Un développement éolien respectueux de l'environnement : plus de 20 ans d'expérience en Wallonie

Arnaud Beckers, Catherine Dubois et Félix Schmidt
CSD Ingénieurs Conseil SA

Vingt ans après la construction des premiers parcs éoliens en Wallonie, se pose maintenant la question de leur remplacement par de nouvelles éoliennes plus performantes. C'est l'occasion de dresser un bilan du développement éolien dans cette région, de faire part des enjeux rencontrés et de partager notre expérience, en particulier dans l'étude des impacts sur la faune et la mise en place de solutions pour concilier énergie éolienne et biodiversité.

Le développement éolien en Wallonie : historique et enjeux

En Wallonie, la première grande éolienne a été implantée en 1998. D'une puissance nominale de 0,5 MW et d'une hauteur totale de 82 m, elle a été rejointe après cinq ans par des parcs éoliens de plusieurs turbines, plus hautes et plus puissantes. Ainsi, le parc de Sainte-Ode (6 éoliennes, 2002), le parc de Butgenbach (4 éoliennes, 2003) et le parc de Gembloux-Sombreffe (6 éoliennes, 2003), avec leurs turbines de 1,25 à 2 MW de puissance nominale et d'environ 120 m de hauteur totale, ont véritablement donné le coup d'envoi du développement du grand éolien en Wallonie.

Durant les deux décennies qui ont suivi, ce développement s'est poursuivi jusqu'à atteindre un total de 561 éoliennes implantées en Wallonie, en 2023. Elles sont regroupées en 143 parcs, pour une puissance totale installée de 1,422 MW, soit de quoi générer l'équivalent de la consommation électrique annuelle de plus de 750 000 ménages wallons. Ces chiffres sont à mettre en relation avec la taille du territoire wallon (16,901 km²) et sa densité de population (217,8 habitants / km² au 01/01/2023).

Les avancées technologiques ont apporté des turbines de plus en plus puissantes et de plus en plus grandes. Parmi les derniers parcs éoliens construits, citons ainsi les parcs éoliens de Courrière et de Sainte-Ode/Bertogne (2023), avec leurs machines de 3,6 MW de puissance nominale et de 180 m de hauteur totale. Les nouveaux projets en développement visant même, pour certains, des éoliennes de 6 MW de puissance nominale et de 230 m de hauteur totale.

Mais l'évolution du secteur éolien ne se résume pas au nombre de turbines implantées, à leur hauteur ou à leur puissance.

En plus de vingt ans, pour soutenir et encadrer ce développement, les gouvernements wallons successifs ont progressivement mis en place des politiques de subventions, fixé des objectifs énergétiques et défini des cadres réglementaire et stratégique. L'un des principaux

écueils auxquels est confronté le développement du secteur éolien est l'insécurité juridique relative aux procédures d'octroi de permis. Ainsi, actuellement, 55 projets (pour un total de 680 MW de puissance installée) sont en recours au Conseil d'État et bloqués parfois pour plusieurs années.

Tout récemment, sous l'impulsion du plan européen REPowerEU et des documents législatifs associés (Règlement temporaire UE 2022/2577 du 22/12/2022 et Directive UE 2023/2413 du 18/10/2023) qui reconnaissent que le développement des énergies renouvelables constitue un intérêt public supérieur et que l'indépendance énergétique reste un objectif d'intérêt général, le Gouvernement wallon a revu à la hausse ses objectifs de production d'énergie éolienne, actualisé sa politique en la matière et renouvelé son Cadre de référence Eolien pour :

- permettre aux développeurs d'installer les meilleures technologies disponibles ;
- permettre d'accélérer les procédures d'octroi et la résolution rapide et définitive des procédures de recours ;
- favoriser l'implication des communes et des citoyen·ne·s dans les projets éoliens afin d'améliorer l'acceptation sociale.

Parallèlement, depuis le début des années 2000, les retours d'expérience et la recherche appliquée ont permis d'améliorer les critères d'implantation des éoliennes et de développer des solutions pour éviter, réduire ou compenser les impacts des éoliennes sur l'environnement et la population.

Les principaux impacts des projets éoliens en Wallonie concernent la modification des paysages, les nuisances acoustiques et d'ombre mouvante pour les riverain·e·s, ainsi que les risques de mortalité et d'effarouchement de la faune volante.

En ce qui concerne l'impact sur les paysages, et compte tenu de la taille et de la visibilité des turbines, le premier (et quasi le seul) levier d'action pour éviter et réduire l'impact est le choix réfléchi de la localisation des turbines sur le territoire. Zones d'intérêt ou sensibles à éviter, sites à privilégier, disposition des éoliennes par rapport aux lignes de force du paysage, positionnement relatif des différents parcs entre eux et agencement des éoliennes entre elles : tels sont les principaux critères d'implantation à considérer pour un développement éolien respectueux des objectifs de la politique paysagère.

Concernant les nuisances acoustiques et d'ombre mouvante, la Région wallonne s'est progressivement dotée d'un cadre réglementaire pour :

- définir les méthodologies ou au minimum les grandes hypothèses de modélisation des nuisances au stade de l'étude du projet éolien ;
- fixer les valeurs seuils maximales que les parcs éoliens doivent respecter ;
- mettre en place des procédures de suivi et contrôle. En réponse, des solutions techniques ont été apportées par les constructeurs de turbines afin de pouvoir respecter les valeurs seuils réglementaires tout en minimisant les pertes de production électrique. Ainsi, le bridage acoustique des éoliennes et les modules d'arrêt pour l'ombre sont maintenant implémentés pour concilier le confort des habitant·e·s et la production d'énergie éolienne.

Le suivi de parcs éoliens en exploitation permet non seulement le contrôle du respect de la réglementation, mais apporte aussi une validation des résultats des modélisations et de l'efficacité des bridages et modules mis en place. L'expérience montre qu'actuellement les riverain·e·s se plaignent surtout de nuisances acoustiques dans les zones très calmes du territoire, la nuit et lors de conditions météorologiques particulières. Quant aux nuisances d'ombre mouvante, elles demeurent majoritairement ponctuelles et peuvent être aisément réduites par un module d'arrêt avec une perte de production limitée. Seuls les cas particuliers d'éoliennes implantées à grande proximité d'immeubles de bureaux ou d'ateliers vitrés peuvent être plus problématiques et nécessitent une approche spécifique.

Enfin, la question des impacts sur la faune volante est, sans conteste, celle qui mobilise le plus, car elle consiste en un risque de mortalité d'espèces parfois protégées, voire parfois peu connues. Cependant, le potentiel de développement de solutions reste grand.

L'impact des éoliennes sur la faune

Les principaux impacts de l'énergie éolienne sur la nature concernent généralement les oiseaux et les chauves-souris. Le premier impact qui vient à l'esprit est la mortalité par collision avec les pales. Chez les oiseaux, les études montrent que, de manière générale, cette mortalité est relativement limitée. Une synthèse réalisée par la ligue française pour la protection des oiseaux, basée sur l'étude détaillée de huit parcs existants, a estimé à sept individus le nombre moyen d'oiseaux tués par éolienne et par an (minimum 0,3, maximum 18,3) (Marx, 2017). Concernant les espèces impactées, elles varient fortement d'un parc à l'autre et reflètent, sans surprise, le cortège d'espèces présentes sur les différents sites. En France toujours, si l'on considère les chiffres de manière absolue, ce sont les passereaux migrateurs comme le roitelet triple bandeau et le martinet noir qui ont été le plus souvent retrouvés sous les éoliennes.

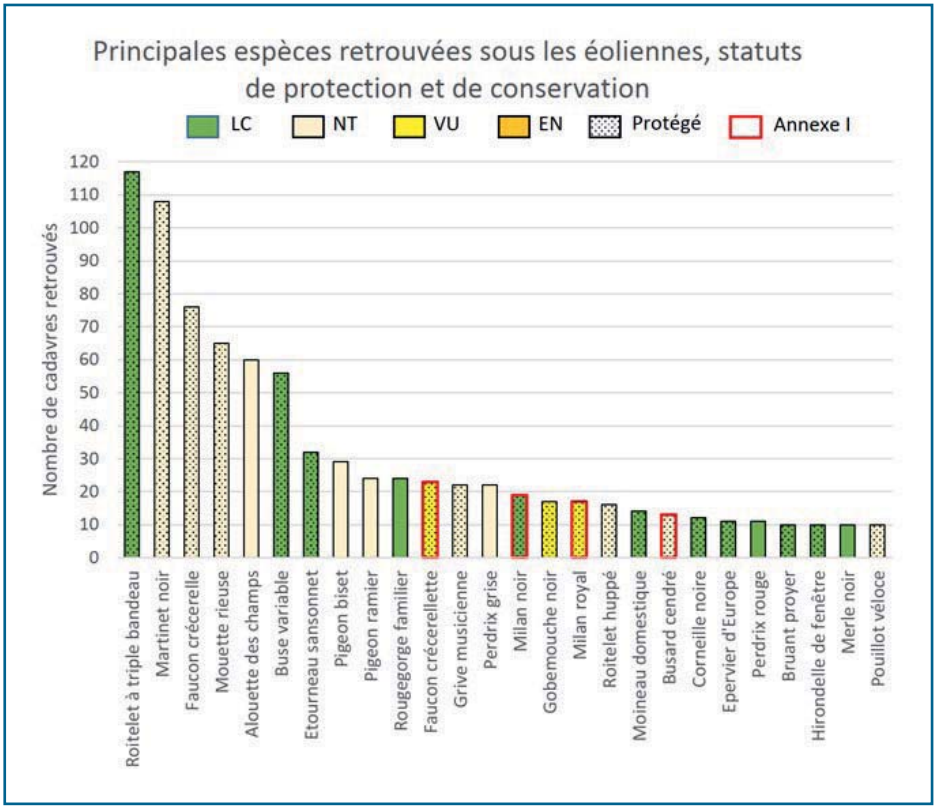

Illustration 1 : Principales espèces d'oiseaux retrouvées mortes sous les éoliennes en France et leur statut de protection et de conservation en France. (Source : Marx, 2017)

Les rapaces diurnes (faucon crécerelle et crécerellette, milans noir et royal, busard cendré, buse variable, etc.) sont en revanche les premières victimes des éoliennes au regard de leurs effectifs de population. En Suisse, une étude menée sur trois éoliennes dans le Jura a également montré que la mortalité concernait majoritairement des petits passereaux migrateurs nocturnes, dont les roitelets (Aschwanden et al. 2018). Sur ce site, la mortalité a été estimée à vingt individus par éolienne sur une durée de huit mois. Les auteur·rice·s n'ont pas mis en évidence de lien entre l'intensité de la migration et l'occurrence des collisions. Ils suspectent plutôt que ce soient les mauvaises conditions de visibilité comme le brouillard qui favorisent la mortalité. En Belgique, les données sur le sujet sont encore fragmentaires, mais les relevés menés par CSD Ingénieurs ont surtout mis en évidence la mortalité de rapaces diurnes, tandis que les passereaux migrateurs sont très rarement retrouvés. Un constat similaire a été dressé dans les plaines agricoles du nord de l'Allemagne (Grunkorn et al. 2016).

Illustration 2 : Noctule de Leisler retrouvée morte sous une éolienne en Wallonie. (Photo : Julie Pittoors, CSD)

Au-delà du nombre absolu d'oiseaux tués par les éoliennes sur un territoire donné, une question difficile à étudier et pourtant cruciale reste celle de l'impact sur les populations d'oiseaux dans leur ensemble. Concernant les petits passereaux européens, ces espèces sont caractérisées par un effectif européen très important, un fort taux de reproduction et un taux de mortalité naturelle très élevé. Par conséquent, on pense actuellement que la mortalité additionnelle induite par les éoliennes a peu d'impacts sur les populations de ces espèces (Erickson et al., 2014). Ce sentiment mériterait néanmoins d'être objectivé par des études spécifiques à l'échelle de l'Europe, notamment au vu de la croissance très importante du nombre d'éoliennes dans certains pays comme l'Allemagne qui comptait 28 443 éoliennes terrestres (Lauer, 2023). Concernant les rapaces par contre, un impact significatif à l'échelle de certaines populations de buses variables et de milans royaux a déjà été suspecté dans des régions à forte densité d'éoliennes comme le Brandenburg (Bellebaum et al. 2013).

Concernant les chauves-souris, les dernières études européennes suggèrent une mortalité moyenne d'environ 14 individus par éolienne et par an, et jusqu'à 70 individus par éolienne sur seulement deux mois (août et septembre) pour de petites éoliennes de 100 m de hauteur totale dans la région de Berlin. En Wallonie, l'étude la plus poussée à ce jour a conclu à une mortalité moyenne de l'ordre de huit individus par éolienne par an en milieu agricole ouvert (Rico et Lagrange 2016). Les espèces les plus impactées sont

celles qui chassent à grande hauteur comme la pipistrelle commune, la pipistrelle de Nathusius et la noctule commune. L'impact de cette mortalité sur les populations est mal connu. Contrairement à beaucoup d'oiseaux, les chauves-souris n'élèvent souvent qu'un seul jeune par an, et ont peu de prédateurs. L'impact d'une source de mortalité nouvelle comme les éoliennes peut donc être problématique. En France, où le programme de monitoring VigieChiro est en place depuis 2006, un déclin alarmant de 88 % entre 2006 et 2019 a été mis en évidence pour la noctule commune. L'éolien est considéré comme potentiellement responsable de ce déclin.

À côté de l'impact lié à la mortalité directe, les éoliennes produisent aussi des effets dit d'effarouchement et « barrière » sur certaines espèces d'oiseaux et de chauves-souris (Tolvanen et al. 2023, Ellerbrok et al., 2022). Les espèces habituées aux grandes étendues plates sans arbres comme les milieux de steppe ou de grande culture sont celles qui ont le plus tendance à éviter les parcs éoliens. Ces effets induisent une perte d'habitat parfois non négligeable. Ceci pourrait aussi menacer les espèces forestières très sensibles au dérangement, comme la cigogne noire ou le grand tétras.

Un cadre pour éviter, réduire et compenser les impacts sur la faune

Consciente de ces risques pour la faune, la Région wallonne a mis en place, dès les années 2010, des lignes directrices pour la prise en compte de la biodiversité dans le

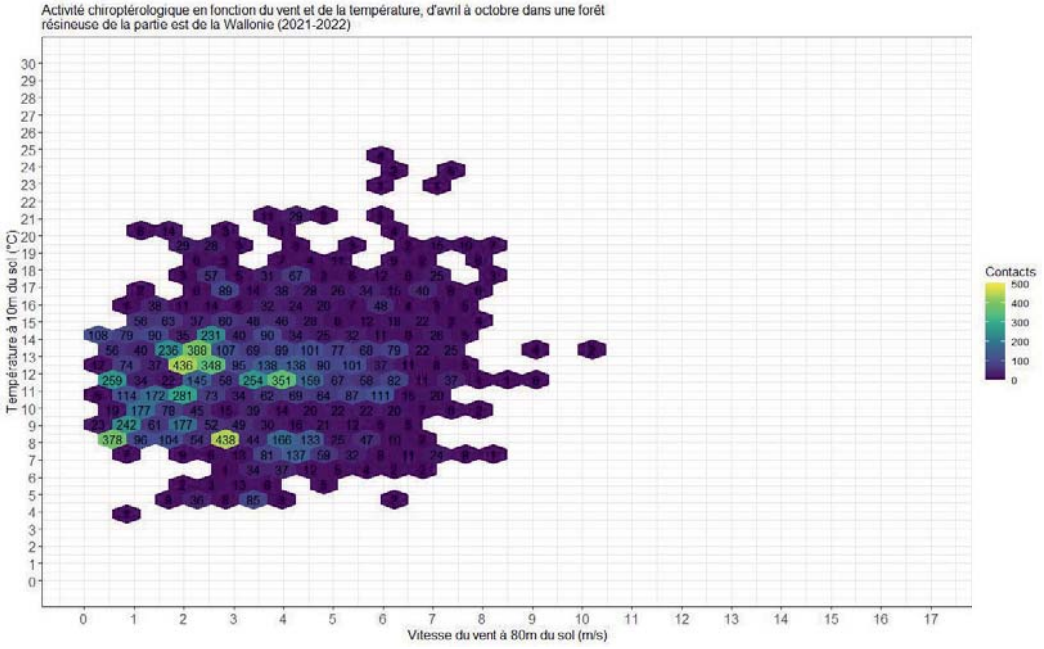

Illustration 3 : Représentation de l'activité des chauves-souris à hauteur du rotor d'une éolienne en projet sur un site forestier en Wallonie. Les nombres et les couleurs indiquent le nombre de « contacts » (séquences sonores de maximum 5 secondes) de chauves-souris enregistrés durant une saison (avril à octobre) par gamme de vitesse de vent et de température. (Source : CSD, 2022)

Illustration 4 : Busard pâle en chasse au-dessus d'une mesure de compensation éolienne consistant en une bande enherbée gérée extensivement, à Boneffe, (Photo : B.Touchard, CSD)

cadre des projets éoliens. Ce document, qui s'est étoffé au cours du temps, a été établi de manière concertée par l'administration régionale et la fédération des développeurs éoliens. Il précise toute une série de précautions à prendre concernant l'implantation d'éoliennes, ainsi que les mesures d'atténuation et de compensation à réaliser.

La stratégie qui doit être suivie autant que possible est la séquence « éviter — réduire — compenser ». Il s'agit donc en premier lieu d'éviter d'implanter des éoliennes dans des sites abritant les espèces les plus sensibles. Sur cet axe, une tentative de cartographie de « zones d'exclusion pour l'éolien » a été menée en 2013 par le Gouvernement wallon. Elle n'a jamais abouti sur le plan légal, faute d'accord entre les différents niveaux de pouvoirs concernés. Néanmoins, les documents cartographiques produits à l'époque sont encore utilisés aujourd'hui par les bureaux d'étude pour évaluer les enjeux des projets au regard de la biodiversité. Ils sont également utilisés par l'administration en charge de la protection de la nature pour motiver ses avis.

Une fois l'étape de l'évitement analysée, il importe de mettre en œuvre des mesures atténuant autant que possible les impacts sur les espèces. Une mesure souvent peu contraignante pour l'exploitant des éoliennes est leur arrêt durant les nuits chaudes et peu venteuses, conditions très

Illustration 5 : Vue d'une éolienne équipée d'un système intelligent de détection de l'avifaune. À gauche : vue générale ; à droite : vue rapprochée sur une unité d'observation comportant deux caméras, l'une pointant vers le ciel et l'autre vers l'horizon. Parc éolien de Molenbaix. (Photo : A. Beckers, CSD)

favorables à l'activité des chauves-souris et peu favorables à la production d'électricité. La Wallonie est sur ce point très exigeante puisqu'un texte légal impose depuis 2021 que chaque éolienne soit arrêtée durant 90 % des périodes de présence des chauves-souris à hauteur des rotors. Ces arrêts sont déclenchés par un module spécifique paramétré dans le cadre de l'étude d'impact.

Même équipée de systèmes d'atténuation comme les modules d'arrêt, une éolienne aura souvent encore un impact résiduel sur la faune. La stratégie wallonne à ce sujet est de compenser ces impacts résiduels par la mise en œuvre de mesures spécifiques améliorant les habitats sur des sites à l'écart des éoliennes. En milieu agricole intensif, ces mesures consistent souvent en la mise en place de bandes enherbées gérées extensivement (fauche tardive, pas de pesticides, pas d'engrais chimique) et de couverts nourriciers permettant aux oiseaux de trouver de la nourriture en hiver (froment, radis, etc. laissés sur pied). Les surfaces concernées atteignent généralement 1 à 3 ha par éolienne en fonction de l'importance des impacts résiduels.

Des outils innovants pour atténuer les risques pour les oiseaux

Plusieurs solutions techniques existent pour atténuer l'impact sur la faune, en particulier le risque de mortalité par collision. Pour les chauves-souris, les « modules d'arrêt », basés sur une mesure en temps réel des conditions météorologiques, ont été décrits plus haut. Pour les oiseaux, et en particulier les rapaces, il existe depuis plusieurs années des systèmes qui arrêtent ou ralentissent les éoliennes lorsque la présence de certaines espèces est avérée. Ces systèmes se basent sur des capteurs installés soit sur le mât des éoliennes, soit au sol au sein des parcs éoliens. Les systèmes les plus courants utilisent des caméras « classiques », utilisant la lumière visible, qui surveillent en permanence

le ciel aux alentours des éoliennes. Un algorithme identifie automatiquement des « objets » dans le ciel et les classe. Certains algorithmes sont capables d'identifier les espèces. L'utilisateur·rice détermine dans quelle situation un arrêt ou un ralentissement doit être enclenché, par exemple chaque fois qu'un « rapace de grande taille » est détecté, ou uniquement en cas d'intrusion de certaines espèces. On peut distinguer deux grandes catégories de systèmes :

- ceux qui mesurent la distance qui sépare la cible des éoliennes les plus proches (entre autres les produits « Bird detection system® » de la société états-unienne Identiflight et « BPS® » de la société polonaise Bioseco) ;
- ceux qui estiment la distance sur base de la taille apparente de l'oiseau, voire ne l'estiment pas du tout (le système espagnol DT Bird®, les systèmes français ProBird® de Sens of Life et SafeWind® de Biodiv-Wind, ...).

CSD Ingénieurs a eu l'opportunité de mesurer les performances d'un de ces systèmes pendant plusieurs semaines sur un parc éolien

Illustration 6 : Recherche systématique de cadavres de chauves-souris menée par le berger belge « Vasco » et sa conductrice Julie Pittoors sur le parc éolien de Marbais. (Photo : CSD)

en Wallonie. L'objectif était d'une part de mesurer la distance de détection des oiseaux par le système, et d'autre part d'évaluer sa capacité à déclencher un ralentissement du rotor lorsqu'un oiseau était détecté. Le test a été réalisé en comparant les intrusions d'oiseaux détectées automatiquement par le système à une « vérité terrain » constituée des observations réalisées au même moment sur le site par deux ornithologues. Les résultats ont montré une distance de détection de l'ordre de 125 m pour les oiseaux de la taille d'une buse variable ou d'un goéland brun. Lorsque des espèces « cibles » sont passées dans ce rayon de 125 m autour de l'éolienne, le système a bien déclenché un ralentissement du rotor. Ces résultats suggèrent que les performances de l'outil sont suffisantes pour réduire significativement le risque de collision pour des oiseaux de grande taille comme certains busards, la buse variable ou les milans, en particulier lorsqu'ils utilisent les ascendances thermiques, leur approche de l'éolienne restant alors assez lente.

La Suisse n'est pas en reste concernant ces systèmes puisqu'un autre modèle, le système « BPS » de Bioseco, avait été testé précédemment par la station ornithologique de Sempach à la demande du centre pour la recherche sur l'énergie solaire et l'hydrogène du Baden-Württemberg (Aschwanden et Liechti, 2019). D'autres tests ont été menés en Europe, notamment en France et en Suède, mais leurs résultats sont malheureusement souvent restés confidentiels.

On notera aussi qu'en ce qui concerne les oiseaux actifs la nuit, les technologies d'imagerie radar, thermique ou infrarouge se développent aussi. Des retours documentés sur leur efficacité sont très attendus par les développeurs éoliens, les bureaux d'études et les pouvoirs publics.

La recherche continue…

En parallèle au développement de méthodes d'atténuation, il est important de poursuivre l'étude des impacts des éoliennes afin d'affiner les connaissances et d'assurer que le développement éolien ne se fera pas au détriment de la biodiversité. Sur ce sujet, la recherche systématique de cadavres d'oiseaux et de chauves-souris reste une étape incontournable. Elle est souvent réalisée par une personne à pied, qui inspecte minutieusement une surface d'une centaine de mètres de côté centrée sur l'éolienne en réalisant des cercles concentriques distants de 5 à 10 m. Cette méthode demeure souvent peu efficace, surtout lorsque le couvert végétal limite la visibilité.

Une méthode alternative est depuis peu mise en œuvre par notre équipe : la recherche assistée par un chien spécialement formé à la détection olfactive de cadavres d'oiseaux et de chauves-souris. Les performances du chien sont impressionnantes. Il est par exemple capable de trouver dans un champ récemment moissonné un fragment d'aile de chauves-souris de moins de dix centimètres carrés, et même d'identifier des endroits où aucune chauve-souris n'est visible, mais où un cadavre a séjourné quelques heures et a laissé son odeur avant de se faire emporter par un charognard !

La Wallonie finance également plusieurs projets de recherche sur le sujet. Citons une étude par GPS sur les hauteurs de vol d'une des plus grandes espèces de chauves-souris de Wallonie, le grand murin, une étude sur l'impact des éoliennes sur le milan royal, ou encore un projet de recherche sur l'efficacité des mesures de compensation pour les oiseaux des champs.

En conclusion

Après ces deux premières décennies de développement, la Wallonie et tous les acteurs du secteur éolien disposent maintenant d'une expérience significative pour faire face aux nouveaux défis : accélérer le développement pour atteindre des objectifs énergétiques plus ambitieux, suivre l'évolution technologique en implantant des turbines plus grandes et plus puissantes et continuer à préserver le cadre de vie et l'environnement. Sur le plan de la biodiversité, la réduction de

l'impact sur les chauves-souris est probablement l'enjeu majeur du secteur éolien pour les décennies à venir.

Depuis 20 ans, nous nous inspirons de l'expérience d'autres pays parfois plus avancés dans le développement éolien ou la recherche. Et, à notre tour, nous contribuons à l'échange des connaissances acquises et des solutions développées. Ces échanges d'expérience sont essentiels pour que chaque région puisse développer au mieux son potentiel éolien au regard de ses propres spécificités territoriales et objectifs environnementaux.

Références

Aschwanden, J. & Liechti, F. (2019). Test of the automatic bird detection system BPS on the test field of WindForS in the context of nature conservation research (NatForWINSENT). *Schweizerische Vogelwarte*, Sempach, 38 p.

Aschwanden, J., Stark, H., Peter, D., Steuri, T., Schmid, B., & Liechti, F. (2018). Bird collisions at wind turbines in a mountainous area related to bird movement intensities measured by radar, *Biological Conservation*, 220, 228-236, ISSN 0006-3207, https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.01.005.

Bellebaum, J., Korner-Nievergelt, F., Dürr, T., & Mammen, U. (2013). Wind turbine fatalities approach a level of concern in a raptor population, *Journal for Nature Conservation*, 21 (6), 394-400, ISSN 1617-1381, https://doi.org/10.1016/j.jnc.2013.06.001.

Erickson, W. P., Wolfe, M.M., Bay, K. J., Johnson, D.H, & Gehring, J.L. (2014) A Comprehensive Analysis of Small-Passerine Fatalities from Collision with Turbines at Wind Energy Facilities. *PLoS ONE 9*(9): e107491. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107491

Grünkorn, T., J., Blew, T., Coppack, O., Krüger, G., Nehls, A., Potiek, M., Reichenbach, J., Von Rönn, Timmermann, H. & Weitekamp, S. (2016): *Ermittlung der Kollisionsraten von (Greif)Vögeln und Schaffung planungsbezogener Grundlagen für die Prognose und Bewertung des Kollisionsrisikos durch Windenergieanlagen (PROGRESS)*. Schlussbericht zum durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des 6. Energieforschungsprogrammes der Bundesregierung geförderten Verbundvorhaben PROGRESS, FKZ 0325300A-D.

Lauer, H. (2023). *Bilan 2022 de l'éolien en Allemagne*. Allemagne énergie, https://allemagne-energies.com/2023/02/07/bilan-2022-de-leolien-en-allemagne/

Marx, G. (2017). *Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune — Etude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015*. Ligue pour la protection des oiseaux, 91 pp.

Rico, P. & Lagrange, H. (2016). *Etude de l'impact des parcs éoliens sur l'activité et la mortalité des chiroptères par trajectographie acoustique, imagerie thermique et recherche de cadavres au sol — Contributions aux évaluations des incidences sur l'environnement*. Etude commandée par la Région wallonne, Marché public de services N°03.05.0.-14D454. 163 pp.

Tolvanen, A., Routavaara, H., Jokikokko, M. & Rana, P. (2023). How far are birds, bats, and terrestrial mammals displaced from onshore wind power development? — A systematic review, *Biological Conservation, 288*, https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110382.

Pour de plus amples informations :

c.dubois@csdingenieurs.be
a.beckers@csdingenieurs.be

https://www.csd.ch/fr/succursales/belgique/namur

https://www.researchgate.net/profile/Arnaud-Beckers