



Parc éolien de la Croix de Cuitot, commune de Dampierre-sur-Moivre (51)

Total Energie Renouvelables
mars 2022

Suivi de l'activité des
chiroptères en altitude



biotope



Citation recommandée	Biotope, 2022, Parc éolien de la Croix de Cuitot, commune de Dampierre-sur-Moivre (51), Suivi de l'activité des chiroptères en altitude. Total Energies Renouvelables. 36 p.	
Version/Indice	V1	
Date	mars 2022	
Nom de fichier	TotalEnergies_Croix_de_Cuitot_suivialtitude_Biotope_novembre2021	
Référence dossier	2021287	
Maître d'ouvrage	Total Energies Renouvelables	
Interlocuteurs	Lucie Eleonore PONS	Contact : lucie-eleonore.pons@totalenergies.com Tél : 06.73.81.70.73
Biotope Rédaction de l'étude	Maxime LAURENT	milaurent@biotope.fr Tél : 07 64 61 47 21
Biotope Contrôleur qualité	Julien TRANCHARD	jtranchard@biotope.fr Tél : 06 35 46 29 01

Avant-propos

Le parc éolien de la Croix de Cuitot (Marne) a été mis en service en septembre 2010.

La société Total Energies Renouvelables a missionné Biotope pour la réalisation du suivi de mortalité du parc éolien en 2021, ainsi que pour la réalisation d'une étude des chiroptères en nacelle conformément au protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (révision 2018).

Une éolienne (E2DE) a été équipée d'un enregistreur automatique pendant la majeure partie de la période d'activité des chauves-souris soit de mi-mai à octobre.

La méthode proposée est basée sur des enregistrements automatiques en continu et en altitude grâce à un micro positionné en nacelle relié à un détecteur automatisé (SM4BAT, *Wildlife Acoustics*).

Ce type de matériel stocke les signaux ultrasonores détectés sur carte mémoire. Les SM4BAT enregistrent les signaux en temps réel, sans altération du son, ce qui permet de procéder ultérieurement à une analyse fine des séquences obtenues à l'aide d'un logiciel automatique d'analyse des sons (Sonochiro 4.0).

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'activité des chiroptères à hauteur de nacelle afin de mieux cerner le risque d'impact par collision ou barotraumatisme sur ce groupe.

Sommaire

1	Contexte de l'étude et aspects méthodologiques	7
1	Contexte - Présentation du parc éolien et données historiques	8
1.1	Présentation du parc	8
1.2	Matériel de collecte de données	9
1.3	Identification acoustique	11
1.4	Méthode et qualification de l'activité chiroptérologique en hauteur	11
1.5	Limites méthodologiques	12
1.6	Acquisition des données météorologiques	13
1.7	Croisement des données	14
1.8	Équipe de travail	14
2	Synthèse et analyse des résultats	15
1	Analyses détaillées de l'activité des espèces de chiroptères contactées en hauteur	16
1.1	Espèces contactées	16
1.2	Abondance relative	17
1.3	Évolution de l'activité des chiroptères durant la période d'étude	20
1.4	Analyse de l'activité des chiroptères en fonction de l'heure	22
2	Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction des paramètres météorologiques	24
2.1	Activité en fonction de la vitesse du vent (m/s) mesurée à 95 m	24
2.2	Activité en fonction de la température mesurée à 95 m	26
3	Synthèse de l'écoute de l'activité des chiroptères	29
4	Bibliographie	33

Liste des tableaux

Tableau 1	: Paramètres d'enregistrement du SM4BAT	10
Tableau 2	: Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois sur l'ensemble de la période	10
Tableau 3	: Équipe de travail	14
Tableau 4	: Statuts de protection et de conservation des espèces de chiroptères recensées dans l'aire d'étude au cours des expertises menées en altitude.	16
Tableau 5	: Nombre de contacts de 5 secondes et en minutes positives et pourcentage de ces contacts par rapport à l'activité totale	17

Tableau 6 : Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des vitesses de vent et des hauteurs de vol	26
Tableau 7 : Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des températures et des hauteurs de vol	28

Liste des illustrations

Figure 1 Éolienne E02	9
Figure 2 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de la Croix de Cuitot (de gauche à droite, et de haut en bas E05, E01, E02 E03, E04, E06 et E07)	9
Figure 3 : Illustrations d'un SM4BAT	10
Figure 4 : Interface du logiciel SonoChiro ®	11
Figure 5 : Synthèse des niveaux d'activité observés sur des mâts de mesure entre 2011 et 2016 en France et Belgique. (Haquart, A. 2017 – Reference scale of activity levels for microphones installed on winds masts in France and Belgium)	12
Figure 6 : Cumul des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage sur l'étude	13
Figure 7. Schéma temporelle de la vitesse du vent à 95 m sur l'ensemble de la période étudiée en 2021	13
Figure 8. Schéma temporelle de la température à 98m sur l'ensemble de la période étudiée, en 2021.	14
Figure 9 : Représentativité des espèces et groupes d'espèces contactés sur l'éolienne E02 (n = 1 520 contacts de 5 sec. et 651 min. pos.) entre mi-mai et octobre 2021.	18
Figure 10 : Proportion de vol en altitude prédite pour différentes espèces à partir d'un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) avec l'espèce et la hauteur médiane des microphones en effet fixe (pour contrôler leur effet) et le site niché dans le groupe de sites comme effet aléatoire (ROEMER, 2018).	19
Figure 11 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, entre mi-mai et octobre 2021.	20
Figure 12 : Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, toutes espèces confondues, entre mi-mai et octobre 2021.	20
Figure 13 : Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, pour les Pipistrelles, entre mi-mai et octobre 2021.	21
Figure 14 : Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, pour les espèces de noctules, entre mi-mai et octobre 2021.	22
Figure 15 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, entre mi-mai et octobre 2021.	23
Figure 16 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, en 2021.	23

Figure 17 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre mi-mai et octobre 2021.	24
Figure 18 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s).	25
Figure 19 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s).	25
Figure 20 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vent nocturne sur le site en 2021.	26
Figure 21 : Densité des observations de chauves-souris par classe de température (°C).	27
Figure 22 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°C).	27
Figure 23 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site en 2021.	28
Figure 24 : Météo enregistrée sur les capteurs à gauche et conditions météo utilisées par les chauves-souris à droite (l'enveloppe délimite 90 % de la proportion de point demandée)	31
Figure 25 : Bilan sur les conditions météo sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : température et vitesse du vent)	31

1

Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Contexte - Présentation du parc éolien et données historiques

1.1 Présentation du parc

Le parc éolien de la Croix de Cuitot se situe dans le département de la Marne (51), en région Grand Est. Il est localisé à environ 17 km au sud-est du centre-ville de Châlons-en-Champagne.

Le parc, mis en service le 20 septembre 2010, comprend 7 éoliennes de la marque Senvion et de type « MM92 / 80m ». La hauteur en bout de pale est de 121 mètres, la hauteur du moyeu, 82 mètres et le diamètre du rotor 92 mètres. La puissance nominale est de 2000 kW.

Le parc de la Croix de Cuitot se situe au sein d'une plaine agricole de polyculture. À noter la présence d'espaces enherbés permanents au pied des éoliennes.

Le dispositif d'acquisition des données chiroptérologiques est située sur l'éolienne E02.



Figure 1 : type de boîtier positionné au sein de l'éolienne E2 en 2021



Figure 2 : Exemple de positionnement du microphone au sein d'une éolienne

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



Figure 3 : Éolienne E02

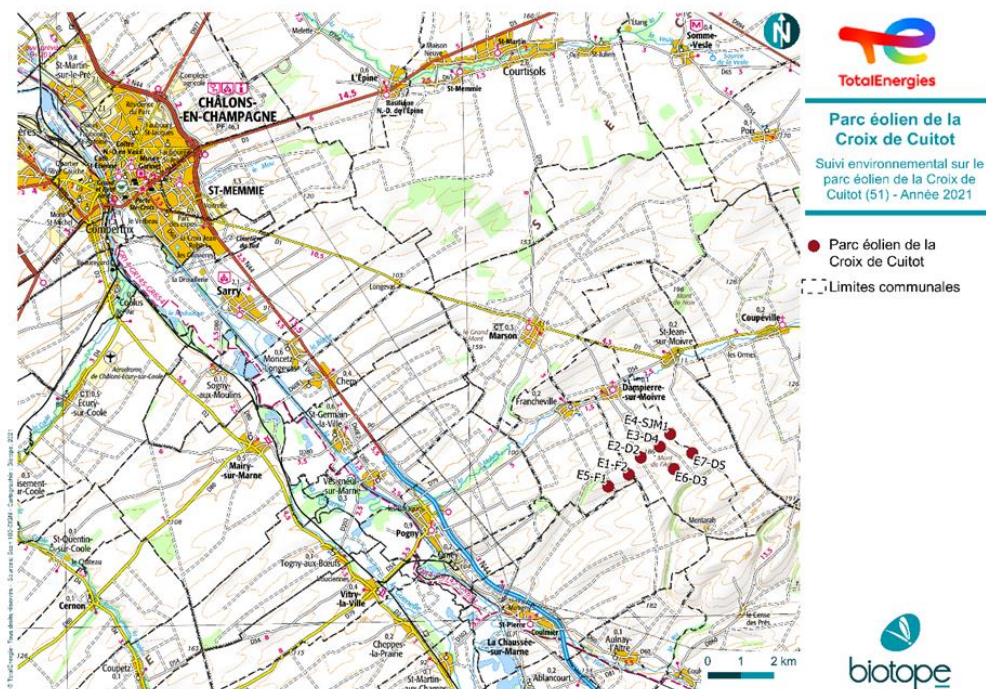


Figure 4 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de la Croix de Cuitot (de gauche à droite, et de haut en bas E05, E01, E02, E03, E04, E06 et E07)

1.2 Matériel de collecte de données

L'étude du comportement des chauves-souris se fait grâce à la détermination de leur indice d'activité basé sur la détection des ultrasons émis par ces animaux pour se repérer et localiser leurs proies.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Le système utilisé est basé sur un enregistreur d'ultrasons SM4BAT (*Wildlife Acoustics* - enregistreur large bande 2 x 192 KHz effectifs) déclenchant les enregistrements grâce à un trigger de 12 dB au-delà de 14 KHz. L'ensemble est alimenté par batterie et équipé d'une protection contre les signaux parasites (ondes radio, TV...).

Un microphone a été installé à 95 m de hauteur

1.2.1 Paramétrage du SM4BAT

Les paramètres d'enregistrement du SM4BAT sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Paramètres d'enregistrement du SM4BAT

Paramètres d'enregistrement	
Filtre Pass Haut	1 KHz
Fréquence d'échantillonnage	192 KHz
Fréquence minimale	14 KHz
Fréquence maximale	100 KHz
Durée minimale de déclenchement	1,5 ms
Niveau du trigger	12 dB
Trigger maximale	5 sec.
Déclenchement avant le coucher du soleil	30 min.
Arrêt après le lever du soleil	30 min.



1.2.2 Efforts d'échantillonnage

Les données analysées en détail concernent la période du 19 mai au 31 octobre 2021, soit 165 nuits d'enregistrement exploitables.

Ces données permettent de réaliser tous les traitements acoustiques.

Tableau 2 : Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois sur l'ensemble de la période

Mois	Nombre de nuits exploitables sur les microphones
Mai	12
Juin	30
Juillet	31
Aout	31
Septembre	30
Octobre	31
TOTAL	165

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1.3 Identification acoustique

Les sons enregistrés sont horodatés et identifiés grâce au programme SonoChiro® développé par Biotope en partenariat avec le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. Cet outil permet un traitement automatique et rapide d'importants volumes d'enregistrements. SonoChiro® utilise un algorithme permettant un tri et une identification automatique des contacts réalisés sur la base des critères suivants : 1 contact = 5 secondes de séquence d'une espèce.

Les identifications sont ensuite contrôlées visuellement sous le logiciel Batsound Pro (Pettersson). Ce logiciel permet l'affichage des sonagrammes (= représentation graphique des ultra-sons émis par les chiroptères) qui sont attribués à l'espèce ou au groupe d'espèces selon la méthode d'identification acoustique de Michel BARATAUD (2015) et du Muséum National d'Histoire Naturelle dans le cadre du Programme de suivi temporel des chauves-souris communes. Les contacts sont ensuite dénombrés de façon spécifique sur des nuits entières, ce qui permet d'avoir des données quantitatives beaucoup plus importantes qu'avec des détecteurs d'ultrasons classiques, et d'établir des phénologies d'activité (évolution du nombre de contacts par heure au cours d'une nuit).



Figure 6 : Interface du logiciel SonoChiro®

1.4 Méthode et qualification de l'activité chiroptérologique en hauteur

Le référentiel Actichiro® a été développé par Biotope, sur la base de l'ensemble des données acquises lors des inventaires réalisés par l'ensemble de nos experts (HAQUART, 2013). Il s'appuie sur plus de 6 000 nuits d'écoute sur toute la France et la Belgique et permet d'objectiver les niveaux d'activité observés.

Ce référentiel est basé à 98 % sur des points d'écoute réalisés au sol, il n'est donc pas adapté pour apprécier objectivement l'activité en altitude.

Nous avons alors développé un référentiel similaire pour l'activité en altitude sur la base des données existantes que nous avons pu accumuler au cours de nos différentes prestations. Il s'agit du référentiel « Actichiro-altitude ». Celui-ci est basé sur une vingtaine de sites équipés de micros en altitude, localisés depuis la Wallonie jusqu'en Méditerranée. Ce référentiel a vocation à s'étoffer au fil des ans.

Néanmoins la variabilité des hauteurs de micros entre les sites implique de niveler plus ou moins la **qualification du niveau d'activité** via une approche dite « d'experts ».

Les activités seront qualifiées de « faibles, modérées ou élevées » plutôt que « faibles, moyennes ou fortes » pour ne pas faire un lien trop réducteur avec les niveaux d'enjeux.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Activity levels for four different species. ClassH = Microphone Height Categories; N = Number of nights with species presence; OccN = percentage (Occurrence) of nights with species presence; MeanN = General mean; MeanP = mean if present (null values excluded); Q75 = quantile 75%; Q98 = quantile 98%. MoyN, MoyP, Q75 and Q98 unit are expressed as number of « positive minutes per night ».

Species	ClasH	n	Global results		Results If Presence		
			OccN	MeanN	MeanP	Q75	Q98
Eptesicus serotinus	60_90m	22	2,9%	0,046	1,59	2	4,58
	40_60m	189	15,0%	0,367	2,45	2	15,24
	20_40m	148	19,2%	0,584	3,05	3	16,3
	00_20m	495	25,2%	1,111	4,40	4	31,12
Nyctalus leisleri	60_90m	119	15,7%	0,313	1,99	2	7,64
	40_60m	225	17,8%	0,488	2,74	3	13,52
	20_40m	115	14,9%	0,279	1,88	2	5
	00_20m	268	13,7%	0,553	4,05	2	10
Pipistrellus nathusii	60_90m	90	11,9%	0,649	5,46	3	37,04
	40_60m	217	17,2%	0,472	2,75	3	14,36
	20_40m	145	18,8%	0,475	2,53	3	10,12
	00_20m	468	23,8%	1,223	5,13	4	49,64
Pipistrellus pipistrellus	60_90m	406	53,6%	4,326	8,07	7	63,7
	40_60m	666	52,7%	3,510	6,66	8	33,4
	20_40m	575	74,4%	9,188	12,35	16	59
	00_20m	1668	85,0%	24,734	29,11	35	178,64

Figure 7 : Synthèse des niveaux d'activité observés sur des mâts de mesure entre 2011 et 2016 en France et Belgique. (Haquart, A. 2017 – Reference scale of activity levels for microphones installed on winds masts in France and Belgium)

1.5 Limites méthodologiques

1.5.1 Détermination acoustique

Dans l'état actuel des connaissances les méthodes acoustiques permettent d'identifier la majorité des espèces présentes sur le territoire français. Néanmoins, les cris sonar de certaines espèces sont parfois très proches, voire identiques dans certaines circonstances de vol. C'est pourquoi les déterminations litigieuses sont parfois rassemblées en groupes d'espèces. Ici, les petits murins sont inclus dans le groupe des petits *Myotis*.

Les limites de cette méthode utilisant des enregistreurs automatiques sont essentiellement dues à la détectabilité des différentes espèces et au caractère « fixe » du dispositif dont la pertinence de positionnement ne peut être confirmée qu'a posteriori. La distance à partir de laquelle les chauves-souris sont enregistrées par les détecteurs varie très fortement en fonction de l'espèce concernée. Les noctules et sérotines émettent des cris relativement graves audibles jusqu'à une centaine de mètres. À l'inverse, les cris des rhinolophes ont une très faible portée et sont inaudibles au-delà de 5 à 10 m.

La grande majorité des chauves-souris (*Myotis*, pipistrelles, etc.) sont détectables entre 10 et 30 m.

1.5.2 Représentativité des inventaires

Compte-tenu de ce suivi de 165 nuits, ces inventaires peuvent prétendre à l'exhaustivité. En effet, pour réunir un échantillonnage suffisant, on estime nécessaire une quinzaine de nuits

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

d'enregistrements pour espérer contacter 90 % des espèces (sur une maille 5x5km – MATUTINI, 2014).

L'étude réalisée en altitude en 2021 atteint ce seuil et peut donc être considérée comme représentative.

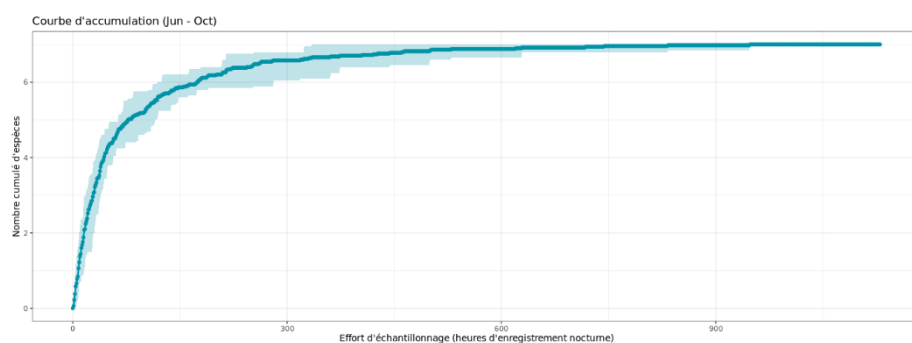


Figure 8 : Cumul des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage sur l'étude

1.6 Acquisition des données météorologiques

Les données météorologiques ont été transmises par la société Total Energies. Elles ont été acquises à l'aide des sondes météorologiques installées sur la nacelle de l'éolienne E02 ;

- La vitesse du vent et la température sont mesurées à 95 m de haut ;
- Les données sont enregistrées toutes les 10 minutes.

La période analysée correspond à la période durant laquelle un suivi de l'activité des chiroptères a été réalisée en altitude soit, dans le cas présent, un total de 165 nuits. Les enregistrements conservés couvrent uniquement la période nocturne.

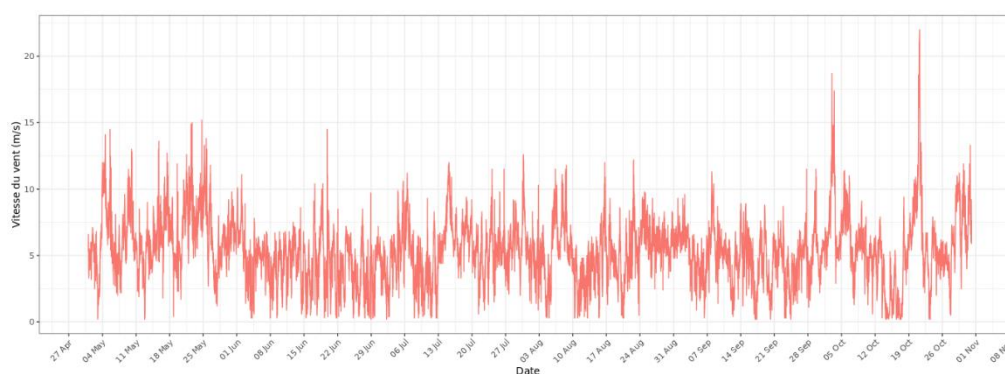


Figure 9. Schéma temporelle de la vitesse du vent à 95 m sur l'ensemble de la période étudiée en 2021

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

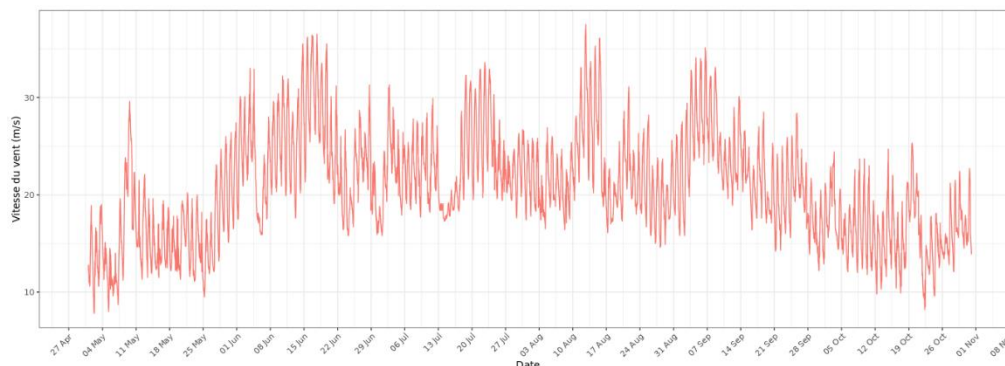


Figure 10. Schéma temporelle de la température à 98m sur l'ensemble de la période étudiée, en 2021.

1.7 Croisement des données

Une jointure est ensuite réalisée entre la table contenant les données météorologiques et celle contenant l'activité chiroptérologique. Ainsi, pour chaque enregistrement chiroptérologique nous disposons de :

- La vitesse du vent et la température à 95 m ;
- Et l'heure relative du contact (temps écoulé après l'heure du coucher du soleil, celui-ci variant au cours des mois).

Il est ainsi possible de déterminer l'effet des paramètres de bridage sur les arrêts machine et donc sur la diminution potentielle du risque de collision.

1.8 Équipe de travail

La constitution d'une équipe pluridisciplinaire a été nécessaire dans le cadre de cette étude (Tableau 3).

Tableau 3 : Équipe de travail

Domaine d'intervention	Agents de Biotope
Contrôle qualité	Julien TRANCHARD
Chef de projet Responsable du projet	Maud MARTZ
Chargé d'étude Identification des chauves-souris / Analyse	Antonin DHELLEME
Chargé d'étude Identification des chauves-souris / Analyse et rédaction	Maxime LAURENT

2

Synthèse et analyse des résultats

2 Synthèse et analyse des résultats

1 Analyses détaillées de l'activité des espèces de chiroptères contactées en hauteur

Au cours de la période d'enregistrement (165 nuits exploitables entre le 19 mai 2021 au 31 octobre 2021), 1 520 contacts de 5 secondes ou 651 minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris communément appelé « minutes positives », ont été obtenus.

1.1 Espèces contactées

La région Grand Est accueille actuellement 24 espèces de chauves-souris sur les 35 espèces connues en France métropolitaine.

Au cours de cette étude menée sur la nacelle de l'éolienne E02, six espèces ont été identifiées :

- Noctule de Leisler- *Nyctalus leisleri* ;
- Noctule commune - *Nyctalus noctula* ;
- Pipistrelle de Kuhl – *Pipistrellus kuhlii* ;
- Pipistrelle de Nathusius - *Pipistrellus nathusii* ;
- Pipistrelle commune – *Pipistrellus pipistrellus*.
- Sérotine commune – *Eptesicus serotinus*

En plus de ces espèces, 1 groupe d'espèces a également été mis en évidence. Il correspond à des espèces non différenciables par cette méthode d'inventaire :

- Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées – *Eptesicus sp / Nyctalus sp.* ;

Au total, **6 espèces de chauves-souris** ont été contactées avec certitude au niveau de l'éolienne E02, ce qui représente 25 % des 24 espèces présentes en région Grand Est.

La richesse spécifique en espèces contactées lors de l'étude en nacelle (6 espèces certifiées) est jugée moyenne.

La richesse spécifique au niveau du sol peut être plus importante. Elle a été évaluée au niveau du site dans l'étude d'impact et ne fait pas l'objet de ce rapport.

Tableau 4 : Statuts de protection et de conservation des espèces de chiroptères recensées dans l'aire d'étude au cours des expertises menées en altitude.

Nom vernaculaire / Nom scientifique	Statut de protection		Statut de conservation national
	nationale	communautaire	
	Arrêté du 23 avril 2007	Directive « Habitats-Faune-Flore » (92/43/CEE)	La liste rouge des espèces menacées en France (UICN France, MNHN, SFPEM & ONCFS, 2017)
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Art.2	AIV	NT
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	Art.2	AIV	LC
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	Art.2	AIV	NT
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	Art.2	AIV	NT

2 Synthèse et analyse des résultats

Nom vernaculaire / Nom scientifique	Statut de protection		Statut de conservation national
	nationale	communautaire	
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	Art.2	AIV	VU
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	Art.2	AIV	NT

AIV = annexe IV ; LC = préoccupation mineure ; NT = quasi menacée ; VU = vulnérable.

1.2 Abondance relative

Le tableau ci-après présente les nombres de contacts obtenus par espèce lors des expertises :

Tableau 5 : Nombre de contacts de 5 secondes et en minutes positives et pourcentage de ces contacts par rapport à l'activité totale

Nom vernaculaire / Nom scientifique	Nombre de contacts de 5 sec. totaux	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Nombre de minutes positives totales	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	826	54,3%	270	41,5%
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	278	18,3%	153	23,5%
Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées <i>Eptesicus sp / Nyctalus sp.</i>	51	3,4%	39	6%
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	111	7,3%	73	11%
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	18	1,2%	13	2%
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	18	1,2%	9	1,5%
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	218	14,3%	94	14,4%
Total	1520	100%	651	100%

L'analyse réalisée montre que :

- La Pipistrelle commune **domine le peuplement chiroptérologique avec 41 à 54 % du total des contacts obtenus (en fonction de la méthode de calcul)**. Cette espèce vole régulièrement en altitude et fait partie des espèces les plus régulièrement découverte au cours des suivis mortalités ;

2 Synthèse et analyse des résultats

- La Noctule de Leisler **est également bien présente avec 18 à 24 % du total des contacts obtenus**. Cette espèce est classiquement fortement représentée en altitude ;
- La Noctule commune est une autre espèce classiquement très présente en altitude. Elle a toutefois été moins observée sur ce site avec 7 à 11 % des contacts ;
- Le groupe d'espèces Sérotines / Noctules indéterminées atteint 3 à 6 % des contacts. La plupart de ces contacts semble attribuable à des Noctules ;
- La Pipistrelle de Kuhl est moins fréquente avec un peu plus d'1% des contacts
- La Pipistrelle de Nathusius montre une propension à voler en altitude non négligeable, notamment en période de migration et représentent environ 14 % des contacts.

Sur l'ensemble de la période de suivi en altitude pour 2021, 651 contacts de chiroptères (en « minutes positives ») ont été enregistrés au niveau de la nacelle de l'éolienne E02 du parc de Croix de Cuitot, sur un total de 165 nuits d'échantillonnage. On obtient une **moyenne de 3,95 minutes positives par nuit**.

Au regard du retour d'expérience sur l'étude de l'activité des chiroptères en altitude sur une trentaine de projets en France et Belgique, pour toutes espèces confondues, **l'activité mesurée sur le site peut être considérée comme moyenne sur la période concernée**. En effet, le nombre médian de minutes par nuit obtenus sur les différents sites en altitude en France et suivis par Biotope (au moment de la rédaction du rapport) est de 4,7 minutes positives par nuit.

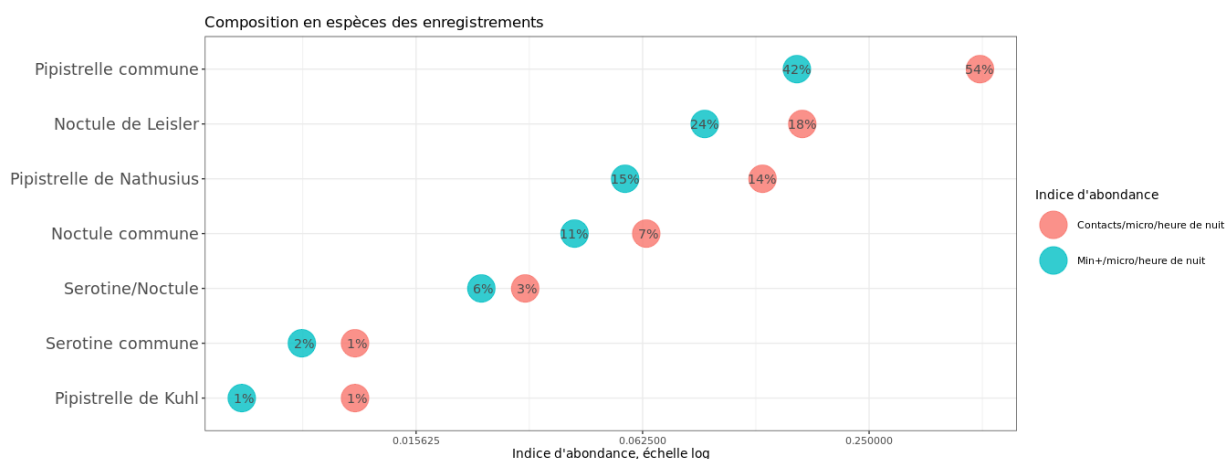


Figure 11 : Représentativité des espèces et groupes d'espèces contactés sur l'éolienne E02 (n = 1 520 contacts de 5 sec. et 651 min. pos.) entre mi-mai et octobre 2021.

2 Synthèse et analyse des résultats

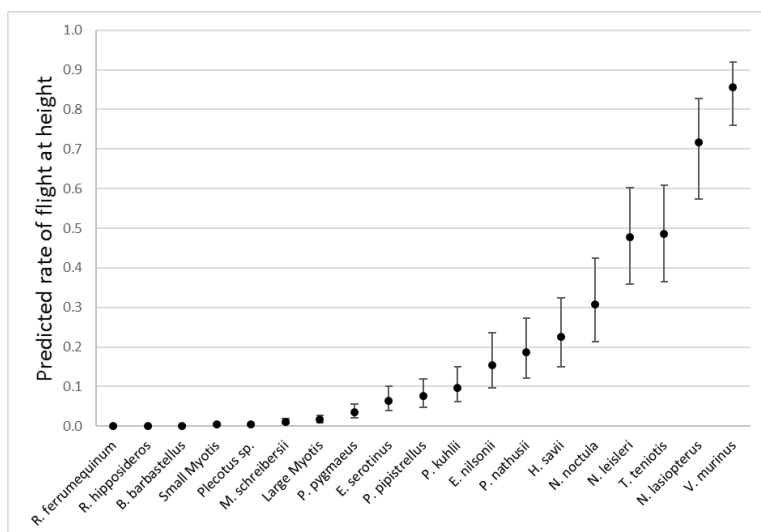


Figure 12 : Proportion de vol en altitude prédite pour différentes espèces à partir d'un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) avec l'espèce et la hauteur médiane des microphones en effet fixe (pour contrôler leur effet) et le site niché dans le groupe de sites comme effet aléatoire (ROEMER, 2018).

2 Synthèse et analyse des résultats

1.3 Évolution de l'activité des chiroptères durant la période d'étude

1.3.1 Activité journalière

Le graphique ci-dessous présente l'activité journalière moyenne par heure. Cette représentation graphique permet de mettre en évidence les pics d'activités très ponctuels. On note un pic d'activité fin juin / début juillet puis une chute pour atteindre une relative stabilité durant le reste de l'été et au cours de l'automne (lors de migration automnale).

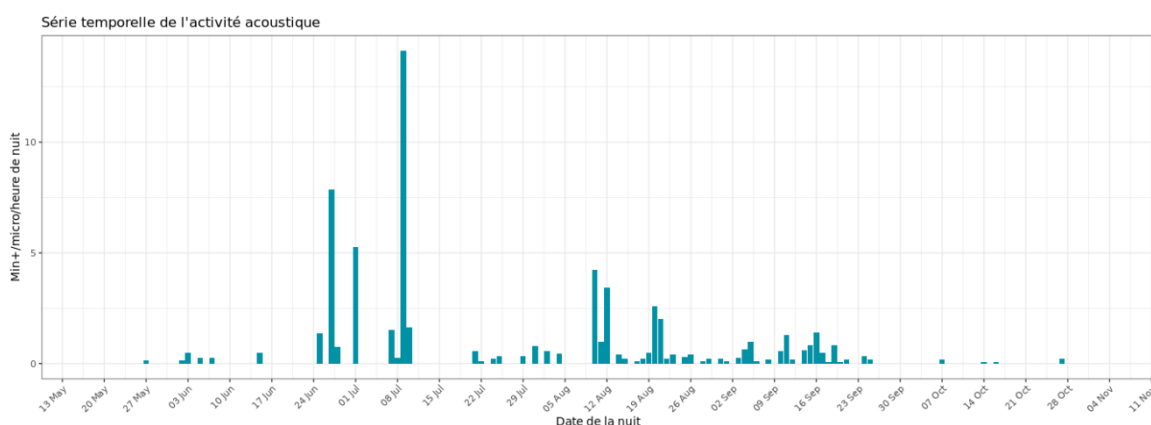


Figure 13 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, entre mi-mai et octobre 2021.

1.3.2 Activité mensuelle

Toutes espèces confondues, on observe une variation de l'activité au cours des différents mois. L'activité augmente au cours de la saison pour atteindre un pic en juillet. Elle diminue ensuite au cours de mois suivants.

La distribution d'activité est marquée par un pic majeur en période d'estivage.

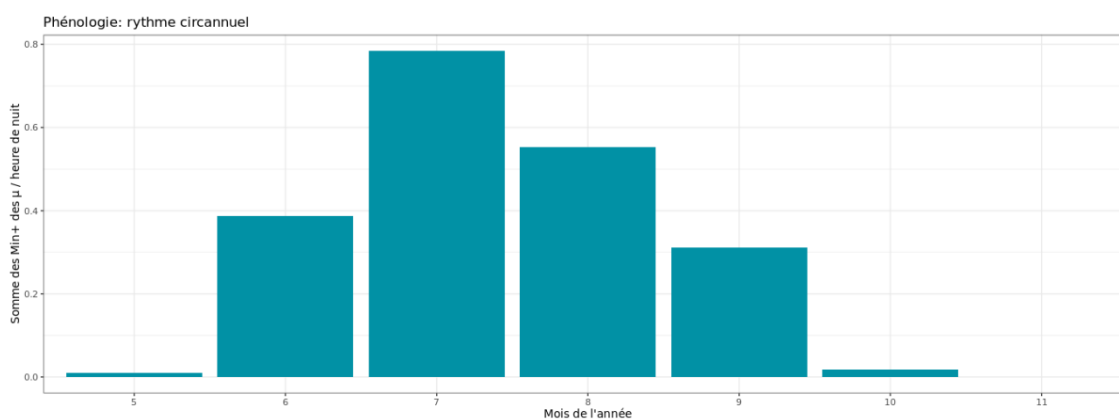


Figure 14 : Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, toutes espèces confondues, entre mi-mai et octobre 2021.

2 Synthèse et analyse des résultats

Groupe des Pipistrelles (*Pipistrelle commune* / *Pipistrelle de Kuhl* / *Pipistrelle de Nathusius*)

- Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*)

Pour rappel, la Pipistrelle commune représente 41 à 54 % du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris et constitue l'espèce la plus abondante sur le site.

Cette espèce est présente de manière constante sur l'ensemble de la période d'activité avec toutefois une régression significative en août.

- Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*)

Pour rappel, la Pipistrelle de Kuhl représente environ 1 % du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris.

Cette espèce a été enregistrée uniquement en période de migration automnale.

- Pipistrelle de Nathusius (*P. nathusii*)

Pour rappel, la Pipistrelle de Nathusius représente environ 14 % du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris.

Cette espèce est présente essentiellement en été (juin-juillet). Des contacts plus discrets sont relevés en mai et en septembre lors des migrations printanière et automnale.

L'activité des Pipistrelles en altitude est dominée par la Pipistrelle commune. Elle est très importante en juillet - correspondant à la période de mise bas et d'élevage des jeunes - puis elle décroît en août.

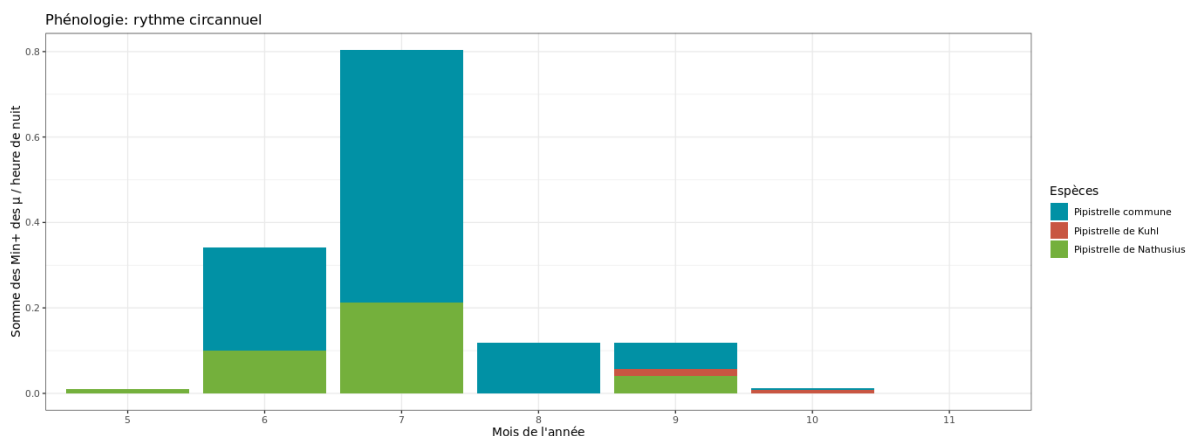


Figure 15 : Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, pour les Pipistrelles, entre mi-mai et octobre 2021.

2 Synthèse et analyse des résultats

Groupe des noctules (Noctule de Leisler / Noctule commune)

- Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*)

Pour rappel, la Noctule de Leisler représente entre 18 et 24 % du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris, tout au long de l'année, avec un pic d'activité en août en période d'élevage des jeunes.

- Noctule commune (*Nyctalus nyctalus*)

Pour rappel, la Noctule commune représente entre 7 et 11 % du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris, principalement en août et septembre.

La Sérotine commune représente entre 1 et 2% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris.

Le groupe d'espèces Sérotines / Noctules indéterminées représente 3 à 6 % du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris.

Ces espèces de haut vol sont présentes sur l'ensemble de la période d'activité. On note une croissance de l'activité dans le courant de l'été, culminant en août, suivi d'une réduction de l'activité en automne.

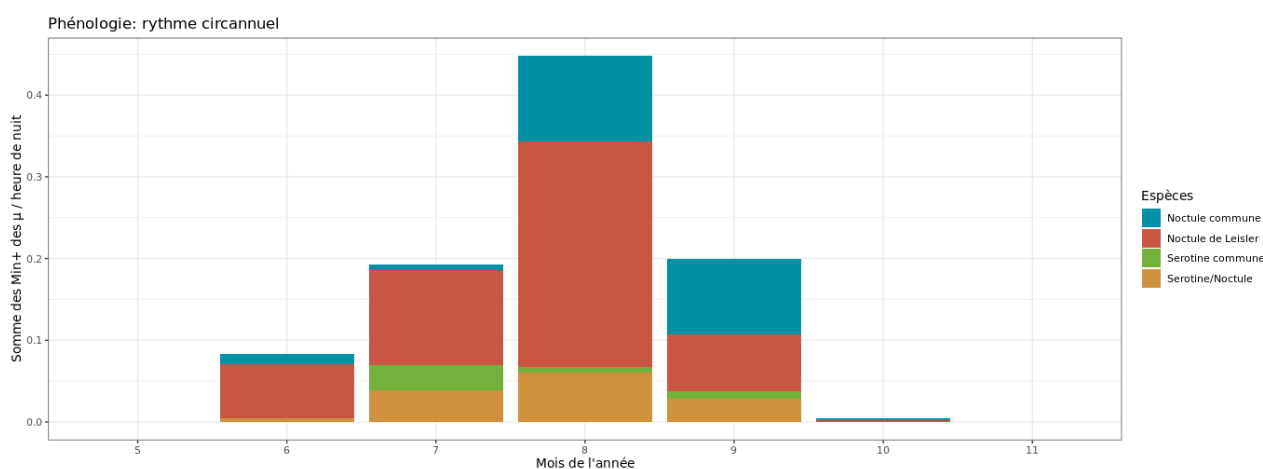


Figure 16 : Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, pour les espèces de noctules, entre mi-mai et octobre 2021.

1.4 Analyse de l'activité des chiroptères en fonction de l'heure

Dans le cadre de cette analyse, l'unité de mesure retenue pour calculer l'activité en fonction de l'heure par classe est la minute positive (nombre de minutes au cours desquelles il y a eu au moins un enregistrement de chauves-souris) soit 651 minutes positives exploitables sur l'ensemble de la période d'enregistrement.

Sur les mois de mi-mai à octobre 2021, l'activité des chauves-souris est visible sur l'ensemble de la nuit. Elle se concentre globalement au cœur de la nuit et est stable tout au long de celle-ci. Elle décroît ensuite progressivement en fin de nuit.

2 Synthèse et analyse des résultats

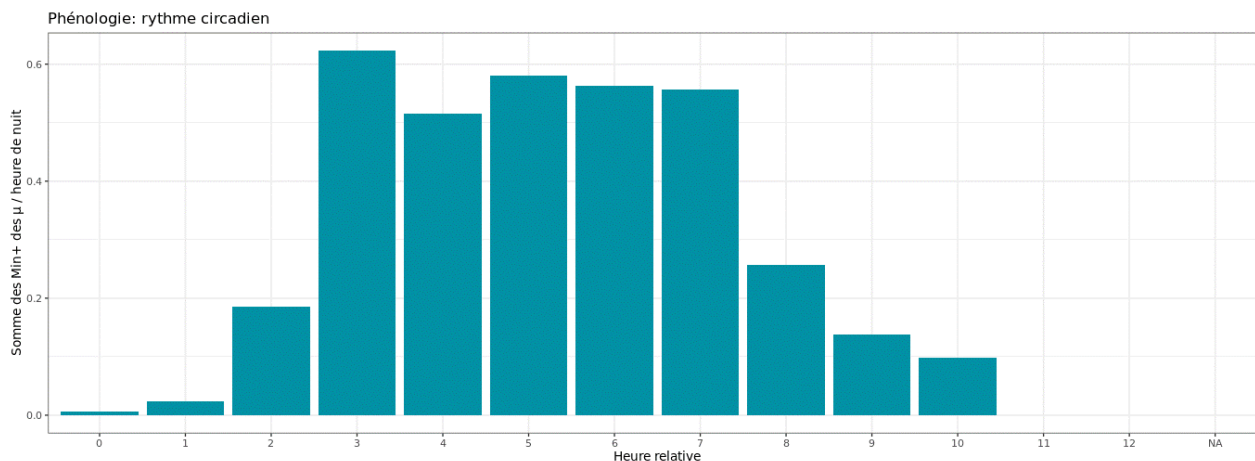
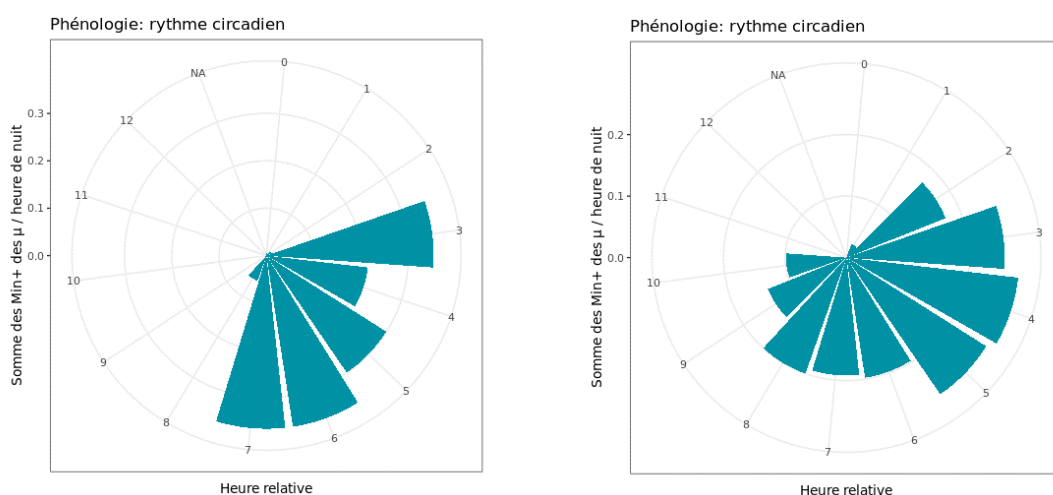


Figure 17 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, entre mi-mai et octobre 2021.



Toutes espèces confondues, entre mi-mai et juillet 2021.

Toutes espèces confondues, entre août et octobre 2021.

Figure 18 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, en 2021.

L'activité en altitude des chauves-souris est fluctuante mais relativement stable au cours de la nuit. Si on examine dans le détail cette activité sur l'ensemble des nuits (cf. Figure 19), on constate qu'elle se concentre généralement en milieu de nuit. Cela se constate lors du pic d'activité de début juillet.

Néanmoins, d'une année à l'autre, différents facteurs peuvent influencer l'activité des chauves-souris. Il peut donc y avoir des variations interannuelles de l'activité des chauves-souris.

2 Synthèse et analyse des résultats

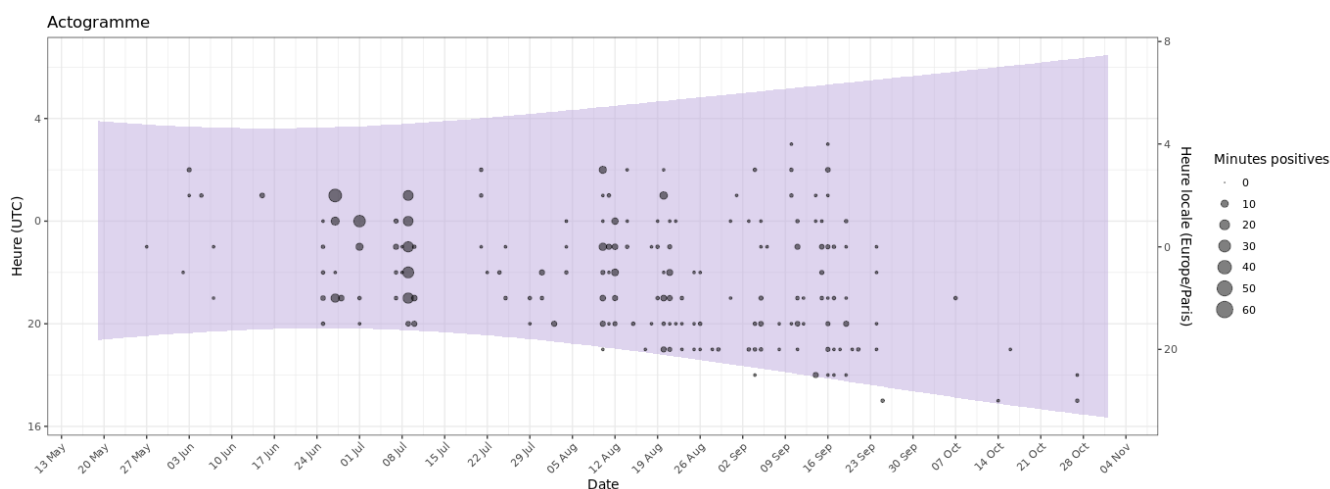


Figure 19 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre mi-mai et octobre 2021.

Dans l'actogramme, la zone colorée correspond à la nuit.

2 Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction des paramètres météorologiques

Les chapitres suivants présentent des analyses des activités notées en hauteur en fonction de différents paramètres météorologiques : vitesse du vent et température.

Dans le cadre de cette analyse, l'unité de mesure retenue pour calculer l'activité en fonction de la température et de la vitesse de vent par classe est la minute positive (nombre de minutes au cours desquelles il y a eu au moins un enregistrement de chauves-souris).

2.1 Activité en fonction de la vitesse du vent (m/s) mesurée à 95 m

Au cours des périodes d'analyses qui s'étendent de mi-mai à octobre 2021, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages moyennes de vent, allant de 0 à 22 m/s. La moyenne des vent observées est de 5,33 m/s et la médiane est à 5,3 m/s.

L'échantillonnage est important pour les vitesses de vent comprises entre 1 et 10 m/s. En dessous de 1 m/s et au-delà de 10 m/s, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillons).

Les graphiques suivants présentent la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues, en fonction du vent (m/s) sur le site, obtenue au niveau de la nacelle (95 m) et durant les 165 nuits de l'étude. Les résultats sont présentés sous deux graphiques différents montrant soit la densité des valeurs par classe de vent (fonction de densité – pdf) soit la répartition des valeurs inférieures ou égal à chaque classe de vent (fonction de répartition – cdf).

2 Synthèse et analyse des résultats

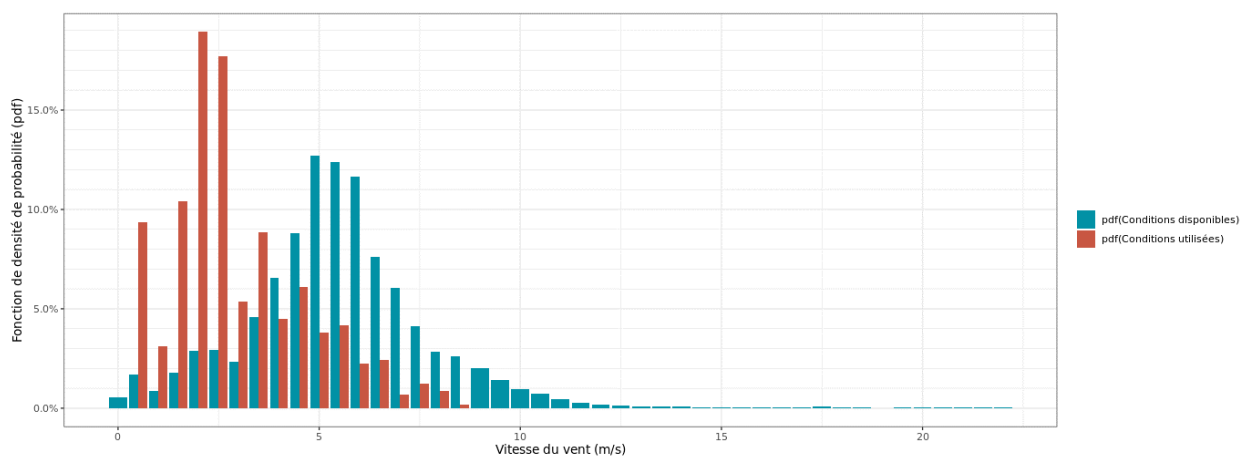


Figure 20 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s).
pdf (conditions disponibles) – fonction de densité des vitesses de vent enregistrées
pdf (conditions utilisées) – fonction de densité des vitesses de vent utilisées par les chauves-souris

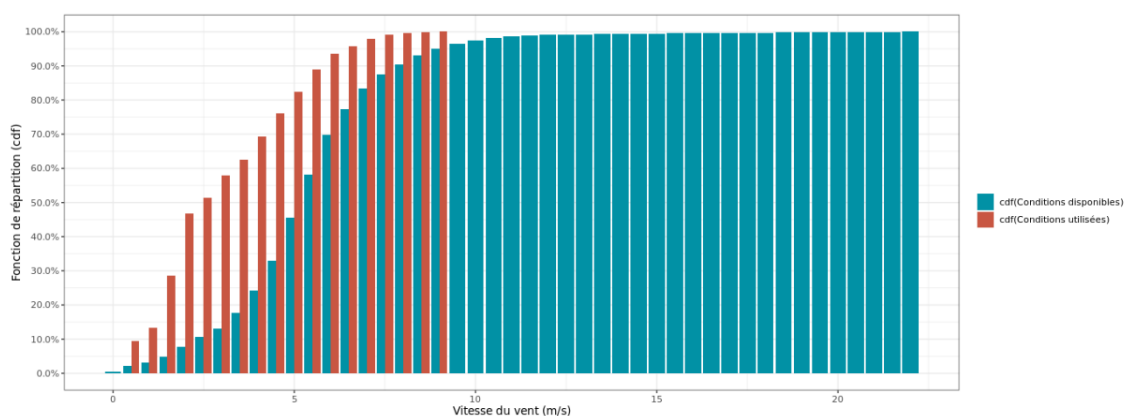


Figure 21 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s).
pdf (conditions disponibles) – fonction de densité des vitesses de vent enregistrées
pdf (conditions utilisées) – fonction de densité des vitesses de vent utilisées par les chauves-souris

Toutes espèces confondues, la proportion d'observations des chauves-souris en fonction du vent diminue sur le site à partir de 6 m/s.

Au-delà de 9 m/s, les chauves-souris ne sont plus actives.

2.1.1 Proportion des activités en fonction de la vitesse du vent

Le tableau ci-dessous liste les vitesses de vent au-dessous desquelles des proportions ciblées des contacts (toutes espèces confondues) ont été obtenues, pour l'ensemble obtenues à hauteur de nacelle.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 6 : Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des vitesses de vent et des hauteurs de vol

Vitesse de vent (en m/s à 95 m) en-dessous de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles						
	50 %	75 %	85 %	90 %	95 %	99 %
Ensemble des min. pos.	2,5 m/s	4 m/s	4,5 m/s	5,5 m/s	6 m/s	7,5 m/s

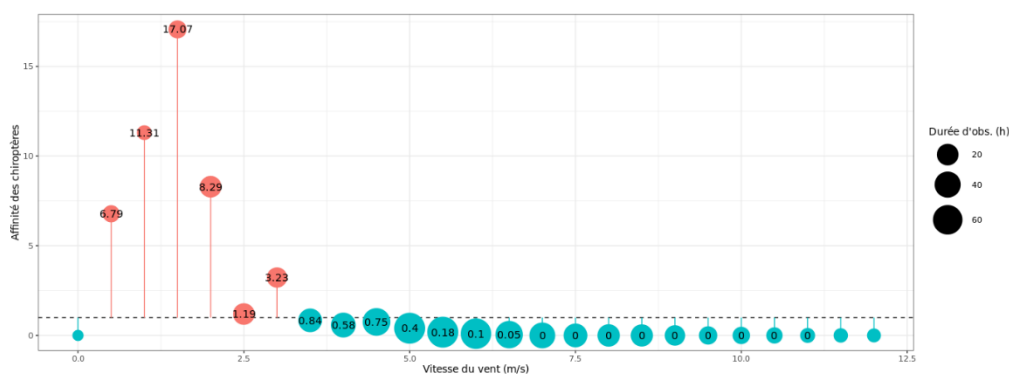


Figure 22 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vent nocturne sur le site en 2021.

2.1.2 Bilan de l'activité en altitude en fonction de la vitesse du vent

L'ensemble des activités en altitude, recensées pour chaque espèce en fonction de la vitesse du vent mesurée à 95 m, permet de ressortir les principales informations suivantes :

- 90 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 5,5 m/s ;
- 75 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 4 m/s ;
- 50 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 2,5 m/s.

Dans le cadre de cette étude, l'analyse des résultats montrent une préférence des chauves-souris pour des vitesses de vent inférieures à 4,5 m/s.

2.2 Activité en fonction de la température mesurée à 95 m

Au cours des périodes d'analyse qui s'étend de mi-mai à octobre 2021, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages de températures allant de 7,8 à 37,5°C.

L'échantillonnage est globalement important pour les températures comprises entre 10 et 30°C. En dehors de cette plage de températures, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillon).

Les graphiques suivants présentent la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues, en fonction de la température sur le site, obtenue au-dessus au niveau de la nacelle (95 m) et durant 165 nuits de l'étude. Les résultats sont présentés sous deux graphiques

2 Synthèse et analyse des résultats

différents montrant soit la densité des valeurs par classe de température (fonction de densité – pdf) soit la répartition des valeurs inférieures ou égales à chaque classe de température (fonction de répartition – cdf).

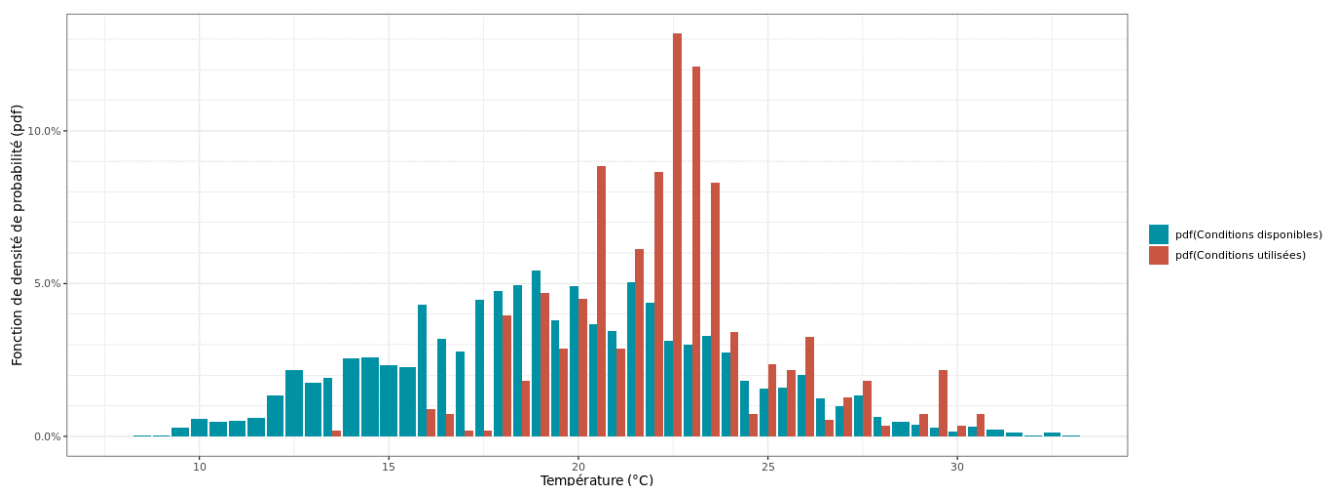


Figure 23 : Densité des observations de chauves-souris par classe de température (°C).
pdf (conditions disponibles) – fonction de densité des vitesses de vent enregistrées
pdf (conditions utilisées) – fonction de densité des vitesses de vent utilisées par les chauves-souris

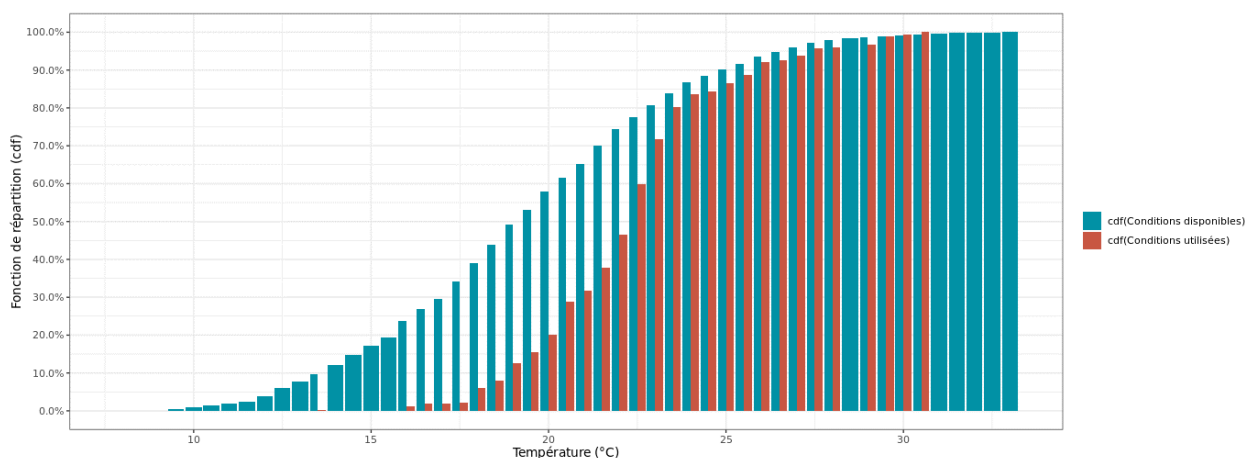


Figure 24 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°C).
pdf (conditions disponibles) – fonction de densité des vitesses de vent enregistrées
pdf (conditions utilisées) – fonction de densité des vitesses de vent utilisées par les chauves-souris

Les chauves-souris utilisent majoritairement les plages disponibles au-delà de 16°C. Sous cette température et malgré l'importance de la disponibilité en plages temporelles, les activités sont faibles.

L'activité est optimale entre 22 et 24°C. Au-dessus de 31°C, les chauves-souris ne sont plus actives.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.2.1 Proportion des activités en fonction de la température

Le tableau ci-dessous liste les températures au-dessus desquelles des proportions ciblées des contacts (toutes espèces confondues) ont été obtenues, pour l'ensemble des données.

Tableau 7 : Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des températures et des hauteurs de vol

	Température (en °C à 83,5m) au-dessus de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles					
	50 %	75 %	85 %	90 %	95 %	99 %
Ensemble des min. pos.	23°C	21°C	20°C	19°C	18°C	17°C

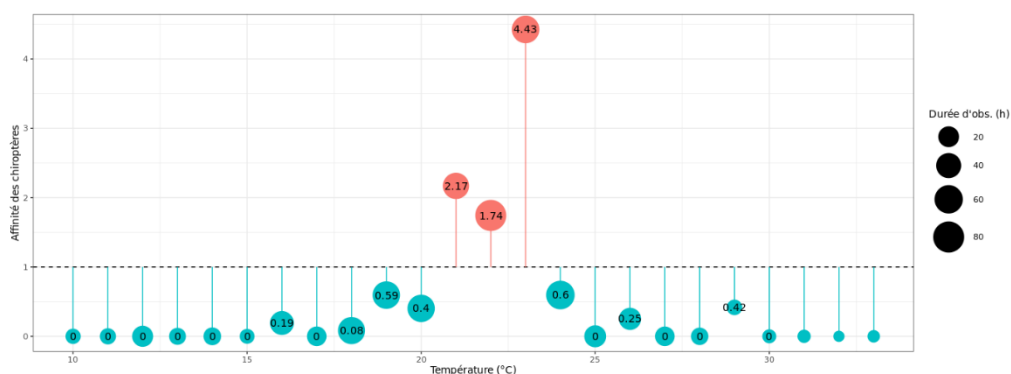


Figure 25 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site en 2021.

2.2.2 Bilan de l'activité en altitude en fonction de la température

L'ensemble des activités en altitude (au-dessus de la médiane), recensées pour chaque espèce en fonction de la température (à 95m) permet de tirer les informations suivantes :

- 90 % de l'activité a été enregistrée à des températures supérieures à 19°C ;
- 75 % de l'activité a été enregistrée à des températures supérieures à 21°C ;
- 50 % de l'activité a été enregistrée à des températures supérieures à 23°C.

Dans le cadre de cette étude, l'analyse des résultats montrent une préférence des chauves-souris pour des températures comprises entre 17 et 25°C.

3

Synthèse de l'écoute de l'activité des chiroptères

3 Synthèse de l'écoute de l'activité des chiroptères

Cette étude a permis de définir l'activité des chauves-souris en hauteur et d'évaluer plus précisément les conditions favorables à l'activité.

L'étude a fait l'objet de 6 mois d'analyse soit **165 nuits exploitables**. Un dispositif d'enregistrement automatique (SM4BAT) équipé d'un micro a été placé à 95 m au sein de la nacelle de l'éolienne E02 du parc éolien de Croix de Cuitot dans la Marne (51).

Au total, **6 espèces de chauves-souris** ont été contactées avec certitude en altitude sur le site en 2021.

Les enregistrements ont permis l'identification de **6 espèces avérées**. Ce qui représente 25 % des 24 espèces répertoriées en région Grand Est. Il s'agit d'une diversité moyenne pour le département de la Marne toutefois sous-estimée en l'absence de microphone positionné à proximité du sol.

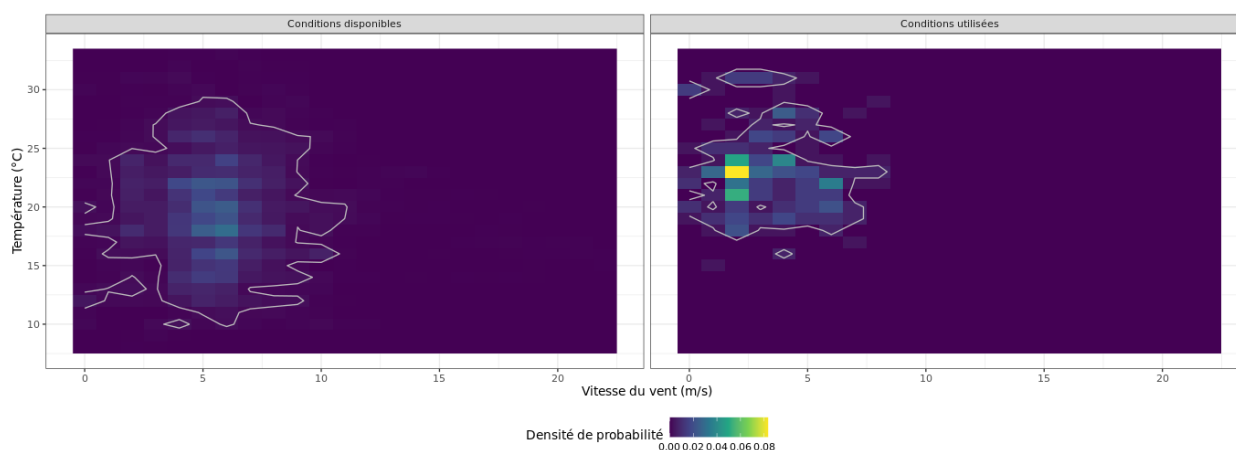
L'activité en altitude enregistrée durant cette période peut être considérée comme faible à moyenne au regard d'autres sites suivis dans le quart nord-est de la France suivant le même protocole.

Les expertises réalisées ont montré que :

- **La Pipistrelle commune domine le peuplement chiroptérologique avec 41 à 54 % du total des contacts obtenus** (en fonction de la méthode de calcul). Cette espèce vole régulièrement en altitude et fait partie des espèces les plus régulièrement découverte au cours des suivis mortalités ;
- **Le groupe des Noctules occupe également une place non négligeable**. En effet, la Noctule de Leisler représente 18 à 24 % du total des contacts obtenues, la Noctule commune 7 à 11 % des contacts, La Sérotine commune représente 1 à 2% des contacts et le groupe d'espèces Sérotines / Noctules indéterminées (dont la plupart des contacts semble attribuable à des Noctules) atteint 3 à 6 % des contacts. Ces espèces sont classiquement très fortement représentées en altitude.

La phénologie annuelle montre une activité assez hétérogène au cours du temps, On note un pic d'activité fin juin / début juillet puis une chute pour atteindre une relative stabilité durant le reste de l'été et au cours de l'automne.

La nuit, l'activité des chauves-souris est répartie au cœur de la nuit de manière homogène puis décroît progressivement avant le lever du jour.



3 Synthèse de l'écoute de l'activité des chiroptères

Figure 26 : Météo enregistrée sur les capteurs à gauche et conditions météo utilisées par les chauves-souris à droite (l'enveloppe délimite 90 % de la proportion de point demandée)

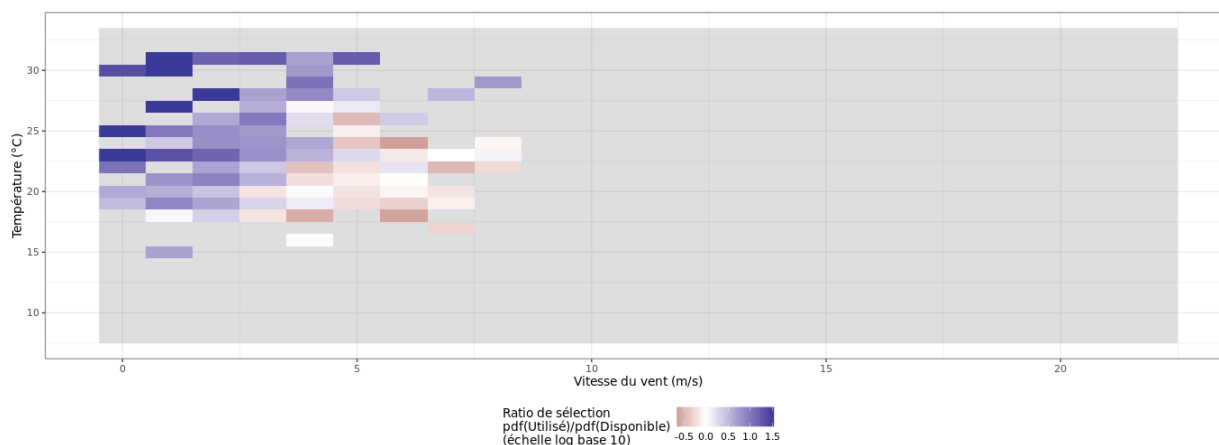


Figure 27 : Bilan sur les conditions météo sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : température et vitesse du vent)

Au regard des éléments météorologiques enregistrés sur le site de Croix de Cuitot et des activités de chiroptères associés, il ressort que l'utilisation du site par les chauves-souris (en bleu) est majoritaire dans des gammes de vitesse de vent comprises entre 0 et 6 m/s et de température comprise entre 17 et 28°C.

Une relation marquée entre l'activité des chauves-souris et les vitesses de vent a été mise en évidence (mesurées à 95 m) :

- 90 % des contacts ont été enregistrés à des vitesses de vent inférieures à 5,5 m/s ;
- 75 % des contacts ont été enregistré à des vitesses de vent inférieures 4 m/s.

Une relation marquée entre l'activité des chauves-souris et la température a été mise en évidence (mesurée à 95 m) :

- Moins de 1 % des contacts a été enregistré en dessous de 10°C ;
- 90 % de l'activité totale a été enregistré à des températures supérieures à 19°C.

Au regard des éléments météorologiques enregistrés sur le site de Croix de Cuitot et des activités de chiroptères associés, il ressort que l'utilisation du site par les chauves-souris (en bleu sur la Figure 27) est majoritaire dans des gammes de vents inférieurs à 6 m/s associé à des températures de plus de 17°C.

Dans le cas du parc de Croix de Cuitot, aucun bridage n'a été mis en place jusqu'à présent. Les résultats du suivi de mortalité de 2021 montrent une mortalité des chauves-souris concentrée de juillet à septembre.

Afin de limiter l'impact du parc de Croix de Cuitot sur le groupe des chauves-souris à cette période de l'année, le scénario de bridage suivant a été retenu :

3 Synthèse de l'écoute de l'activité des chiroptères

Scenario retenu	
Période de mise en service du bridage	Du 1er avril au 31 octobre, correspondant à la principale période d'activité des chiroptères en altitude
Seuil de vent	Par des vitesses de vents inférieures ou égales à 4 m/s
Nombre d'heures durant la nuit	L'ensemble de la nuit
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par les arrêts machines	87 % des contacts

L'évaluation de l'efficacité de ce scénario montre que cela permet de prévenir la collision de 87% des chauves-souris en activité en altitude sur ce site d'étude et sur le jeu de données enregistré dans le cadre de cette présente étude. Ce type d'analyse ne prend pas en compte les variations annuelles d'activité des chauves-souris. Les proportions d'activités protégées par les paramètres de bridage peuvent évoluer.

Ce même bridage sera mis également en place sur les parcs de Champs Parents et Côte à l'Arbre l'Estrée puisqu'ils sont localisés juste à côté, dans un souci de cohérence globale et un renforcement de la mesure sur le secteur.

Cette mesure correctrice aura certainement également un effet positif sur la mortalité des passereaux en migration, car de nombreuses espèces migrent la nuit.

4

Bibliographie

4 Bibliographie

- ARNETT E. B., ERICKSON W., KERNS J. & HORN J., 2005. Relationship between bats and wind turbine in Pennsylvania and West Virginia: An assessment of fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. – Bats and Wind Energy Cooperative, 168 p.
- ARNETT E. B., SCHIRMACHER M., HUSO M. & HAYES J., 2009. Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. – Bats and Wind Energy Cooperative, 44 p.
- ARTHUR, L. & LEMAIRE, M., 2015. Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Editions Biotope, Coll. Parthénope, Muséum National d'Histoire Naturelle, 544 p.
- BARATAUD, M., 2015. Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe. 3ème édition. Biotope / Publications scientifiques du MNHN. 344 p.
- BAERWALD E. & BARCLAY R., 2009. Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities. – Journal of Mammalogy 90(6), p. 1341-1349.
- DALTHORP, D., MADSEN, L., HUSO, M., RABIE, P., WOLPERT, R., STUDYVIN, J., SIMONIS, J., and MINTZ, J., 2018, GenEst statistical models—A generalized estimator of mortality: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 7, chap. A2, 13 p., <https://doi.org/10.3133/tm7A2>.
- GAULTIER, S.P., MARX, G., & ROUX, D., 2019. Éoliennes et biodiversité : synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer. Office national de la chasse et de la faune sauvage/LPO. 120 p.
- HAQUART, A., 2013. ACTICHIRO : référentiel d'activité des chiroptères – Éléments pour l'interprétation des dénombrements de chiroptères avec les méthodes acoustiques en zone méditerranéenne française. EPHE.
- HARTER N. 2015. Eoliennes et mortalité des chiroptères : synthèse des résultats du suivi d'une quinzaine de parcs éoliens en Champagne-Ardenne. Rencontre chiroptères Grand-Est, Saint-Brisson, 16-18 octobre 2015. 15p.
- HUTTERER, R., IVANOVA, T., MEYER-CORDS, C. & RODRIGUES, L. 2005. Bat migrations in Europe: A review of literature and analysis of banding data. Naturschutz und Biologische Vielfalt No. 28: 1-172.
- MATUTINI, F. 2014. Détermination de l'effort d'échantillonnage pour la réalisation d'inventaires chiroptérologiques à différentes échelles spatiales et en fonction de l'hétérogénéité des habitats : Rapport de stage. Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE), Montpellier ; BIOTOPE, Méze, 13 p.
- MINISTERE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET SOLIDAIRE, 2018. Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestre – Révision du protocole de 2015. 19p.
- NATURE CENTRE, CBNBP, 2014. Livre rouge des habitats naturels et des espèces menacés de la région Centre. Nature Centre ed., Orléans. 504 p.
- ROEMER, 2018. Thèse : Bat movement ecology at the local scale and anthropogenic collision risks. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.
- RYDELL, J, OTTVALL, R, PETTERSSON, S, & GREEN M. (2017) The effects of wind power on birds and bats, an updated synthesis report 2017, Swedish Environmental Protection Agency. ISBN 978-91-620-6791-5, ISSN 0282-7298, 129p.

4 Bibliographie

UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2017. La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France.

Site internet :

DURR, 2020 :
<https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwarte/arbeitsschwerpunkte/auswirkungen-von-windenergieanlagen-auf-voegel-und-fledermaeuse/>



Siège social :

22 boulevard Maréchal Foch - BP58 - F-34140 Mèze

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