

SafeWind Chiro - Evaluation de l'activité des chiroptères à proximité des éoliennes par vidéo détection

Henri-Pierre ROCHE¹, Fabien VALLES¹, Emile GOUTORBE²

En partenariat avec ENGIE Green

¹ Biodiv-Wind SAS. hp.roche@biodiv-wind.com

² AgroParisTech

Télécharger le diaporama 

Résumé

Le comportement des chiroptères à proximité des éoliennes suscite de nombreuses interrogations et les facteurs expliquant l'attraction qu'exercent ces installations restent méconnus. En réaction aux mortalités conséquentes parfois observées, les autorités imposent des modalités d'asservissement se basant sur des modèles statistiques déterministes dont la robustesse a déjà été remise en question.

Dans le cadre du programme Initiative PME Biodiversité animé par l'ADEME et financé par les Investissements d'Avenir, Biodiv-Wind, en partenariat avec ENGIE Green, a couplé sa solution de détection automatisée SafeWind©, initialement destinée aux oiseaux diurnes, à des caméras infrarouges disposées sur le mât d'une éolienne de 2 MW située en Mayenne et concernée par ces arrêts préventifs.

Sur une période d'échantillonnage couvrant en continu le mois d'octobre 2016, les données récoltées mettent notamment en évidence que la durée totale d'arrêt préventif représentait 13,4 % de la durée de production alors que le temps total de détection de chiroptères concernait seulement 0,83 % de cette dernière durée. De plus, trois nuits concentraient à elles seules 68 % du temps total de présence des chiroptères et une seule de ces nuits en concentrait 40 %.

Ces pics exceptionnels d'activité apparaissent coïncider avec des épisodes courts mais intenses d'écoulements d'eau à l'extérieur de l'éolienne durant des nuits sans pluie. Nous émettons dès lors l'hypothèse que les phénomènes de condensation d'eau dans et sur les éoliennes peuvent jouer un rôle significatif sur l'activité des chiroptères. L'étude est toujours en cours et permettra une analyse des données sur un cycle annuel.

Abstract

Behaviors of bats in close vicinity of wind turbines raise questions and reasons explaining the activity of bats around turbines remain largely unclear. On an over hand, heavy mortality of bats on wind turbines has become a major concern for authorities and may lead operators to stop turbines in case of high collision risk according to predictive model. However, the reliability of such models is not easy to asses.

Within the framework of the Initiative PME Biodiversité program leads by ADEME and funded with the Investissements d'Avenir, Biodiv-Wind, in close partnership with ENGIE Green, has extended his SafeWind© system, primarily developed to address diurnal birds automated detection, to nocturnal detection using IR cameras. Thereafter, a 2 MW turbine located in Mayenne (western France) and facing preventive shutdowns for bats had been equipped with such set of cameras and detection system during autumn 2016.

The experimentation is still currently running, but analysed data collected during October 2016 already show that the predictive model overestimates largely bats activity. More precisely, preventive shutdowns cut 13.4 % of potential production period though bat activity duration only reach 0.83 % of the same potential production period. Moreover, only 3 nights concentrate 68 % of bat presence around the turbine and one night concentrates 40 % of the bat activity detected during the entire month.

These bat activity peaks seems to correspond with short but intense water flows coming from the blades and the hub of the turbine though it was not raining at such moments. Our hypothesis is that complex phenomenon of condensation within and onto the surface of the turbine structure may play an important role in explaining bats gatherings around wind turbines. The experimentation continues and will allow analysis along an entire biological cycle.

Motivation

Biodiv-Wind SAS a développé SafeWind, un dispositif de vidéo détection en temps réel des oiseaux diurnes approchant les éoliennes afin de réduire le risque de collision. En 2015, Biodiv-Wind en partenariat avec ENGIE Green, a été sélectionnée dans le cadre du programme Initiatives PME Biodiversité, porté par l'ADEME et financé par les Investissements d'Avenir, pour étendre le dispositif SafeWind aux chiroptères. L'ambition du programme était, dans un contexte de multiplication des obligations administratives d'asservissement des éoliennes à des fins de protection des chauves-souris, de mieux comprendre et évaluer l'activité de ces espèces en utilisant des technologies plus précises que la détection acoustique. In fine, le projet visait à évaluer l'efficacité des modèles prévisionnels d'activité sur lesquels s'appuie les obligations d'asservissement et, si possible de les optimiser afin de mieux protéger les chauves-souris tout en optimisant le productible électrique des éoliennes.

Après des tests de calibration des équipements et d'optimisation des logiciels et algorithmes de détection, une éolienne de 2 MW localisée dans le département de la Mayenne (53) et exploitée par ENGIE Green a été équipée en octobre 2016 d'un ensemble de caméras infrarouges couplé à un dispositif d'enregistrement et de détection. Cette éolienne fait l'objet d'obligation d'asservissements préventifs afin de réduire le risque de mortalité de chiroptères lorsque différentes conditions sont réunies : période de l'année, période de la nuit,

vitesse de vent et température. A l'automne 2016, en parallèle de cette expérimentation, ENGIE Green a missionné un bureau d'étude pour la réalisation d'un contrôle au sol de la mortalité.

A ce jour, l'expérimentation est toujours en cours mais le volume de données généré par le dispositif SafeWind Chiro© est d'ores et déjà très important et seule une partie des analyses a pu être réalisée. Néanmoins, les premiers résultats présentés ici viennent apporter un éclairage particulièrement nouveau sur les hypothèses pouvant expliquer l'activité des chiroptères à proximité des éoliennes et, partant, sur les meilleures pratiques à mettre en œuvre afin de concilier la conservation des chiroptères et le développement éolien.

Méthodologie

Données récoltées par le dispositif

Le dispositif consiste en un ensemble de 4 caméras installées sur le mât de l'éolienne afin de couvrir sur 360° l'intégralité de l'aire de rotation des pales et ses alentours immédiats. Le dispositif a généré 3 types de données :

1. Des vidéos brutes, enregistrées en continu 24/24h

Elles sont nécessaires pour vérifier la performance du dispositif et la pertinence des données récoltées : recherche de faux positifs, recherche de faux négatifs, étalonnage du logiciel de détection.



Figure 1 : Capture d'écran d'une vidéo brute où sont visibles deux chiroptères.

2. Des vidéos analysées par SafeWind où ne sont visibles que les passages correspondant aux détections de chiroptères. Sur ces vidéos, les

chiroptères détectés sont entourés par des cercles.



Figure 2 : Capture d’écran d’une vidéo analysée par SafeWind. Deux chiroptères étaient détectés à cet instant.

3. Des tableaux synthétisant la date, l’heure, le temps de détection et le nombre de détections, par tranche de 10 minutes.

Standard	Standard	Standard	Standard
1 CAM1		NbDetect	Time
2 2016/10/06_20:20:00.000	Total_10:	6	4.666667
3 2016/10/06_20:30:00.000	Total_10:	0	0.000000
4 2016/10/06_20:40:00.000	Total_10:	0	0.000000
5 2016/10/06_20:50:00.000	Total_10:	0	0.000000
6 2016/10/06_21:00:00.000	Total_10:	0	0.000000
7 2016/10/06_21:10:00.000	Total_10:	0	0.000000
8 2016/10/06_21:20:00.000	Total_10:	0	0.000000
9 2016/10/06_21:30:00.000	Total_10:	0	0.000000

Figure 3 : Extrait brut des données fournies par SafeWind

Les résultats de détection ont ensuite été croisés avec les données environnementales ou de fonctionnement de l’éolienne fournies par ENGIE Green. Ces données sont les suivantes :

- vitesse de vent (km/h) à hauteur de turbine
- vitesse de rotation de l’éolienne (rpm)
- température extérieure (°C)

Couplage des données et analyse préliminaire

Afin de s’assurer que les cibles détectées sont bien des chiroptères et non pas, par exemple, des insectes ou des oiseaux, nous avons visionné les vidéos analysées et supprimé manuellement les détections correspondant aux faux-positifs. Nous avons également comptabilisé ces faux positifs, ce qui nous a permis d’évaluer le taux d’erreur et de l’améliorer en affinant les paramètres de sensibilité du logiciel (cf. « Résultats »).

Une fois les faux-positifs éliminés, les données générées par le logiciel et celles fournies par ENGIE Green ont été assemblées dans un même tableau Excel. Les données sont alors prêtes à être analysées.

Dates / Heures	Vitesse de vent	Vitesse rotation du rotor	Température	Durée CAM1	Durée CAM2	Durée CAM3	Durée CAM4	Durée d'intrusion (sec)
2016-10-06 19:00:00.000	8,75 m/s	11,00 rpm	15,17 °C	0	0	0	0	0
2016-10-06 19:10:00.000	7,93 m/s	10,38 rpm	14,76 °C	0	0	0	0	0
2016-10-06 19:20:00.000	7,91 m/s	13,58 rpm	14,19 °C	0	0	0	0	0
2016-10-06 19:30:00.000	7,71 m/s	12,89 rpm	13,65 °C	0	0	0	0	0
2016-10-06 19:40:00.000	8,50 m/s	11,86 rpm	13,17 °C	0	0	0	0	0
2016-10-06 19:50:00.000	7,38 m/s	13,10 rpm	12,91 °C	0	0	0	0	0
2016-10-06 20:00:00.000	7,40 m/s	12,90 rpm	12,72 °C	0	0	0	0	0
2016-10-06 20:10:00.000	7,96 m/s	13,45 rpm	12,49 °C	0	0	0	0	0
2016-10-06 20:20:00.000	8,89 m/s	14,27 rpm	12,28 °C	4,666667	0	0	0	4,666667
2016-10-06 20:30:00.000	8,58 m/s	13,99 rpm	12,06 °C	0	0	0	0	0
2016-10-06 20:40:00.000	8,87 m/s	14,05 rpm	11,84 °C	0	0	0	0	0

Figure 4 : Données SafeWind Chiro traitées puis couplées aux données fournies par ENGIE Green

Résumé des résultats

Evaluation de la performance de détection

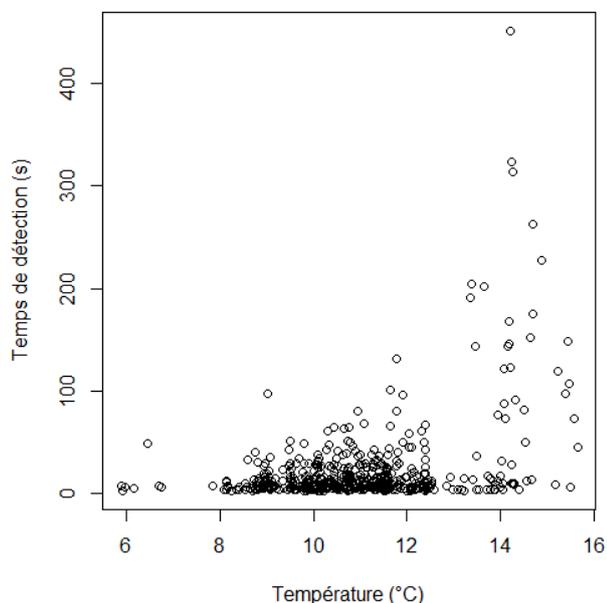
Lors du premier visionnage des vidéos analysées, un taux de faux-positifs de 6 % a été relevé. Des modifications de l'algorithme ont permis d'améliorer très significativement ce ratio, sans que l'on observe une baisse de sensibilité du logiciel.

Désormais, les taux de faux positifs sont stabilisés autour d'une valeur de 1 %, ce qui nous prouve que SafeWind peut maintenant repérer très spécifiquement la présence de chiroptères à l'image.

Analyse de l'activité des chiroptères

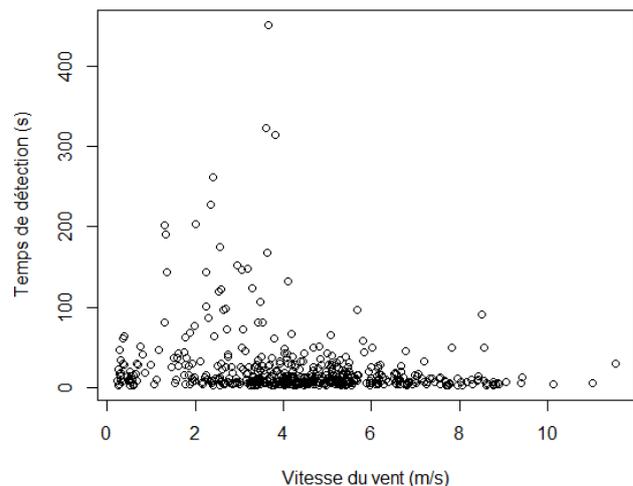
Sur la période échantillonnée en octobre 2016, les données récoltées par SafeWind Chiro ont pu être croisées avec les données environnementales.

Temps de détection en fonction de la température



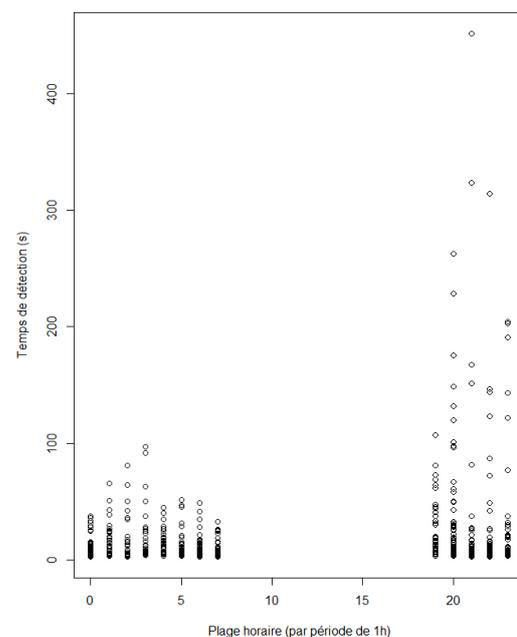
Les résultats sont cohérents avec la littérature disponible (Erickson *et al.*, 2002).

Temps de détection en fonction du vent



Concernant la vitesse de vent, on observe une nette diminution du temps de présence des chiroptères entre 4 et 5 m/s. Concernant les températures, 93 % du temps de présence des chiroptères correspond à des températures supérieures ou égales à 10 °C.

Temps de détection en fonction de la plage horaire

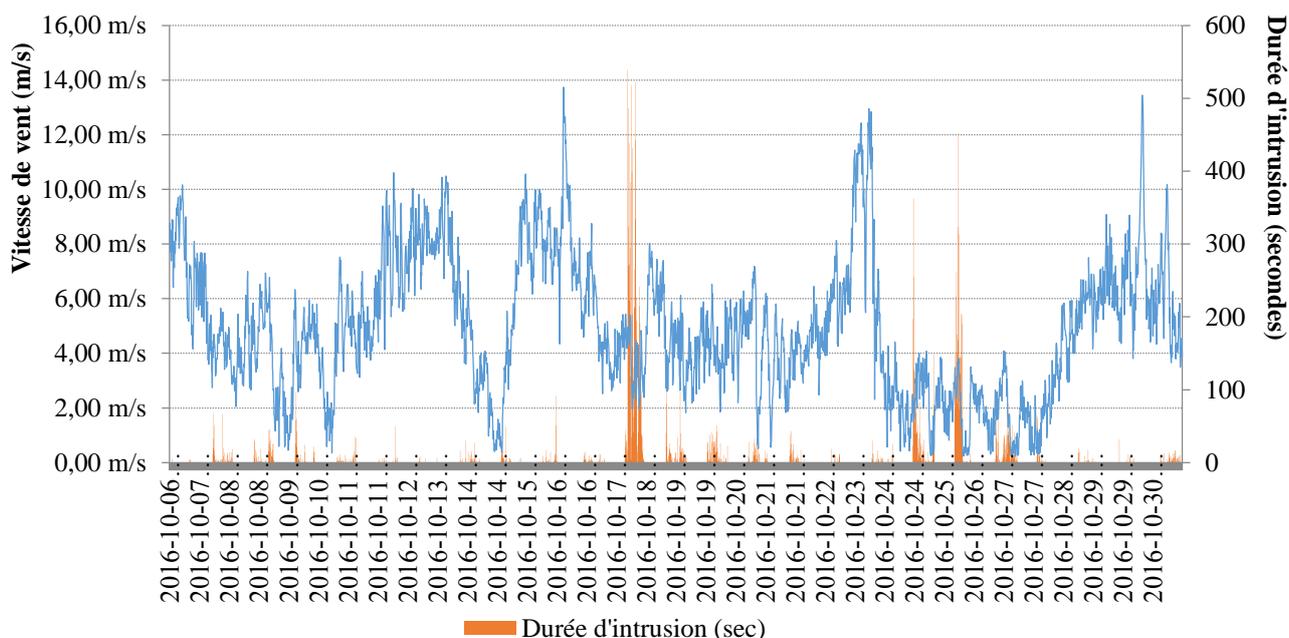


Les données récoltées montrent une corrélation négative entre le temps de détection des chiroptères et la vitesse du vent ($r^2 = -0,11$; p-value = $3,08e-10$). Ainsi, plus le vent est fort, moins les chauves-souris sont actives sur l'éolienne. A l'inverse, Les données récoltées montrent une corrélation légèrement positive entre le temps de détection et la température ($r^2 = 0,07$; p-value = $6,0e-05$). Ainsi, plus la température extérieure est élevée, plus les chauves-souris sont actives. Ces

Concernant la durée d'activité nocturne (cf. graphe ci-contre), on observe une présence continue des chiroptères avec un pic marqué en début de nuit et une activité constante mais plus réduite de minuit au lever du soleil.

L'expérimentation a par ailleurs montré une très forte variabilité inter journalière de l'activité des chiroptères. Ainsi, trois nuits concentrent à elles seules 68 % de la durée de présence des animaux. Or, ces pics ne semblent pas corrélés aux variables Vitesse de vent et Température (cf. ci-dessous).

Répartition de la présence des chiroptères en fonction de la vitesse de vent en octobre 2016



En revanche, il est apparu après analyse des enregistrements qu'au moins deux de ces pics d'activité d'une intensité remarquable correspondent à des nuits où nous avons observé des écoulements d'eau importants sur l'éolienne, d'une durée de quelques dizaines de minutes. Ces écoulements semblaient provenir de l'extrémité des pales et/ou de la nacelle et arrosaient le mât de l'éolienne alors qu'il ne pleuvait pas

pendant les nuits considérées. Ces phénomènes surprenants ne semblent jamais avoir été décrits jusqu'à présent. Qui plus est, lors de ces nuits, les intrusions pouvaient concerner une dizaine d'individus simultanément. Un calcul de pondération « durée de présence x nombre d'individus » est actuellement en cours et viendra encore préciser l'exposition au risque de collision lors de ces épisodes.



Captures d'écran d'une vidéo SafeWind montrant des ruissellements provenant d'une pale et de la turbine d'une éolienne et arrosant le mât

Evaluation de la pertinence du système de bridage actuel

La régulation imposée sur l'éolienne concernée est activée lorsque les conditions suivantes sont réunies :

- Période de l'année : de la mi-août à la fin octobre
- Période de la journée : dans les 3 h 30 suivant le coucher du soleil ou dans les 3 h 30 précédant le lever du soleil
- Température : supérieure à 10 °C
- Vitesse de vent : inférieure à 5 m/s

Au cours de la période échantillonnée, la durée totale d'arrêt préventif représentait 10,3 % du temps total de cette période (jours et nuits confondus) alors que la durée totale de détection de chiroptères concernait seulement 1,2 % de cette même période. Cependant, l'éolienne n'est en rotation avec production électrique qu'à partir de 3,5 m/s. En deçà de cette dernière vitesse, l'absence de rotation ne crée pas de risque de collision. Dès lors, la période de production réelle, c'est-à-dire au-dessus de 3,5 m/s de vent, a représenté 77 % de la période totale tandis que la régulation a impacté 13,4 % de la période de production. Quant à la durée présence des chiroptères au-dessus de 3,5 m/s de vent, elle n'a représenté que 0,83 % de la période de production.

Ces résultats montrent de manière générale une faible performance des modèles de régulation avec une surestimation de la probabilité de présence des chiroptères et un impact significatif sur la période de production sans pour autant réussir à couvrir 100 % de l'activité des chiroptères.

Des études similaires menées notamment par l'Office Fédéral Suisse de l'Energie en 2015 parvenaient à des conclusions similaires mais pas dans de telles proportions (Hanagasioglu *et al.*, 2015).

Interprétation, conclusion, perspectives et applications possibles

L'expérimentation du dispositif SafeWind Chiro engagée par Biodiv-Wind en partenariat avec ENGIE Green et grâce au soutien de l'ADEME et du Commissariat général aux Investissements d'Avenir est une première dans le monde en ce qu'elle consiste à suivre par vidéo détection en continu et sur des périodes longues l'activité des chiroptères à proximité d'une éolienne. Cette expérimentation démontre de plus que la technologie vidéo apparaît plus efficace que les technologies de détection acoustique dès lors qu'elle permet notamment d'évaluer précisément d'une part le temps de présence des chiroptères dans les zones à

risque de collision et d'autre part le nombre d'individus concernés.

Le jeu de données acquis par le dispositif est très important et nécessite un effort de traitement conséquent. Ce traitement est en cours et seuls les résultats d'une période échantillon correspondant au mois d'octobre 2016 sont abordés ici.

Néanmoins, ce premier jeu de données apporte des renseignements nouveaux sur les facteurs déterminants l'activité des chiroptères à proximité des éoliennes et dès lors sur les meilleures pratiques à mettre en œuvre pour réduire, si ce n'est annuler, le risque de collision.

Concernant l'efficacité de la régulation mise en œuvre sur l'éolienne, il apparaît que celle-là est factuellement disproportionnée vis-à-vis de l'activité réelle des chiroptères. En effet, la durée totale d'arrêt préventif représentait 13,4 % de période de production alors que la durée totale de détection de chiroptères représentait seulement 0,83 % de cette même période. Cependant, 23 % du temps de présence des chiroptères avait lieu alors que la turbine était en production, les animaux restant donc exposés à un risque de collision. Pour autant, aucune mortalité n'a été constatée ni par les recherches menées au sol par un bureau d'étude tiers ni par les observations vidéos. En définitive, les modalités de régulation par les modèles prévisionnistes d'activité manquent clairement de robustesse en ce qu'elles imposent des arrêts plus de dix fois supérieurs à la présence réelle des chiroptères sans pour autant parvenir à couvrir l'intégralité du risque.

Enfin, et c'est là probablement une découverte majeure de l'expérimentation qui n'a été rendue possible que grâce à la vidéo détection, nous avons pu observer des phénomènes jamais décrits jusqu'à présent et qui apparaissent conditionner de manière très significative l'activité des chiroptères à proximité des éoliennes. Ces phénomènes sont des ruissellements intenses d'eau, pendant des nuits sans pluie mais *a priori* à forte hygrométrie, provenant de la turbine et de l'extrémité des pales et ils ont pu être associés à plus de la moitié du temps de présence des chiroptères pendant la période échantillonnée. L'origine de ces ruissellements reste encore peu claire mais une enquête qualitative auprès de plusieurs exploitants concernant des turbines provenant de différents constructeurs semble montrer que les phénomènes de condensation d'eau dans les turbines et les pales sont très importants par leur ampleur et leur régularité. Ils ont d'ailleurs justifié l'existence systématique de drains à l'extrémité distale des pales d'éoliennes, drains qui peuvent de plus se boucher et se déboucher de manière imprévisible. A ce phénomène de condensation interne vient probablement s'ajouter un phénomène de condensation externe directement sur les pales et sur le mât. Ces phénomènes sont complexes et leur compréhension dépasse le cadre de la présente étude.

Néanmoins, nos observations viennent ainsi soutenir plusieurs études américaines menées depuis 2013 mettant en avant un lien complexe entre la présence de condensation sur les mâts et des comportements filmés de chiroptères comparables à ceux observés lorsque ceux-ci s'abreuvent sur les plans d'eau (Bienz *et al.*, 2015).

Nous soutenons dès lors l'hypothèse que, parmi les facteurs permettant d'expliquer les phénomènes d'attraction et même d'agrégation des chiroptères sur les éoliennes, les ruissellements d'eau induits par la condensation à l'intérieur et à l'extérieur des éoliennes jouent un rôle probablement important soit parce qu'ils laissent à penser aux chauves-souris qu'elles peuvent s'y abreuver, soit parce qu'elles s'y abreuvent réellement. Cette hypothèse n'est pas sans fondement dans un contexte de raréfaction importante des zones humides dans les paysages français avec comme conséquence un stress hydrique probablement régulier pour les populations de chiroptères. Pour autant, cette hypothèse reste contradictoire avec l'hétérogénéité marquée des données de mortalité en fonction des espèces de chiroptères alors qu'*a priori* toutes les espèces de chauves-souris sont soumises aux mêmes besoins hydriques.

L'expérimentation se poursuit actuellement et permettra de vérifier la reproduction de la corrélation entre ruissellements et agrégation des chiroptères. Elle permettra de même de tester une amélioration de l'efficacité de la régulation préventive par une analyse plus fine des paramètres environnementaux associés à la présence des chiroptères. Elle permettra enfin de comparer les performances en terme de protection de chauves-souris et de préservation du productible électrique éolien entre une régulation par modèle prédictif et une régulation en temps réel pilotée par le dispositif SafeWind Chiro.

Parallèlement, le projet a permis d'acquérir des données sur des comportements nocturnes des passereaux à proximité des éoliennes. Il apparaît ainsi que les passereaux observés n'entraient pas en collision directe avec l'éolienne mais avaient des comportements de papillonnements autour de mât. Ces comportements étaient assez proches de ceux observés pour les chiroptères bien que moins fréquents et d'une durée moyenne plus courte.

Bibliographie

- Erickson JL and West SD (2002). The Influence of Regional Climate and Nightly Weather Conditions on Activity Patterns of Insectivorous Bats, *Acta Chiropterologica*, DOI : 10.3161/001.004.0103
- Hanagasioglu *et al.* (2015). Investigation of the effectiveness of bat and bird detection of the DTBat and DTBird systems at Calandawind turbine, SFOE

Bienz C, Bennett V, Hale A (2015). Surface texture discrimination in bats: implications for reducing mortality at wind turbines, 45th Annual North American Symposium for Bat Research, October 28 – November 1, in Monterey, California. [Chrissy Bienz, graduate student (environmental science), Tory Bennett, assistant professor School of Geology, Energy & the Environment, Amanda Hale, associate professor biology]

Remerciements

Nous tenons à remercier les acteurs qui nous ont fait confiance et nous ont soutenu dans ce travail : le Commissariat général aux Investissements d'Avenir, l'ADEME et Engie Green.