



Livre blanc NRG

Développer un dissuasif acoustique à ultrasons contre les chauves-souris
Système pour l'industrie éolienne

Auteurs:
Systèmes NRG
31/01/20



Développement d'un système de dissuasion acoustique des chauves-souris à ultrasons pour l'industrie éolienne

Aperçu

L'industrie éolienne est très fière de contribuer à un avenir énergétique propre et de protéger les espèces du monde entier contre le changement climatique. Cependant, il n'existe pas de solution énergétique parfaite. Même les éoliennes, qui produisent une abondance d'énergie propre, comportent leurs propres risques. Par exemple, il a été démontré que les turbines provoquent une mortalité directe chez les espèces de chauves-souris, avec des décès de chauves-souris documentés dans des installations d'énergie éolienne à travers le monde (Kunz et al. 2007, Rydell et al. 2012, Arnett et al. 2016). Cette mortalité est particulièrement préoccupante en raison de son impact potentiel sur les populations de chauves-souris déjà en déclin à cause du syndrome du museau blanc (SMB). Des recherches récentes suggèrent que même les populations de chauves-souris arboricoles migratrices, qui ne sont pas affectées par le SMB mais constituent une grande partie des décès dans les centrales éoliennes, peut être à risque en raison de la mortalité directe causée par les éoliennes (Frick et al. 2017). L'industrie éolienne prend ces impacts au sérieux et s'efforce continuellement de les minimiser.

La découverte de la mortalité directe sur les chauves-souris a conduit à d'importantes recherches sur comment et pourquoi les chauves-souris interagissent avec les éoliennes en premier lieu. À partir de ces études, on sait maintenant que les chauves-souris sont attirées par les turbines (Kunz et al. 2007, Cryan et al. 2014). Cette attraction provoque une activité accrue des chauves-souris autour de la turbine et par conséquent dans la zone de balayage du rotor de la turbine (l'espace aérien à travers lequel passent les aubes de la turbine). Une activité accrue dans cette zone augmente la probabilité d'une frappe directe par rapport à la probabilité d'une frappe s'ils survolaient l'espace aérien par hasard. Les raisons proposées pour cette attraction varient - certains suggèrent que les turbines ressemblent à des arbres, expliquant peut-être pourquoi les chauves-souris percheroirs dans les arbres sont si fortement impactées (Cryan & Barclay 2009),

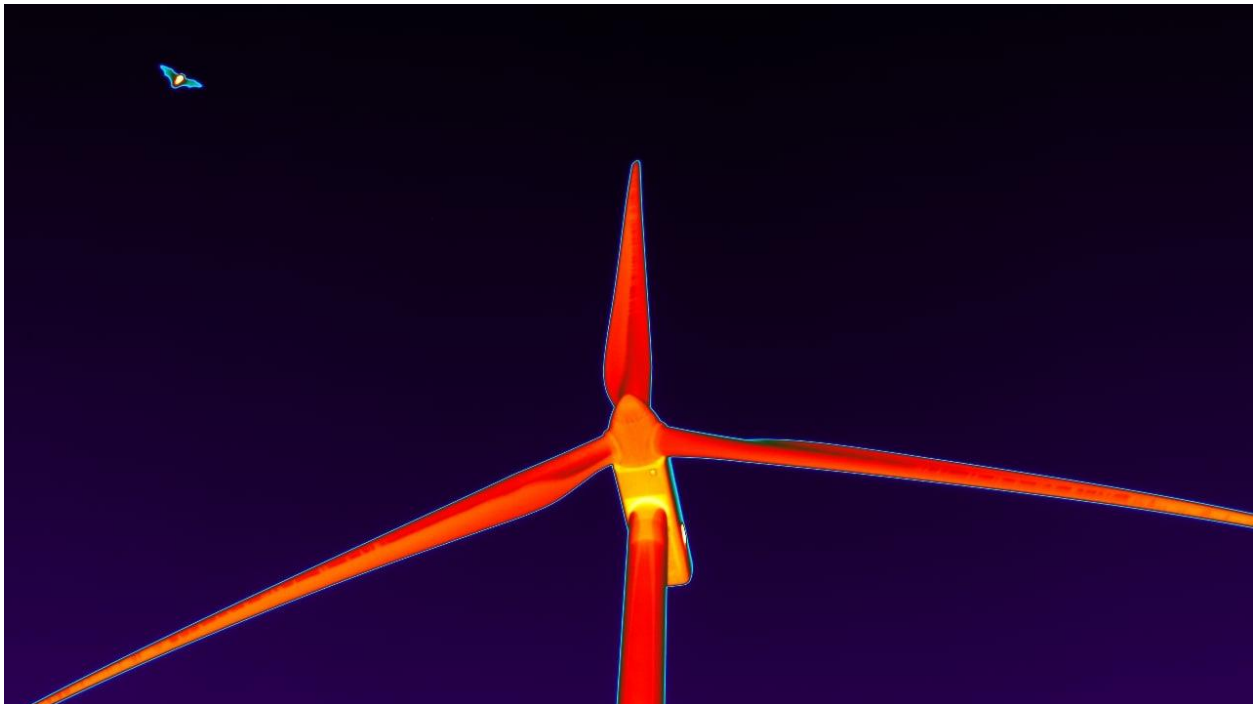
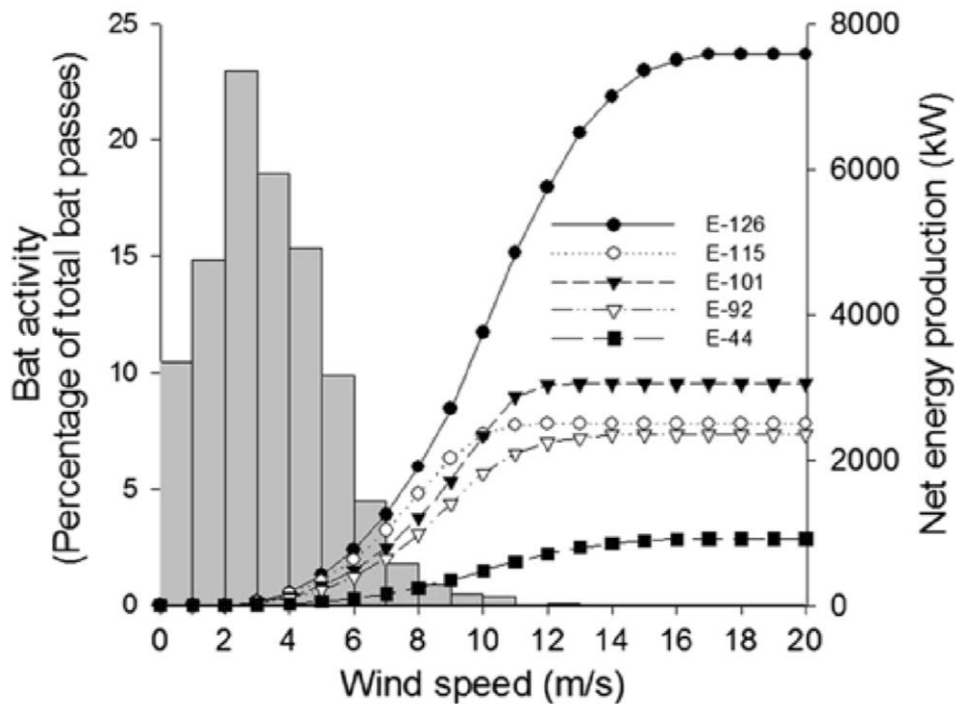


Image thermique d'une chauve-souris près d'une éolienne. Photo reproduite avec l'aimable autorisation de Michael Schirmacher, Bat Conservation International.



Solution actuelle

Les recherches sur la mortalité des chauves-souris dans les éoliennes ont révélé que la mortalité des chauves-souris est relativement plus élevée pendant les nuits de vent faible (Arnett et al. 2008). Il est également évident que l'activité des chauves-souris autour des turbines est directement liée à la vitesse du vent, comme le montre la figure ci-dessous (Voigt et al. 2015), la plus grande activité se produisant à des vitesses de vent plus faibles. Des études sur les interactions des chauves-souris avec les turbines ont également révélé que les chauves-souris n'entraient pas en collision avec des pales stationnaires ou très lentes (Cryan et al. 2014). En combinant cette connaissance avec la relation entre la vitesse du vent et l'activité des chauves-souris, l'arrêt (ou le ralentissement significatif) de la rotation des pales des éoliennes pendant les périodes de faible vitesse du vent est devenu la principale stratégie de réduction de la mortalité de l'industrie éolienne. Le ralentissement/l'arrêt de la rotation des pales est communément appelé réduction de la vitesse du vent faible et est accompli en inclinant les pales à l'abri du vent. Il a été démontré que la réduction réduit le nombre de décès de chauves-souris de 50 % en moyenne (Arnett et al. 2013).



Chevauchement entre l'activité des chauves-souris et la production nette d'énergie (kW) pour les éoliennes sélectionnées en fonction de la vitesse du vent. Les passes de chauves-souris ont été évaluées via des enregistrements acoustiques sur des éoliennes. (Voix 2015)

Le problème avec cette approche est que lorsque la turbine est réduite, elle ne produit pas d'électricité. Cela se traduit par des pertes annuelles de production d'électricité de 0,5 % à 3,5 % de la production annuelle totale d'énergie (Carl Ostridge & Chris Farmer 2018), ce qui la rend économiquement non viable. Lorsque la consigne de vitesse du vent utilisée pour la réduction est augmentée, les pertes de puissance augmentent d'une puissance d'environ 2,6. Par conséquent, une pénalité financière sévère est encourue lors de l'augmentation de la vitesse de réduction afin de diminuer la mortalité des chauves-souris. Ce lien financier crée une tension entre la conservation des chauves-souris et la possibilité de financer l'éolienne. À l'heure actuelle, il existe un équilibre à l'échelle de l'industrie entre un point de consigne de réduction de 5 m/s et une mortalité réduite de

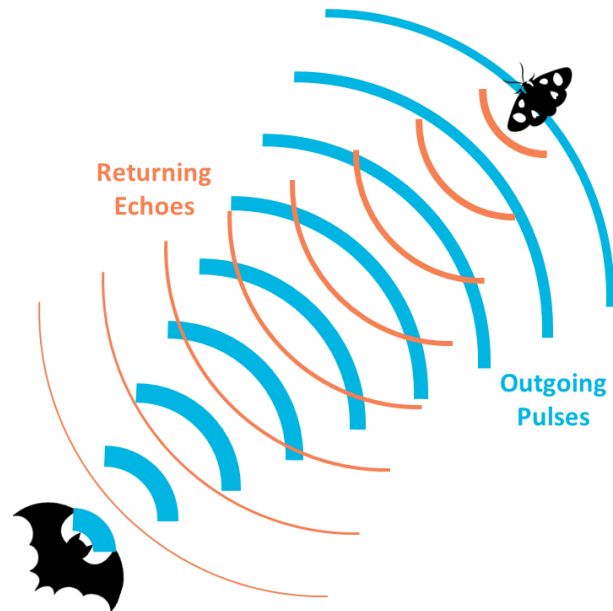


Développement d'un système de dissuasion acoustique des chauves-souris à ultrasons pour l'industrie éolienne

autour de 50%. L'augmentation de la vitesse de réduction commune de 5 m/s pour réduire davantage la mortalité des chauves-souris n'est pas économiquement faisable.

Solution de dissuasion

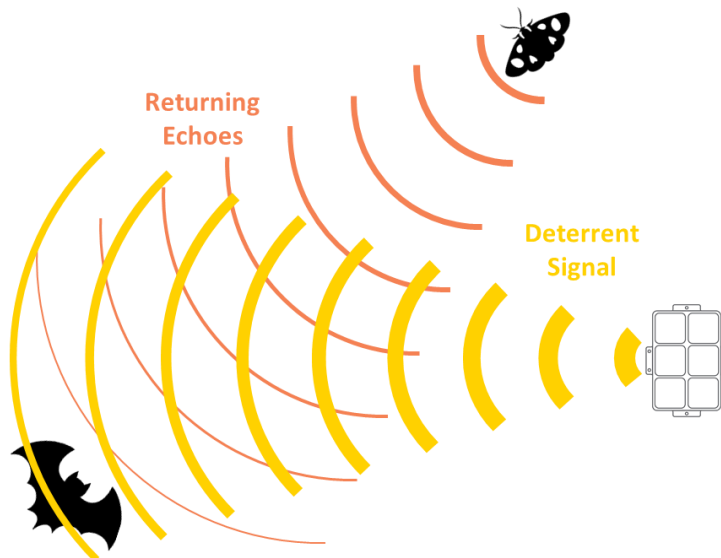
Au lieu d'arrêter renouvelable Puissance
génération pendant les faibles vitesses de vent, il serait plus souhaitable de garder les chauves-souris hors de la zone balayée par le rotor où il y a un risque de mortalité. Pour ce faire, nous profitons du sens unique de l'écholocation de la chauve-souris. Les chauves-souris créent une série de gazouillis à haute fréquence qui se diffusent dans les airs devant elles. Ces gazouillis se reflètent sur des objets (par exemple des insectes, des arbres) créant des échos qui retournent à la chauve-souris. En jugeant le temps qu'il a fallu entre l'émission du pépiement et son retour, la chauve-souris peut déterminer la portée de l'objet qui a créé l'écho. Les chauves-souris utilisent l'écholocation pour s'orienter dans l'espace, détecter et capturer des proies et éviter les obstacles.



Des recherches remontant à 2006 ont prouvé *Les chauves-souris émettent des impulsions sonores à haute fréquence qui se reflètent sur leur proies et leur reviennent comme des échos.*

l'idée que vous pouvez réduire l'activité des chauves-souris dans un espace aérien en le remplissant d'ultrasons dans le même

gamme de fréquences que l'écholocation de la chauve-souris appelle (Szewczak & Arnett 2006). En fait, l'idée de confondre un



En remplissant un espace aérien avec des ultrasons, les chauves-souris ne peuvent pas entendre leurs retours d'écho et évitent l'espace aérien.

le sens de l'écholocation de la chauve-souris se retrouve

même dans la nature. Quand certaines espèces

de la teigne du tigre entendent

des appels d'écholocation, ils

cliquent ultrasoniques de leur

« brouillage » le sonar de la chauve-souris,

interférant avec sa capacité à entendre son propre

retour d'écho, ce qui entrave sa capacité à suivre le

papillon (Corcoran et al. 2011).

S'appuyant sur la création de la nature et de

nombreuses recherches antérieures, la

technologie de dissuasion des chauves-souris de

NRG est basée sur le principe de « brouillage » des

capacités d'écholocation des chauves-souris. Le

système le fait en générant un

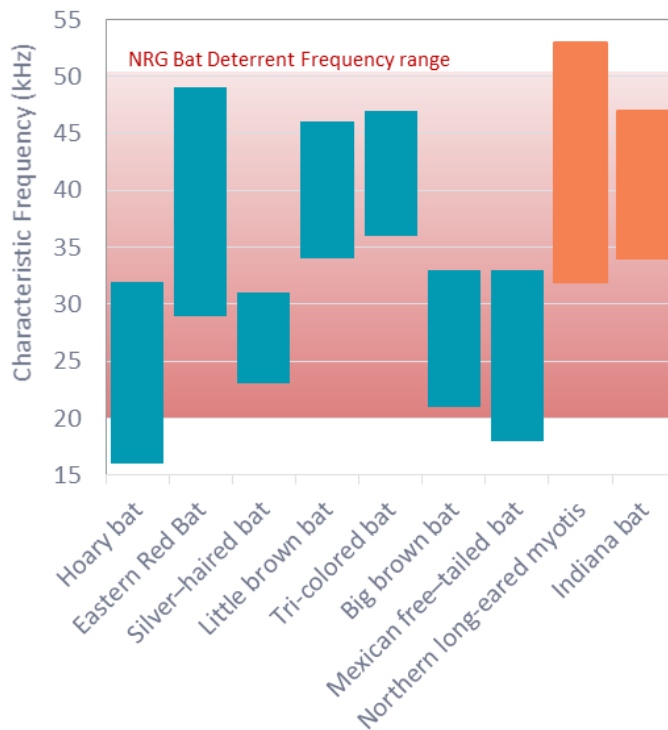
chauves-souris

Fabriquer

propre



Développement d'un système de dissuasion acoustique des chauves-souris à ultrasons pour l'industrie éolienne



signal acoustique ultrasonore continu dans un gamme de fréquences allant de 20 kHz à 50 kHz, couvrant les espèces de chauves-souris les plus touchées par les éoliennes en Amérique du Nord (Humboldt State University Bat Lab 2011). Alors que certaines chauves-souris effectuent une écholocation en dessous de 20 kHz, la plage supérieure du seuil auditif humain est également de 20 kHz, donc produire un son en dessous de ce niveau introduit la possibilité d'une perception humaine du son. Pour éviter cela, le système de dissuasion des chauves-souris de NRG ne produit pas de sons inférieures à 20 kHz.

Chaque système de dissuasion des chauves-souris NRG comprend plusieurs unités de dissuasion des chauves-souris (BDU) qui génèrent les ultrasons. Chaque EDR est composée de six « haut-parleurs » individuels à semi-conducteurs qui sont isolés du

éléments afin qu'ils puissent survivre à l'environnement difficile sur le dessus de la turbine. Ces haut-parleurs créent des ultrasons dans différentes bandes de fréquences. L'énergie acoustique émise est focalisée devant les enceintes, créant un « cône » de bruit ultrasonore incroyablement fort.

Pour obtenir une couverture complète de la zone balayée par le rotor, plusieurs unités de dissuasion des chauves-souris sont montées sur la nacelle, projetant les ultrasons vers l'extérieur. Lorsqu'une chauve-souris s'approche de cet espace aérien, elle est exposée à des niveaux croissants de bruit ultrasonore. Plus la chauve-souris se rapproche de la nacelle, plus l'intensité du bruit est importante, ce qui dissuade de rester dans l'espace aérien. Cette dissuasion éloigne l'activité des chauves-souris de la zone balayée par le rotor, réduisant ainsi la probabilité d'une collision involontaire.

Il est important de noter que le bruit ultrasonore ne s'étend pas au-delà de la zone balayée par le rotor de la turbine. Les chauves-souris ne sont exclues de l'espace aérien que là où il y a

risque de collision et sont libres de voler et de se nourrir sous la zone de balayage du rotor, y compris autour de la base de la turbine.



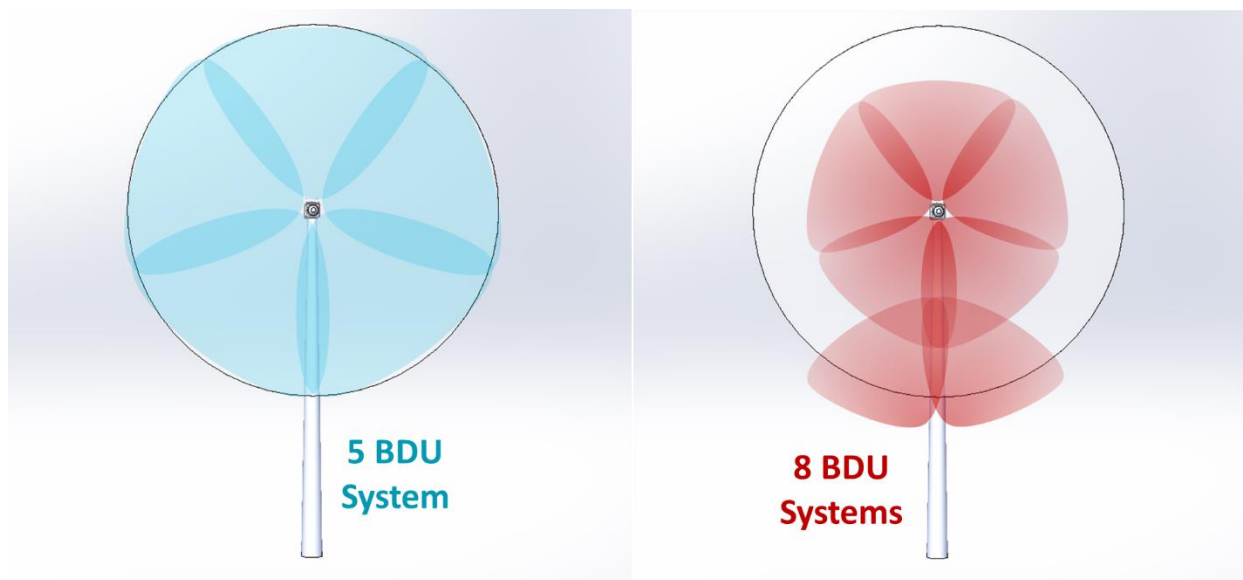
Unités de dissuasion des chauves-souris montées sur la nacelle d'une éolienne.



Développement d'un système de dissuasion acoustique des chauves-souris à ultrasons pour l'industrie éolienne

Configurations du système

Pour fournir une couverture maximale de la zone de balayage du rotor, deux configurations différentes du système ont été créées et testées : un système qui a 5 BDU montés sur la nacelle de la turbine uniquement, et un autre système avec 5 BDU sur la nacelle de la turbine et 3 EDR supplémentaires sur la tour. Compte tenu de chaque modèle sonore de l'unité de dissuasion des chauves-souris, l'effet est de fournir une couverture acoustique qui se chevauche sur l'ensemble du plan du rotor, comme le montre l'illustration ci-dessous.



L'illustration de gauche montre le modèle sonore du système 5 BDU avec tous les ultrasons émanant de la nacelle. L'illustration de droite montre le modèle sonore du système à 8 EDR où il y a les mêmes ultrasons émanant de la nacelle, mais il est également complété par les ultrasons des EDR montées sur tour.

Tests de validation de dissuasion

En 2018, NRG a travaillé avec des opérateurs et des chercheurs sur deux centrales éoliennes opérationnelles pour prouver l'efficacité du système de dissuasion des chauves-souris à réduire la mortalité des chauves-souris. Ces études ont comparé la mortalité directe des turbines de contrôle et des turbines de traitement utilisant le système de dissuasion des chauves-souris NRG. Toutes les turbines incluses dans les études ont été recherchées pour les carcasses de chauves-souris en utilisant de grandes parcelles (rayon de 80 m à 100 m). Les détails de chaque étude sont présentés ci-dessous.

Étude de l'Illinois

L'étude dans l'Illinois a comparé 15 turbines de contrôle qui fonctionnaient normalement sans réduction à 15 turbines de traitement qui avaient le système de 8 EDR installé plus une réduction de la vitesse d'enclenchement de 5,0 m/s appliquée. Les turbines ont été fouillées tous les trois jours pendant 10 semaines pendant la saison de migration automnale des chauves-souris. Les estimations de mortalité qui comprenaient des corrections pour l'efficacité du chercheur et la persistance des carcasses ont été

Illinois - 8DU + 5 m/s	% Redux
LE TOTAL	67%
Rouge de l'Est (LABO)	58%
Blanc (LACI)	71%
Aux cheveux d'argent (LANO)	72%
Big Brown (EPFU)	94%

* basé sur >500 carcasses récupérées



Développement d'un système de dissuasion acoustique des chauves-souris à ultrasons pour l'industrie éolienne

estimée et la réduction de la mortalité a ensuite été calculée. Les réductions obtenues sont indiquées dans le tableau ci-dessus.

Bien que les résultats des systèmes de dissuasion des chauves-souris plus la réduction soient intéressants, il est important de déterminer l'avantage supplémentaire des systèmes de dissuasion des chauves-souris. Dans ce cas, une étude de réduction a été réalisée dans une centrale éolienne adjacente la même année, il existe donc une étude de référence qui peut être utilisée pour séparer la contribution de la réduction et du système de dissuasion des chauves-souris. La réduction obtenue par la réduction seule peut être trouvée dans la colonne intitulée « 5 m/s » dans le tableau ci-dessous.

Illinois	8DU + 5m/s Réduction	5 m/s Réduction	Incrémentale Réduction
LE TOTAL	67%	43%	42%
Rouge de l'Est (LABO)	58%	39%	32%
Blanc (LACI)	71%	65%	17%
Aux cheveux d'argent (LANO)	72%	15%	67%

L'augmentation de la vitesse du vent de coupure de 3,0 m/s à 5,0 m/s à elle seule a permis de réduire la mortalité des chauves-souris d'environ 43 % sur le site pour toutes les espèces de chauves-souris. Le traitement combiné de coupure de 5,0 m/s et du système de dissuasion des chauves-souris a réduit la mortalité des chauves-souris de 68 %, ce qui représente une réduction de 42 % de la mortalité. Ceci a une valeur de conservation significative et a fourni des gains plus importants avec certaines espèces qui ne sont pas considérablement réduits par la seule réduction. Par exemple, sous le régime de réduction de 5,0 m/s, la mortalité des chauves-souris argentées n'a été réduite que de 15 %. L'ajout du système de dissuasion des chauves-souris a permis d'augmenter l'efficacité de 67 %, entraînant une réduction de la mortalité de 72 %. L'impact sur la chauve-souris rousse de l'Est a également été amélioré, passant d'une réduction de 39 % à une réduction de 58 %, augmentant l'efficacité de 32 %.

Étude du Texas

L'étude au Texas n'était pas le modèle commun contrôle fixe versus traitement. Au lieu de cela, il a utilisé une conception de blocs aléatoires avec la turbine comme facteur de blocage et la nuit turbine comme unité d'échantillonnage. La randomisation a été contrainte pour s'assurer que chaque turbine a reçu chaque traitement le même nombre de fois au cours de l'étude.

Pour cette conception d'essai, les 16 turbines de l'étude étaient équipées d'un système de 5 EDR, mais au cours d'une nuit donnée, seuls 8 des systèmes de dissuasion des chauves-souris étaient opérationnels. Cela a créé 8 turbines de contrôle (système de dissuasion désactivé) et 8 turbines de traitement (système de dissuasion activé) chaque nuit. Cette conception de l'étude nécessite des recherches quotidiennes afin que les décès puissent être attribués à un traitement spécifique. Les parcelles de recherche avaient un rayon de 100 m et les transects étaient espacés de 5 m.

Cette étude était également unique en ce qu'elle a été menée pendant deux ans sur les mêmes turbines. Comme il n'y avait pas de différence statistique entre les années, les deux ensembles de données ont pu être combinés pour fournir une puissance statistique plus élevée. Il est également important de noter qu'il a fourni la preuve qu'il n'y avait pas eu d'accoutumance ou de réduction de l'efficacité de la dissuasion au cours des deux années.

Les systèmes de dissuasion des chauves-souris ont eu un effet significatif sur les décès, avec une réduction globale de 50 % sur les deux années. Des réductions statistiquement significatives notables pour les chauves-souris brésiliennes à queue libre (54 %) et les cendrées



Développement d'un système de dissuasion acoustique des chauves-souris à ultrasons pour l'industrie éolienne

des chauves-souris (78%) ont été observées. Il est important de noter que les réductions indiquées pour les chauves-souris jaunes du Nord et du Sud ne sont pas statistiquement significatives et ne doivent pas être interprétées comme ne montrant aucun effet dissuasif pour l'une ou l'autre des chauves-souris.

Texas Site - 5DU (2017/2018)	Control	Deterrent	% Redux
TOTAL	418	209	50%
Brazilian Free-tail (TABR)	334	152	54%
Hoary (LACI)	36	8	78%
Northern Yellow (LAIN)	27	22	19%
Southern Yellow (LAEG)	11	14	-27%

Conclusion

Le développement d'une dissuasion acoustique à ultrasons efficace est extrêmement important pour l'industrie éolienne, à la fois en termes d'efforts de conservation et d'optimisation de la production d'énergie. Les études susmentionnées montrent que le système de dissuasion des chauves-souris de NRG est un outil de minimisation éprouvé pour les chauves-souris en Amérique du Nord et fournit aux développeurs et aux opérateurs éoliens une alternative puissante à la seule réduction. L'étude de l'Illinois prouve que les systèmes de dissuasion des chauves-souris ont un effet additif significatif lorsqu'ils sont utilisés conjointement avec un faible niveau de réduction. Pendant ce temps, l'étude du Texas est importante car elle prouve que les chauves-souris brésiliennes à queue libre réagissent mieux aux ultrasons qu'à la réduction, ce qui a eu peu d'effet sur l'espèce (Arnett et al. 2013), faisant du système de dissuasion des chauves-souris le premier outil de minimisation éprouvé pour cette chauve-souris spécifique.

L'installation commerciale des systèmes de dissuasion des chauves-souris de NRG est en cours dans des parcs éoliens à travers les États-Unis. En gardant les chauves-souris hors de danger dans les éoliennes, cette technologie permet aux opérateurs et développeurs éoliens de produire de l'énergie renouvelable tout en protégeant la viabilité financière de leurs projets en atténuant le besoin de vitesses de vent plus élevées. Ceci est crucial pour lutter contre le changement climatique et créer un environnement plus sûr pour tous.

Pour plus d'informations sur NRG Systems ou son système de dissuasion des chauves-souris, veuillez contacter

chauves-souris@nrqsystems.com.



LES RÉFÉRENCES

Arnett, E.; Brown, W. ; Erickson, W. ; Fiedler, J.; Hamiltons, B.; Henri, T. ; Jain, A.; Johnson, G.; Kerns, J.; Koford, R.; Nicholson, C.; O'Connell, T.; Piorkowski, M.; Tankersley, R. Jr. (2008). Modèles de mortalité des chauves-souris dans les installations d'énergie éolienne en Amérique du Nord. *Le Journal de la gestion de la faune*, 72 (1), 61-78. EST CE QUE JE:
10.2193/2007-221

Arnett, E.; Johnson, G.; Erickson, W. ; Hein, C. (2013). Une synthèse des études d'atténuation opérationnelles pour réduire la mortalité des chauves-souris dans les installations d'énergie éolienne en Amérique du Nord. Rapport de Bat Conservation International et Western Ecosystems Technology Inc (WEST). page 38.

Arnett, E.; Baerwald, E.; Mathews, F.; Rodrigues, L. ; Rodríguez-Durán, A.; Rydell, J.; Villegas-Patrace, R.; Voigt, C. (2016). Impacts du développement de l'énergie éolienne sur les chauves-souris : une perspective mondiale. *Les chauves-souris dans l'Anthropocène : la conservation des chauves-souris dans un monde en mutation* (pp. 295-323). Éditions internationales Springer.

Carl Ostridge & Chris Farmer (2018) "Comprendre les coûts de la réduction des chauves-souris." AWEAWind Project Siting & Environmental Compliance Conference, 20 mars 2018, The Guest House at Graceland, Memphis, TN

Corcoran, AJ, Barber, JR et Conner, WE (2009). La teigne du tigre bloque le sonar de chauve-souris. *Sciences* 325, 325-327.

Corcoran, AJ, Jesse R. Barber, Nickolay I. Hristov, William E. Conner. *Journal de biologie expérimentale* 2011 214 : 2416-2425

Cryan, P. ; Barclay, R. (2009). Causes des décès de chauves-souris dans les éoliennes : hypothèses et prévisions. *Journal of Mammalogy*, 90 (6), 1330-1340.

Cryan et al. (2014) « Comportement des chauves-souris dans les éoliennes » *PNAS* | 21 octobre 2014 | vol. 111 | non. 42

Frick, W. ; Baerwald, E.; Pollock, J. ; Barclay, R.; Szymanski, J.; Weller, T.; Russell, A.; Loeb, S.; Medellin, R.; McGuire, L. (2017). Les décès dans les éoliennes peuvent menacer la viabilité de la population d'une chauve-souris migratrice. *Conservation biologique*, 209, 172-177. DOI : 10.1016/j.biocon.2017.02.023

Humboldt State University Bat Lab (2011) Caractéristiques d'appel d'écholocation des chauves-souris de l'Est des États-Unis, extrait :

http://www.sonobat.com/download/EasternUS_Acoustic_Table_Mar2011.pdf

Kunz, T.; Arnett, E.; Erickson, W.; Hoar, A.; Johnson, G.; Larkin, R.; Stickland, M. ; Batteuse, R.; Tuttle, M. (2007). Impacts écologiques du développement de l'énergie éolienne sur les chauves-souris : questions, besoins de recherche et hypothèses. *Frontières en écologie et environnement*, 5(6), 315-324.

Rydell, J.; Bach, L.; Dubourg-Savage, M. ; Vert, M. ; Rodrigues, L. ; Hedenstrom, A. (2010). La mortalité des chauves-souris dans les éoliennes est-elle liée à la migration nocturne des insectes ?. *Journal européen de recherche sur la faune*, 56(6), 823-827.

Rydell, J.; Engström, H. ; Hedenstrom, A.; Larsen, J.; Pettersson, J.; Vert, M. (2012). L'effet de l'énergie éolienne sur les oiseaux et les chauves-souris - Une synthèse. Rapport de Vindval. page 152.



Développement d'un système de dissuasion acoustique des chauves-souris à ultrasons pour l'industrie éolienne

Szewczak, J.; Arnett, E. (2006). Résultats préliminaires d'essais sur le terrain d'un moyen de dissuasion acoustique ayant le potentiel de réduire la mortalité des chauves-souris causée par les éoliennes. Rapport de Bat Conservation International et Humboldt State University, page 7.

Voigt, C.; Lehnert, L.; Petersons, G.; Adorf, F.; Bach, L. (2015). Faune et énergie renouvelable : les chauves-souris migratrices croisées de la politique allemande. Journal européen de la recherche faunique, 61(2), 213-219. EST CE QUE JE:
10.1007/s10344-015-0903-y