contraintes temporelles et financières.*

*Par conséquent, nous analysons un échantillon de sons selon le genre considéré.*



*Note sur la détermination finale d'un signal*

Il est essentiel de signaler ici que la détermination des cris de chiroptères demande un travail d'analyse affiné et délicat. Certains signaux ne permettent pas de d'aboutir avec certitude à une espèce. Nous restons dans ce cas à l'échelle de l'ordre ou du genre. Cela dépend de la qualité du signal et de ses caractéristiques. Un signal trop faible ne pourra pas être analysé proprement. De même, certaines espèces, en particulier des genres *Eptesicus* et *Nyctalus*, émettent des sons très proches en termes de caractéristiques.

*Notre méthodologie d'analyse en deux étapes permet d'aboutir à une **base de données propre et représentative de l'activité et de la diversité spécifique** du site.*

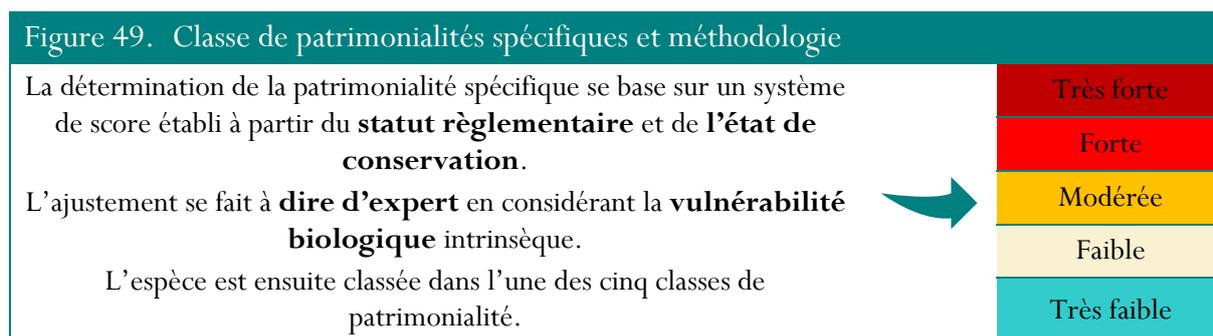
## 5. Notion de patrimonialité

La patrimonialité est une notion abordée dans le pré-diagnostic et qui se base uniquement sur les statuts de protection et conservation d'une espèce. Elle ne considère pas la fonctionnalité de ladite espèce avec la zone d'étude, nous évoquerons alors le terme d'enjeu.

La patrimonialité est définie à partir :

- Du **statut réglementaire** de l'espèce : protégée ou non, visée par les annexes des directives Habitats-Faune-Flore et Oiseaux, etc. ;
- De l'**état de conservation** actuel et prévisible de la population locale de l'espèce : statut des listes rouges nationales, listes locales, listes prioritaires pour la conservation des espèces etc. ;
- De la **vulnérabilité biologique** intrinsèque de l'espèce : production annuelle faible ou importante de l'espèce etc.

La patrimonialité est répartie en cinq catégories :



Concrètement, une espèce Natura 2000, protégée, fortement menacée dont l'habitat naturel est rare, aura une patrimonialité forte à très forte. *A contrario* une espèce non protégée et commune dont l'habitat est tout à fait ordinaire aura une patrimonialité très faible.

## 6. Analyse des résultats des écoutes en continu en nacelle // année 2021

### 6.1. Présentation des résultats bruts

Le tableau suivant présente l'activité chiroptérologique en contacts bruts, enregistrée sur la période étudiée.

Figure 50. Espèces détectées en altitude au niveau de l'éolienne E2

Espèces	Listes rouges		Patrimonialité	Nombre de contacts bruts	
	Nationale	Régionale (UICN 2012)		Mise-bas (106 jours)	Transit automnal (83 jours)
Noctule commune	VU	NT	Modérée	466	566
Noctule de Leisler	NT	NT	Modérée	194	193
Pipistrelle de Nathusius	NT	NT	Modérée	30	43
Pipistrelle commune	NT	LC	Faible	434	216
Sérotine commune	NT	LC	Faible	50	55
Pipistrelle de Kuhl	LC	LC	Très faible	267	143
Sérotine de Nilsson	DD	/	Très faible	4	/
Vespertilion bicolore	DD	NA	Très faible	27	12
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	/	/	-	6	7
Vespère de Savii / Pipistrelle de Kuhl	/	/	-	/	3
<i>Nombre de contacts bruts saisonniers</i>				<b>1 478</b>	<b>1238</b>
<i>Diversité saisonnière (nombre d'espèces)</i>				<b>8</b>	<b>7</b>

L'analyse des données conclue sur une **diversité chiroptérologique moyenne** avec huit espèces contactées à 91 mètres d'altitude sur toute la période d'enregistrement. Parmi elles, trois présentent une patrimonialité modérée : La **Noctule commune**, la **Noctule de Leisler** et la **Pipistrelle de Nathusius**.

C'est cette première qui présente l'activité la plus importante au niveau de la nacelle aussi bien en période de mise-bas que lors des transits automnaux. Notons cependant que son activité proratisée a été plus importante en période de transit automnal que durant la mise-bas. **L'éolienne E2 semble donc se trouver sur un trajet migratoire pour cette espèce.** La Noctule de Leisler présente une activité non négligeable pratiquement similaire en mise-bas et en automne tandis que l'activité de la Pipistrelle de Nathusius reste très marginale sur les deux saisons étudiées.

Les autres espèces détectées lors de ce protocole présentent une patrimonialité faible ou très faible. Parmi elles, la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl, dans une moindre mesure, présentent une activité importante et cela principalement en période de mise-bas. **L'éolienne E2 doit se trouver à proximité d'un territoire de chasse ou de transit pour ces deux espèces.**

Elles peuvent transiter entre les différents éléments boisés (éléments relais) en traversant de grands espaces ouverts ou également chasser en canopée. Le cas échéant l'éolienne E2 se trouve à plus de 350 mètres du premier boisement fonctionnel en tant que territoire de chasse. À cette altitude, l'activité enregistrée de la Sérotine commune est faible tandis qu'elle est marginale pour le Vespertilion bicolore et la Sérotine de Nilsson qui, elle, n'est présente qu'en mise-bas.

En comparaison des écoutes effectuées l'année dernière (saison 2020), deux espèces de plus ont été enregistrées mais avec une activité marginale. Il s'agit du Vespertilion bicolore et de la Sérotine de Nilsson. L'activité de la Noctule commune, de la Pipistrelle commune et de la Pipistrelle de Kuhl s'est avérée bien plus importante en 2021 qu'en 2020 tandis que les autres espèces ne montrent pas de différences significatives. Notons cependant la présence de la Pipistrelle de Nathusius en période de mise-bas 2021 contrairement à l'année 2020, cependant son activité reste très faible à cette saison.

Une étude plus approfondie de l'activité chiroptérologique est détaillée dans la partie suivante dans le but de préconiser un bridage adapté aux enjeux chiroptérologiques locaux et aux impacts potentiels de l'exploitation des éoliennes sur les chiroptères.

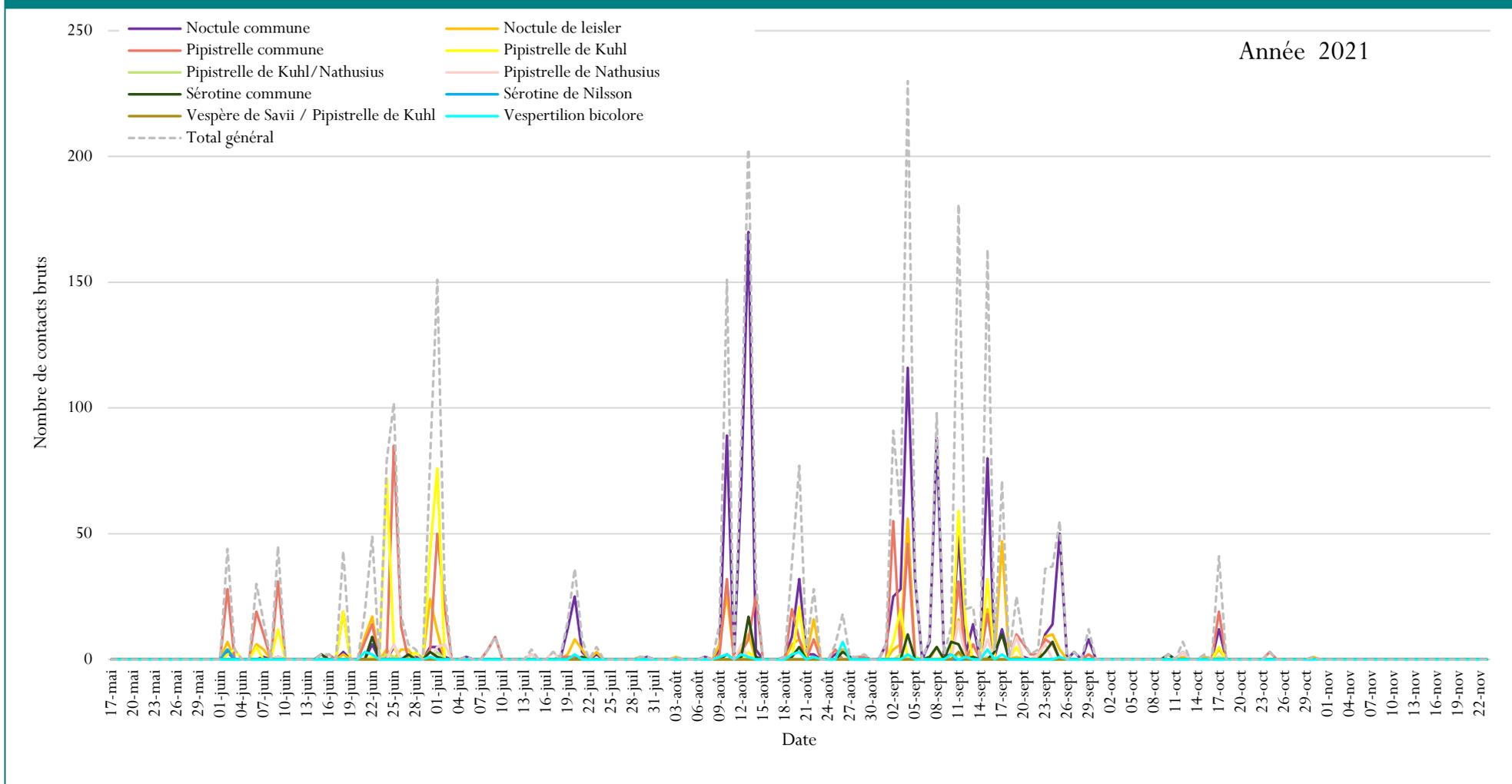
## 6.2. Analyse de l'activité chiroptérologique annuelle

Le graphique suivant permet d'apprécier la répartition de l'activité (en nombre de contacts bruts) sur la période étudiée (mai à novembre 2021) au niveau de l'éolienne E2. On y observe **une activité chiroptérologique plus importante**, bien qu'irrégulière, **du 10 août au 25 septembre 2021, avec d'importants pics d'activité le 10 et 13 août ainsi que le 4, 11 et 15 septembre 2021**. Les pics d'activité du mois d'août concernent principalement la Noctule commune et correspondent certainement à l'envol des jeunes et au retour migratoire des femelles, tandis que les pics de septembre correspondent également probablement au retour des femelles pour l'accouplement et à une chasse accrue pour l'acquisition de réserves en vue de l'hibernation.

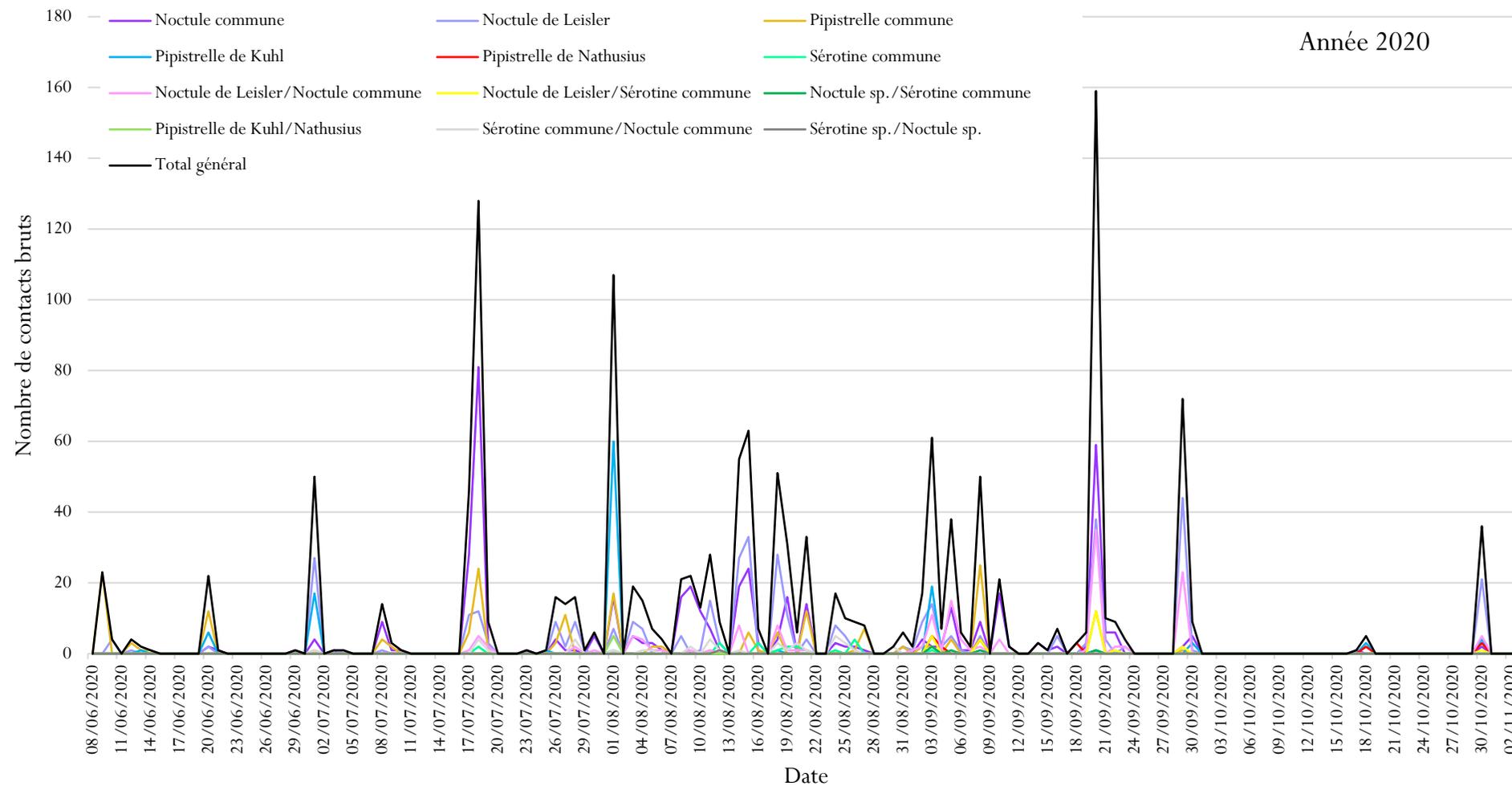
Les jours d'activité faible ou nulle sont sans doute liés à une météo défavorable à l'activité des chiroptères (pluie, vent fort). Une importante activité a été enregistrée **du 18 juin au 01 juillet 2021**, avec deux pics d'activités le 25 juin et le 1<sup>er</sup> juillet 2021 concernant principalement la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle commune. Le reste du temps **l'activité enregistrée est globalement faible** avec moins de 100 contacts bruts par nuit.

Les graphiques suivants présentent l'activité chiroptérologique par nuit en nombre de contacts bruts tout au long de la période expertisée en 2021 ainsi que sur la période allant du 8 juin au 4 novembre 2020 expertisée l'année dernière.

Figure 51. Somme des contacts chiroptérologiques enregistrés par jour par espèce en nombre de contacts bruts au cours de la période d'étude de 2021 et de 2020



Année 2020



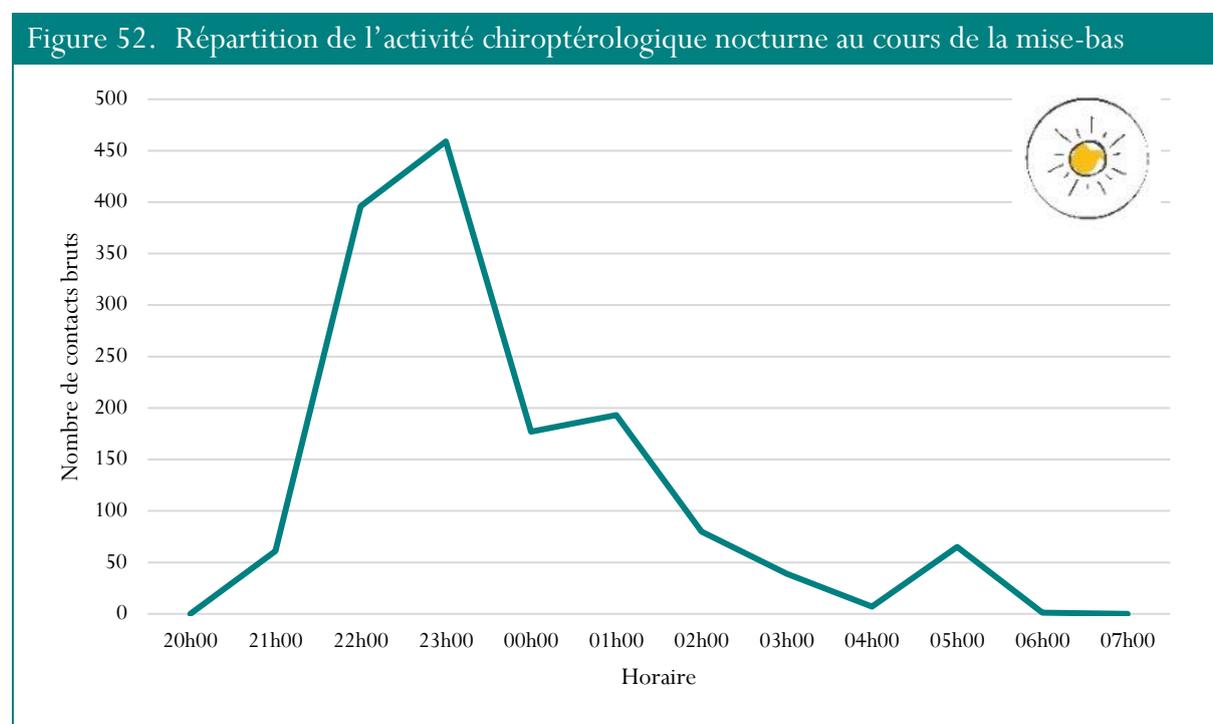
Sur la base de ces résultats nous préconisons un bridage sur la période allant du **15 juin à fin septembre** afin de réduire l'impact potentiel sur les chiroptères. Les plus importants pics d'activité observés correspondent probablement à de la migration automnale et à du transit ou de la chasse en période de mise-bas.

Une étude plus approfondie de l'activité en fonction des horaires entre le 18 mai et le 23 novembre 2021 est réalisée.

### 6.3. Analyse de l'activité chiroptérologique au cours de la nuit

#### 6.3.1. Période mise-bas (du 18 mai au 31 août 2021)

Le graphique suivant présente la somme des contacts bruts selon l'heure de la nuit au cours de la mise-bas. Il ne permet pas d'estimer un degré d'activité, mais de définir les pics d'activité observés.

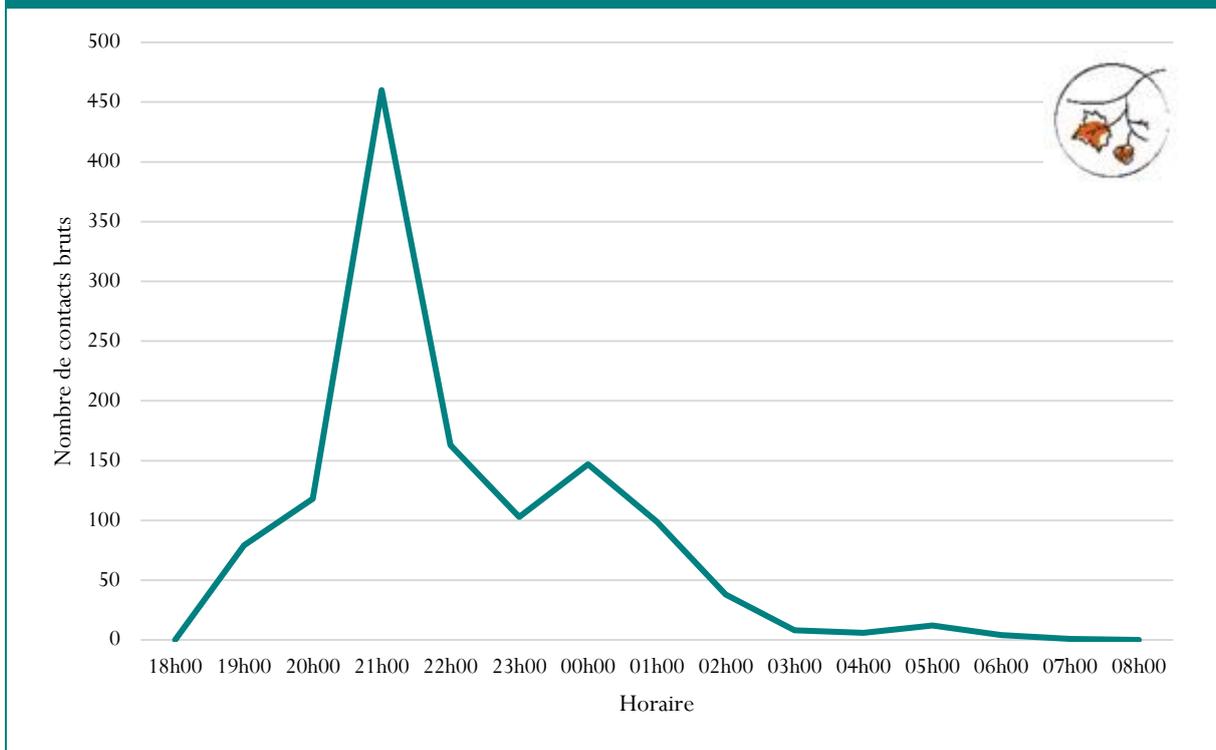


En période de mise-bas, l'activité chiroptérologique enregistrée à cette altitude démarre à 21h09. Elle reste faible jusqu'à 21h30 puis croît rapidement pour devenir maximale entre 22h00 et minuit. Elle diminue ensuite rapidement de près de moitié et montre un plateau entre minuit et 2h00. Elle diminue après progressivement jusqu'à devenir nulle à 6h07. Ces résultats sont globalement similaires à ceux de l'année 2020 avec une activité maximale entre 22h00 et minuit et une activité significativement plus faible à partir de 2h00 du matin. La seule différence notable est l'existence d'un petit pic d'activité en fin de nuit en 2021 correspondant au retour au gîte.

### 6.3.2. Période de transit automnal (du 31 août au 23 novembre 2021)

Le graphique suivant présente la somme des contacts bruts selon l'heure de la nuit au cours des transits automnaux. Il ne permet pas d'estimer un degré d'activité mais de définir les pics d'activité observés.

Figure 53. Répartition de l'activité chiroptérologique nocturne au cours des transits automnaux



Lors du transit automnal, le premier contact est enregistré à 19h11. L'activité augmente ensuite pour devenir maximale entre 21h00 et 22h00. Elle diminue ensuite rapidement, reste globalement stable entre 22h00 et 02h00 puis elle diminue progressivement jusqu'à devenir très faible à 3h00 du matin et nulle à 7h11. Comme lors de l'année 2020, l'activité est maximale entre 21h00 et 22h00, elle devient également significativement plus faible à partir de 2h00 du matin.

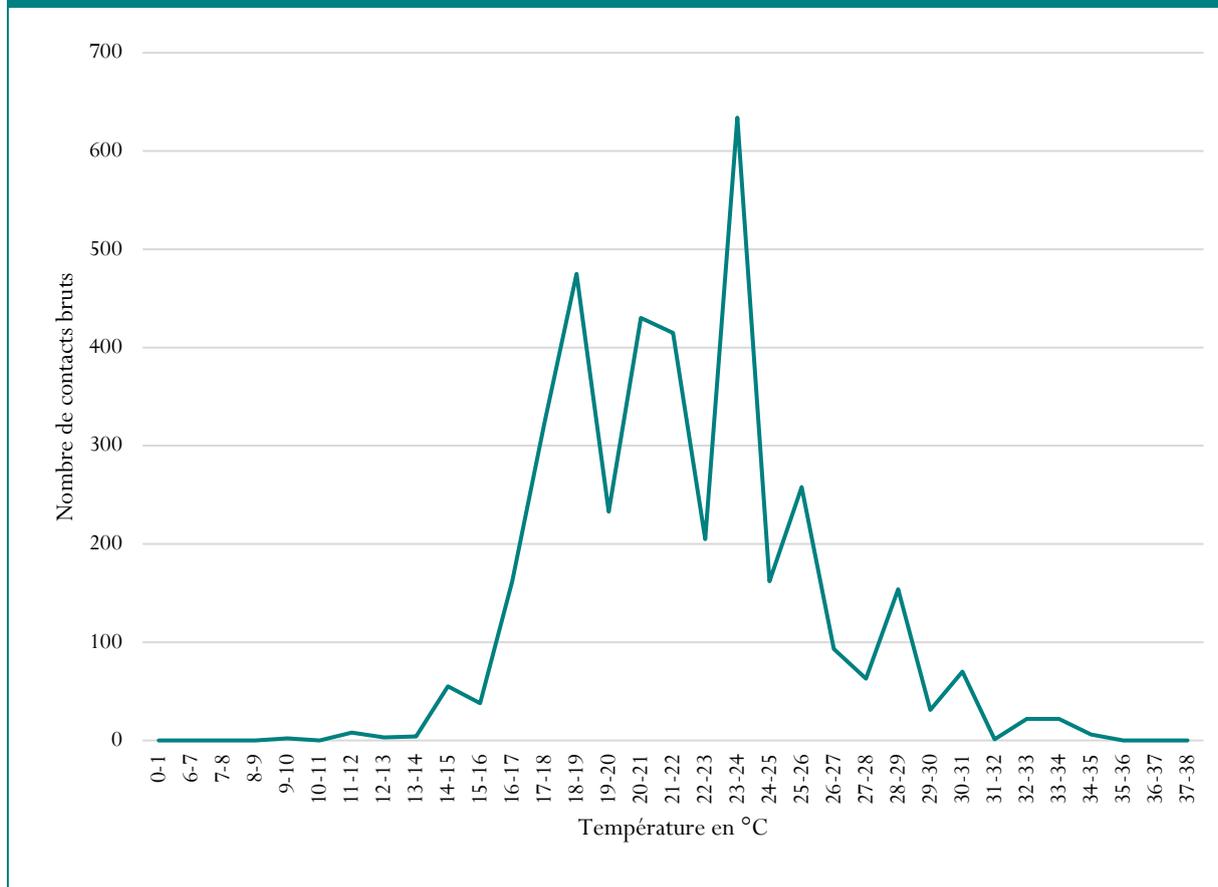
## 7. Proposition d'adaptation d'un bridage préventif (basée sur les résultats de l'année 2020 et 2021)

Une étude plus approfondie de l'activité enregistrée en nacelle en fonction des conditions météorologiques et des horaires sur les périodes étudiées en 2020 et 2021 est réalisée afin de définir plus précisément les valeurs de bridage préconisées.

### 7.1. Activité chiroptérologique en fonction de la température

Le graphique suivant présente le nombre de contacts bruts enregistré selon la température sur toutes les périodes étudiées au cours de l'année 2020 et de l'année 2021 au niveau de l'éolienne E2.

Figure 54. Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction de la température (année 2020 et 2021)



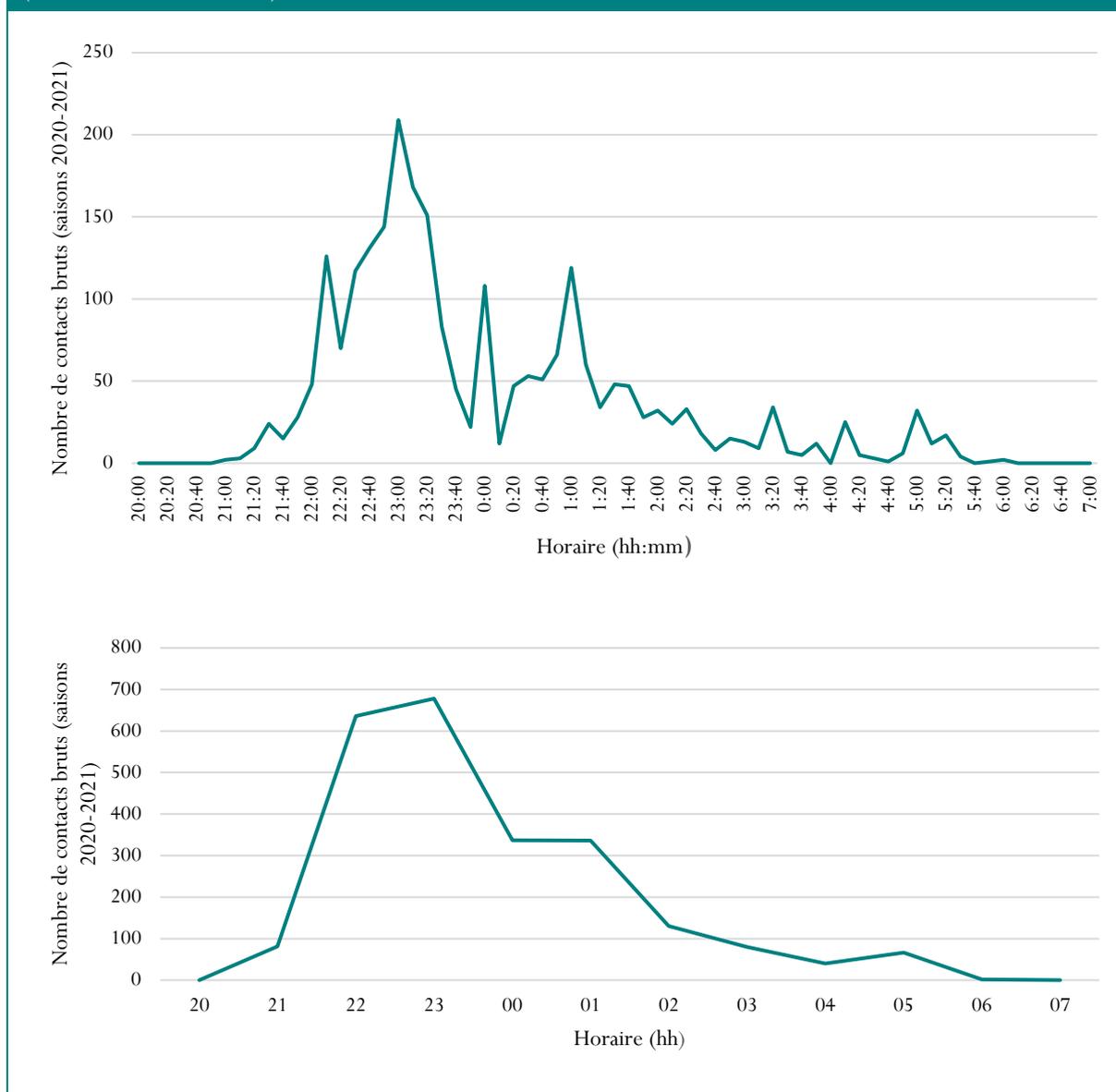
Ce graphique permet de voir qu'en dessous de 9°C et au-dessus de 35°C l'activité chiroptérologique est nulle tandis qu'elle est maximale entre 16 et 24°C. Nous préconisons donc un bridage entre 9 et 35°C.

## 7.2. Activité chiroptérologique au cours de la nuit

### 7.2.1. Période de mise-bas (du 8 juin au 31 août 2020 et du 18 mai au 31 août 2021)

Les graphiques suivants présentent la somme des contacts bruts selon l'heure de la nuit par tranche de 10 minutes puis par heure au cours de la mise-bas des années 2020 et 2021. Ils ne permettent pas d'estimer un degré d'activité mais de définir les pics d'activité observés.

Figure 55. Répartition de l'activité chiroptérologique nocturne au cours de la mise-bas (années 2020 et 2021)

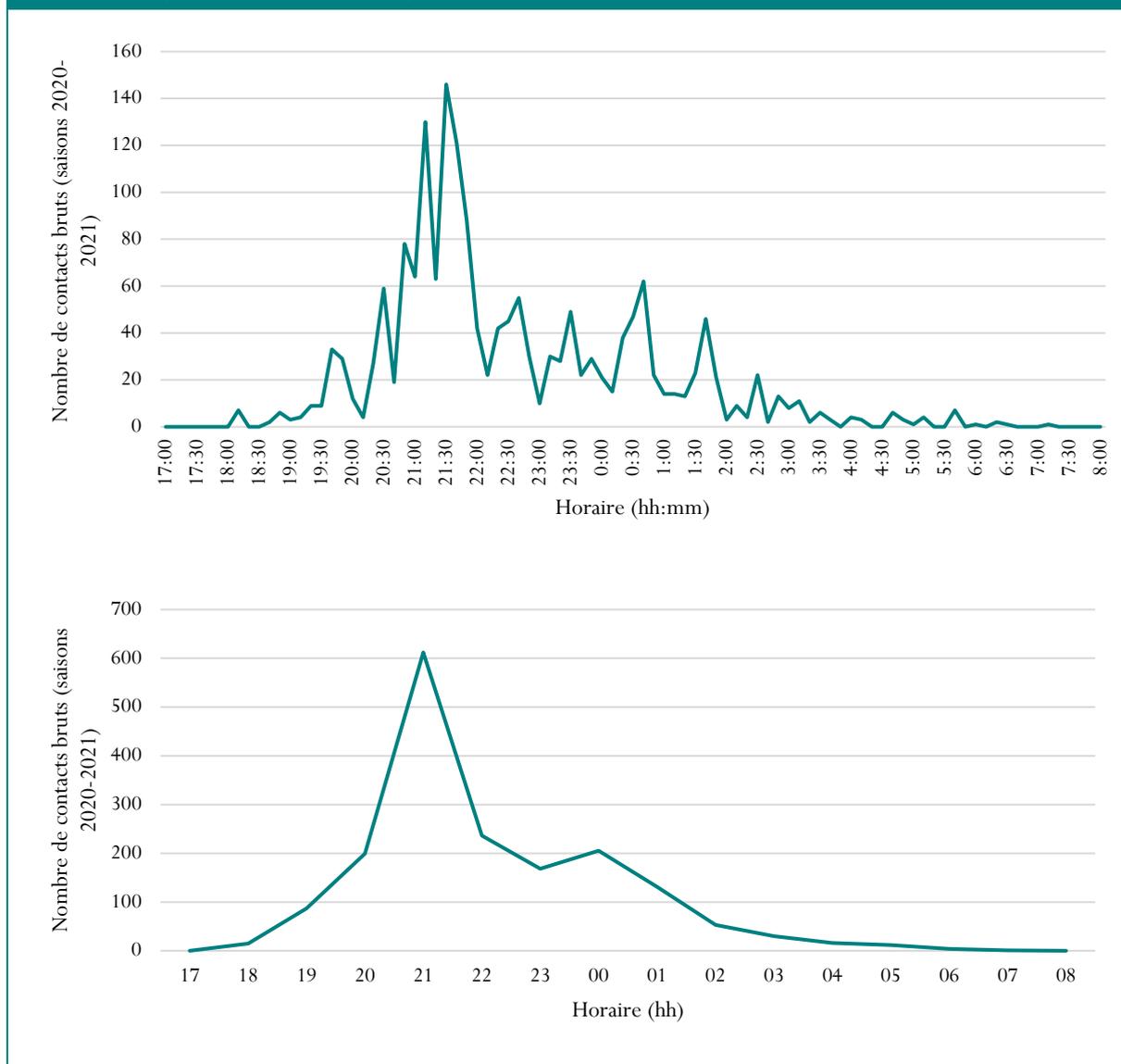


On observe les principaux pics d'activité entre 22h00 et 02h00. L'activité est ensuite faible le reste de la nuit. À la vue de ces résultats, nous préconisons un bridage entre **22h00 et 02h00** au cours de la **mise-bas**.

### 7.2.2. Période de transit automnal (du 1<sup>er</sup> septembre au 31 octobre 2020-2021)

Les graphiques suivants présentent la somme des contacts bruts selon l'heure de la nuit par tranche de 10 minutes puis par heure au cours des transits automnaux des années 2020 et 2021. Ils ne permettent pas d'estimer un degré d'activité mais de définir les pics d'activité observés.

Figure 56. Répartition de l'activité chiroptérologique nocturne au cours des transits automnaux (années 2020 et 2021)



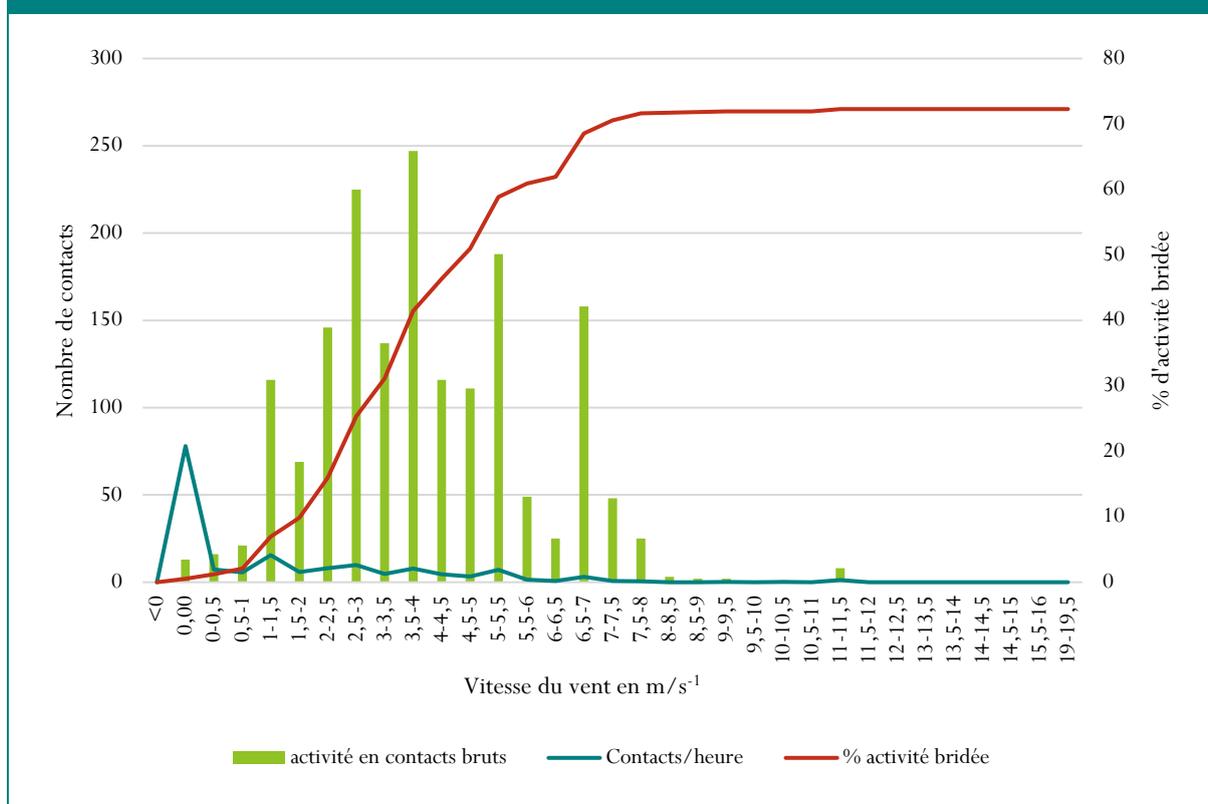
On observe les principaux pics d'activité entre 20h00 et 02h00. L'activité continue ensuite de diminuer jusqu'à devenir nulle à 7h20. À la vue de ces résultats nous préconisons un bridage entre **20h00 et 02h00** au cours des **transits automnaux**.

### 7.3. Activité chiroptérologique en fonction de la vitesse du vent

Période de mise-bas

Le graphique suivant présente la somme des contacts bruts, le nombre de contacts par heure et le pourcentage d'activité bridée selon la vitesse du vent en ne prenant en compte que les périodes, les tranches horaires et les températures les plus favorables à l'activité des chiroptères soit du 15 juin au 31 août entre 9 et 35°C et entre 22h00 et 02h00 du matin.

Figure 57. Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction de la vitesse du vent – Mise-bas

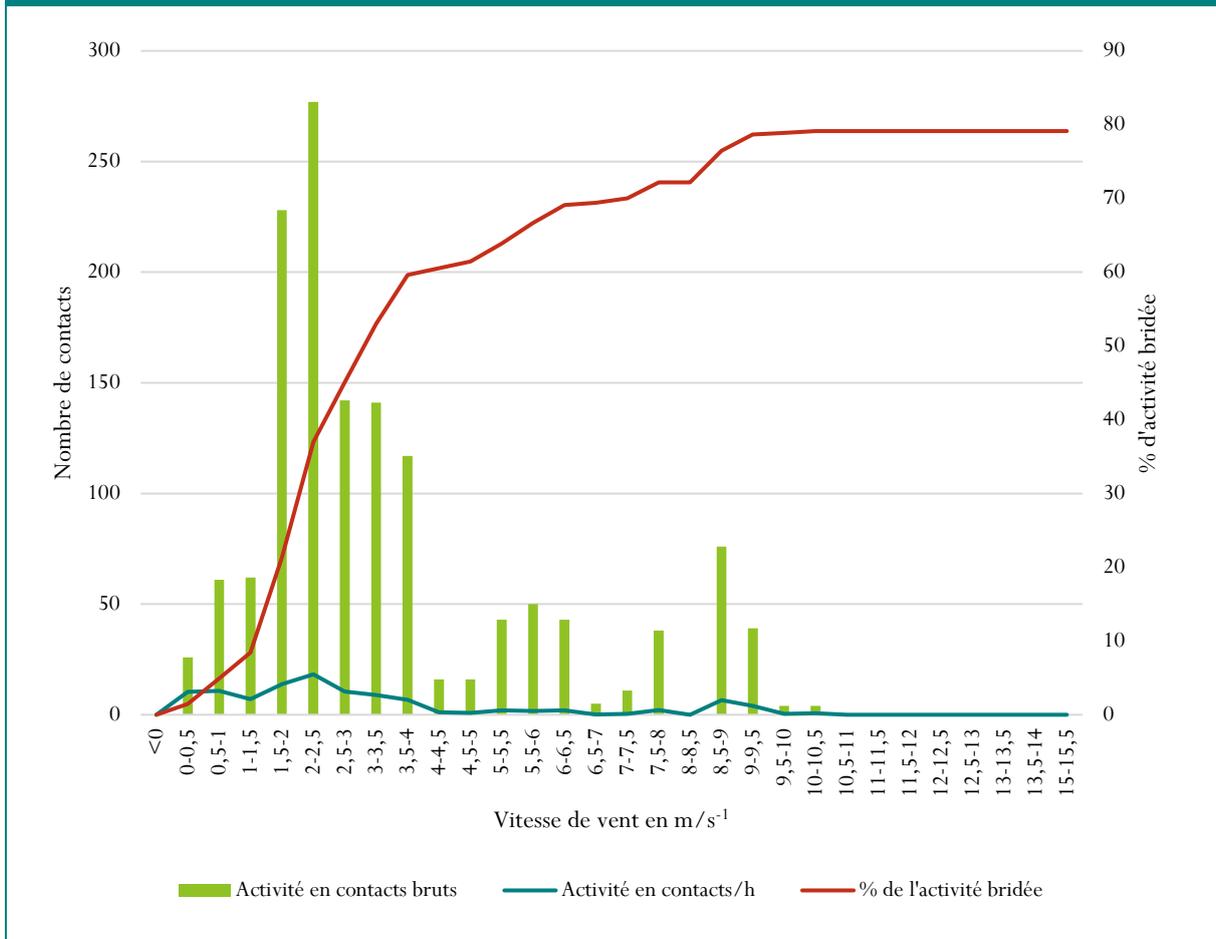


L'activité chiroptérologique brute est supérieure entre 1 m.s<sup>-1</sup> et 5,5 m.s<sup>-1</sup> de vent. Au-delà elle devient plus faible, cependant on observe un grand pic d'activité entre 6,5 et 7 m.s<sup>-1</sup> de vent. Au-delà de cette valeur, l'activité diminue considérablement pour devenir nulle au-delà de 11,5 m.s<sup>-1</sup> de vent. Notons que le nombre de contacts par heure est minimisé du fait de la non prise en compte de certains paramètres tels que la pluviométrie. En effet, lorsqu'il pleut, l'activité chiroptérologique est très faible, voire nulle, il faudrait donc ne pas compter ces tranches horaires dans le calcul de l'activité par heure.

Nous préconisons un bridage pour des valeurs de **vent inférieures à 7,5 m.s<sup>-1</sup>** au cours de la mise-bas afin de brider 70% de l'activité chiroptérologique au cours de cette saison.

Le graphique suivant présente la somme des contacts bruts, le nombre de contacts par heure et le pourcentage d'activité bridée selon la vitesse du vent en ne prenant en compte que la période, les tranches horaires et les températures les plus favorables à l'activité des chiroptères soit au cours du mois de septembre entre 9 et 35°C et entre 20h00 et 2h00 du matin.

Figure 58. Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction de la vitesse du vent – Transit automnal



L'activité chiroptérologique brute est supérieure entre 0 et 4 m.s<sup>-1</sup>. On observe ensuite des pics d'activité entre 5 et 6,5 m.s<sup>-1</sup>, 7,5 et 8 m.s<sup>-1</sup> et 8,5 et 9,5 m.s<sup>-1</sup>. Notons que le nombre de contacts par heure est minimisé du fait de la non prise en compte de certains paramètres tels que la pluviométrie. En effet lorsqu'il pleut, l'activité chiroptérologique est très faible, voire nulle, il faudrait donc ne pas compter ces tranches horaires dans le calcul de l'activité par heure.

Nous préconisons un bridage pour des valeurs de **vent inférieures à 7,5 m.s<sup>-1</sup>** au cours des transits automnaux afin de brider 70% de l'activité chiroptérologique au cours de cette saison.

#### 7.4. Préconisation de bridage visant à limiter l'impact sur les chiroptères

La mortalité chiroptérologique observée au cours de l'année 2021 n'est pas significative et correspond à 1 cadavre de Pipistrelle commune. Cela montre l'efficacité du bridage mis en place durant l'année 2021 dont les valeurs sont les suivantes :

- Au cours de la mise-bas, du 15 juillet au 31 août entre 21h30 et 02h00, lorsque la température est comprise entre 11 et 35°C et que le vent est inférieur à 5,5 m.s<sup>-1</sup> en plus d'une mise en drapeau des pales entre le 1<sup>er</sup> juin et le 31<sup>er</sup> août, sur la nuit complète (entre 21h00 et 6h00) en dessous de 3m.s<sup>-1</sup> de vent lorsque la température est comprise entre 11 et 35°C ;
- Au cours des transits automnaux, du 1<sup>er</sup> septembre au 1<sup>er</sup> novembre durant la nuit complète (entre 18h00 et 5h00), lorsque la température est comprise entre 11 et 35°C et que le vent est inférieur à 4 m.s<sup>-1</sup>.

De plus, si un système de détection de la pluie est installé, ce bridage pourra être levé lorsqu'il pleut.

Ces valeurs ont permis de brider 53% de l'activité chiroptérologique en période de mise-bas 2021 et 67,4% de l'activité chiroptérologique au cours des transits automnaux de l'année 2021.

Le bridage proposé en 2020 et mis en place en 2021 ayant prouvé son efficacité, il est possible de le conserver tel quel. Cependant, il est également possible d'adapter le bridage pour que 70% de l'activité chiroptérologique soit couverte selon les données des deux dernières années (2020 et 2021).

Dans ce cas, nous préconisons un bridage sur les périodes suivantes :

- **Au cours de la mise-bas, du 15 juin au 31 août entre 22h00 et 02h00, entre 9 et 35°C, pour des valeurs de vent inférieures à 7,5 m.s<sup>-1</sup> ;**
- **Au cours des transits automnaux, durant le mois de septembre complet, de 20h00 à 02h00, entre 9 et 35°C pour des valeurs de vent inférieures à 7,5 m.s<sup>-1</sup>.**

De plus, si un système de détection de la pluie est installé, ce bridage pourra être levé en cas de précipitation. Ces préconisations permettent de brider les éoliennes pour 70% de l'activité chiroptérologique en période de mise-bas et lors des transits automnaux.

## Références bibliographiques

---

### Ouvrages consultés

---

Agnès Boyé, Indre Nature, Suivi mortalité sur la parc éolien Engie de Vouillon (Indre), Année 1, 2020

Arthur L., Lemaire M., 2015. – Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (Collection Parthénopé), Muséum national d’Histoire naturelle, Paris, 2<sup>e</sup> éd., 544 p.

Biegala L., Brisorgueil A (coords), 2013. Guide méthodologique de hiérarchisation des sites protégés et à protéger à Chiroptères. Plan national d’actions chiroptères 2009-2013. 15 p.

Gourmand A.-L., 2009 – Les Chiroptères. Plan régional d’actions 2009-2013. Région Centre. Sologne Nature Environnement, DREAL Centre. 67 p.

LPO France, Geoffroy Marx, Le parc éolien français et ses impacts sur l’avifaune, Etude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015, juin 2017, 92 pages,

UICN France, (2012). La Liste rouge des chauves-souris de la région Centre-Val de Loire (2012).

Lanièce M., Indre Nature, Suivi mortalité sur le parc éolien EDPR Paudy (Indre) – Année 1, 2020

Société Parc Eolien NORDEX XXVII SAS, Parc éolien de Paudy (Indre) densification des parcs éolien du plateau de la plaine d’Issoudun – Résumé non technique étude d’impact sur l’environnement, Juillet 2014, 14 pages, [https://www.indre.gouv.fr/content/download/9317/68172/file/150219\\_RNT\\_ETUDE%20IMPACT\\_PAUDY.pdf](https://www.indre.gouv.fr/content/download/9317/68172/file/150219_RNT_ETUDE%20IMPACT_PAUDY.pdf)

INPN, Inventaire National du Patrimoine Naturel, Site web : <https://inpn.mnhn.fr>, Recherche de données ZNIEFF Continentale

### Sites internet consultés

---

<https://inpn.mnhn.fr/accueil/index>

<https://sirff.fne-centrevalde Loire.org>

<https://www.legifrance.gouv.fr/>

[https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/eolien\\_lpo\\_2017.pdf](https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/eolien_lpo_2017.pdf)