



TRADUCTION

Détermination des taux de collision des oiseaux (y compris rapaces) et principes fondamentaux pour prévoir et évaluer le risque de collision dans la conception des projets éoliens (projet de recherche PROGRESS)

Ermittlung der Kollisionsraten von (Greif-)Vögeln und Schaffung planungsbezogener Grundlagen für die Prognose und Bewertung des Kollisionsrisikos durch Windenergieanlagen (PROGRESS)

Août, 2016



Contact : Karin Kreuzer, chargée de mission, OFATE
karin.kreuzer@developpement-durable.gouv.fr

Soutenu par:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Soutenu par:





Disclaimer

Le présent texte est une traduction de l'Office franco-allemand pour la transition énergétique (OFATE). Son contenu n'a pas été rédigé par l'OFATE. Les points de vue exprimés ne représentent pas les points de vue de l'OFATE, de ses salariés, adhérents ou partenaires. Si la traduction a été réalisée avec le plus grand soin, l'OFATE ne garantit cependant pas l'exactitude et l'exhaustivité des informations.

Tous les éléments de texte et les éléments graphiques ainsi que l'original de la traduction sont soumis à la loi sur le droit d'auteur et/ou d'autres droits de protection. Toute reproduction, même partielle, nécessite l'autorisation écrite de l'auteur ou de l'éditeur. Ceci est valable en particulier pour la reproduction, l'édition, la traduction, le traitement, l'enregistrement et la lecture au sein de bases de données ou autres médias et systèmes électroniques.

L'OFATE n'a aucun contrôle sur les sites vers lesquels les liens qui se trouvent dans ce document peuvent vous mener. Un lien vers un site externe ne peut engager la responsabilité de l'OFATE concernant le contenu du site, son utilisation ou ses effets.

Projet R&D énergie éolienne

Détermination des taux de collision des oiseaux (y compris rapaces) et principes fondamentaux pour pré- voir et évaluer le risque de collision dans la conception des projets éo- liens (PROGRESS)

Projet collaboratif, référence du dossier : 0325300 A-D

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Rapport final

Détermination des taux de collision des oiseaux (y compris rapaces) et principes fondamentaux pour prévoir et évaluer le risque de collision dans la conception des projets éoliens (PROGRESS)

Référence du dossier : 0325300 A-D

Durée : du 1^{er} novembre 2011 au 30 juin 2015

Auteurs

BioConsult SH : Thomas Grünkorn, Jan von Rönn, Jan Blew & Georg Nehls

ARSU GmbH : Sabrina Weitekamp, Hanna Timmermann & Marc Reichenbach

IfAÖ : Timothy Coppack

Chaire de recherche comportementale : Astrid Potiek & Oliver Krüger

Le projet sur lequel se base le présent rapport a bénéficié du soutien financier de l'État fédéral d'Allemagne, initialement via le Ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la nature et de la Sécurité nucléaire, puis via le Ministère fédéral de l'Économie et de l'Énergie (référence du dossier : 0325300 A-D). Les auteurs sont seuls responsables du contenu de cette publication.

Recommandation pour la citation

GRÜNKORN, T., J. BLEW, T. COPPACK, O. KRÜGER, G. NEHLS, A. POTIEK, M. REICHENBACH, J. von RÖNN, H. TIMMERMANN & S. WEITEKAMP (2016) : Détermination des taux de collision des oiseaux (y compris rapaces) et principes fondamentaux pour prévoir et évaluer le risque de collision dans la conception de projets éoliens (PROGRESS). Rapport final du projet collaboratif PROGRESS, soutenu sous la référence 0325300 A-D par le Ministère fédéral allemand de l'Économie et de l'Énergie (BMWi) dans le cadre du 6^e programme de recherche sur les énergies lancé par le gouvernement fédéral.

WEITEKAMP, S., H. TIMMERMANN & M. REICHENBACH (2016) : Validation du modèle de BAND. Dans : GRÜNKORN, T., J. BLEW, T. COPPACK, O. KRÜGER, G. NEHLS, A. POTIEK, M. REICHENBACH, J. von RÖNN, H. TIMMERMANN & S. WEITEKAMP (2016) : Détermination des taux de collision des oiseaux (y compris rapaces) et principes fondamentaux pour prévoir et évaluer le risque de collision dans la conception de projets éoliens (PROGRESS). Rapport final du projet collaboratif PROGRESS, soutenu sous la référence 0325300 A-D par le Ministère fédéral allemand de l'Économie et de l'Énergie (BMWi) dans le cadre du 6^e programme de recherche sur les énergies lancé par le gouvernement fédéral.

Projet collaboratif rassemblant plusieurs partenaires

Le projet de recherche « Détermination des taux de collision des oiseaux (y compris rapaces) et principes fondamentaux pour prévoir et évaluer le risque de collision dans la conception de projets éoliens (titre abrégé PROGRESS) » a été mené en coopération par trois cabinets de conseil, BioConsult SH GmbH & Co. KG, ARSU GmbH et IFAÖ GmbH, ainsi que par la chaire de recherche comportementale de l'université de Bielefeld.



Adresses des partenaires

BioConsult SH GmbH & Co. KG
Dr. Georg Nehls (directeur du projet)
Schobüller Straße
25813 Husum (Allemagne)
Tél : 0049 4841 6632911
Fax : 0049 4841 6632919
g.nehls@bioconsult-sh.de

ARSU (Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung) GmbH
Dr. Marc Reichenbach
Escherweg 1
26121 Oldenburg (Allemagne)
Tél : 0049 441 9717493
Fax : 0049 441 9717473
reichenbach@arsu.de

IfaÖ (Institut für Angewandte Ökosystemforschung) GmbH
Dr. Timothy Coppack
Carl-Hopp-Straße 4a
18069 Rostock (Allemagne)
Tél : 0049 381 252312-00
Fax : 0049 381 252312-29
coppack@ifaoe.de

Lehrstuhl für Verhaltensforschung
Universität Bielefeld
Prof. Dr. Oliver Krüger
Postfach 100131
33501 Bielefeld (Allemagne)
Tél : 0049 521 1062842
oliver.krueger@uni-bielfeld.de

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION.....	6
2	TRAVAIL DE TERRAIN POUR RELEVER LES OISEAUX VICTIMES DE COLLISION.....	8
3	ESTIMATION DU NOMBRE D'OISEAUX VICTIMES DE COLLISION	9
4	COMMENT LES OISEAUX VOLENT-ILS DANS LES PARCS ÉOLIENS ?.....	11
5	VALIDATION DU MODÈLE DE BAND.....	12
6	MODÉLISATION DE L'IMPACT DE LA MORTALITÉ À L'ÉCHELLE DE LA POPULATION.....	15
7	MODÉLISATION DES EFFETS DES FACTEURS D'HABITAT SUR LE RISQUE DE COLLISION...	16
8	CONSÉQUENCES DES PRÉVISIONS ET DE L'ANALYSE DU RISQUE DE COLLISION SUR LA CONCEPTION DES PROJETS ÉOLIENS	17
9	CONCLUSION.....	20

1 INTRODUCTION

Thomas Grünkorn (BioConsult SH)

Le projet de recherche « Détermination des taux de collision des oiseaux (y compris rapaces) et principes fondamentaux pour prévoir et évaluer le risque de collision dans la conception de projets éoliens (PROGRESS) » s'intéresse aux collisions d'oiseaux, source majeure de conflits entre le développement de l'éolien et la protection de la nature. Comme de nombreuses espèces d'oiseaux, y compris toutes les espèces de rapaces, sont protégées par la loi, les collisions sont un aspect réglementaire important dans les procédures d'autorisation de parcs éoliens. Pour le présent projet de R&D, un certain nombre de travaux ont été réalisés sur le terrain pour déterminer l'ampleur de la mortalité aux abords des éoliennes et pour observer le comportement des oiseaux dans les parcs éoliens. Ces travaux ont permis de réaliser des projections de l'évolution des populations et d'identifier les bases/principes utilisables dans la conception des projets pour prévoir et évaluer les collisions d'oiseaux avec les éoliennes.

Jusqu'à-là, seules des études locales existaient à cet égard en Allemagne. L'objectif était de ce fait d'obtenir des données représentatives sur les taux de collision des oiseaux grâce à des observations systématiques réalisées dans plusieurs Länder du nord de l'Allemagne pour pouvoir formuler des bases générales et des recommandations pour l'évaluation et la résolution des conflits pouvant survenir dans le cadre de la recherche d'un lieu d'implantation pour un projet éolien. En complément des études existantes sur les collisions d'oiseaux avec des éoliennes, ce projet fournit des bases solides pour l'évaluation de l'impact du développement de l'éolien en Allemagne.

Les études réalisées dans le cadre du projet PROGRESS ont porté sur le nord de l'Allemagne, une région qui est, et restera, au cœur de l'activité éolienne du pays. Au nombre de 46, les parcs éoliens étudiés sont répartis dans tout le nord du pays, dans les Länder de Basse-Saxe, de Schleswig-Holstein, de Mecklembourg-Poméranie-Occidentale et de Brandebourg. Certains parcs ayant été traités plusieurs fois, 55 ensembles de données ont été générés. Il y sera fait référence ci-après sous la désignation de « saisons de parcs éoliens ». Les espèces ciblées étaient les rapaces (particulièrement nombreux dans la liste Vogelschutzwarte Brandebourg, VSW), les grands oiseaux (en raison des populations généralement de petite taille) ainsi que les oiseaux nicheurs ou en escale sur les sites des parcs éoliens (en raison du danger potentiel qu'ils encourent).

PROGRESS est un projet de coopération mené par trois cabinets de conseil BioConsult SH GmbH & Co.KG, ARSU GmbH et IfaÖ GmbH, ainsi que par la chaire de recherche comportementale de l'université de Bielefeld.

Ce projet de recherche collaboratif a bénéficié du soutien financier du Ministère fédéral allemand de l'Économie et de l'Énergie (BMWi) dans le cadre du 6^e programme de recherche sur les énergies, sous la référence 0325300 A-D.

Débuté le 1^{er} novembre 2011, le projet a duré jusqu'au 30 juin 2015. Un groupe de travail créé pour accompagner le projet s'est réuni le 22 février 2012 au Ministère fédéral allemand de l'Environnement (BMU) et le 22 janvier 2014 au Ministère fédéral allemand de l'Économie et de l'Énergie (BMWi) à Berlin. Deux ateliers ont été organisés (le 28/29 novembre 2012 au BMU à Ber-

lin et le 9 mars 2015 à l'Université technique (TU) de Berlin), avec une participation internationale.

Les présentations de ces ateliers ainsi que le présent rapport final sont disponibles sur le site Internet de PROGRESS (www.bioconsult-sh.de/projekte/progress).

2 TRAVAIL DE TERRAIN POUR RELEVER LES OISEAUX VICTIMES DE COLLISION

Thomas Grünkorn (BioConsult SH)

Entre le printemps 2012 et celui de 2014, cinq campagnes (ou saisons) de recherche d'oiseaux victimes de collision ont été réalisées (trois au printemps et deux à l'automne). Dans le cadre de PROGRESS, 46 parcs éoliens ont été étudiés, dont certains plusieurs fois (une à trois fois) ce qui fait un total de 55 saisons. Les transects définis pour relever les oiseaux morts étaient parallèles et espacés de 20 m et ont été en général parcourus par deux personnes. Tous les cadavres trouvés dans la zone circulaire de recherche, dont le rayon correspondait à la hauteur de l'éolienne, ont été considérés comme victimes de collision.

Pendant la période étudiée, 291 oiseaux ont en tout été ainsi relevés. Les espèces les plus représentées étaient le Pigeon ramier et le Canard colvert, deux espèces fréquentes et très répandues. Parmi les 15 espèces les plus souvent trouvées, cinq sont ciblées par ce projet : la Buse variable, le Vanneau huppé, le Pluvier doré, le Milan royal et le Faucon crécerelle. Les oiseaux aquatiques (canards, oies, échassiers, laridés) représentent à eux seuls près de la moitié des cadavres trouvés. En raison du grand nombre de pigeons trouvés, le groupe rassemblant les autres oiseaux non chanteurs ressort comme le plus important. Les rapaces ne sont pas le groupe le plus représenté sur la liste des cadavres présents sur les sites. Enfin, les espèces migratrices nocturnes de passe-reaux nordiques (notamment les espèces de Turdidae, c.-à-d. famille des grives) ne sont guère représentées.

En tout, 7 672 km de transects ont été parcourus et 291 cadavres d'oiseaux trouvés, soit en moyenne un oiseau tous les 27 km.

3 ESTIMATION DU NOMBRE D'OISEAUX VICTIMES DE COLLISION

Jan von Rönn (BioConsult SH), Thomas Grünkorn (BioConsult SH), avec la participation de Timothy Coppack (IfAÖ)

Pour l'estimation du total d'oiseaux victimes de collision, plusieurs facteurs de correction ont été appliqués au nombre de cadavres trouvés. La surface étudiée a été déterminée en ajoutant une bande tampon de 10 m de large de chaque côté des transects parcourus dans la zone circulaire de recherche. Le taux de persistance des cadavres a été déterminé de façon expérimentale : dans le cadre de 81 expériences, 1 208 cadavres d'oiseaux ont été placés dans les 46 parcs éoliens. Selon les calculs effectués, la probabilité journalière de retrouver le cadavre d'oiseau (analogue à une analyse de survie) était élevée (dans la plupart des cas supérieure à 90 %). L'efficacité de la recherche a été déterminée de façon expérimentale en plaçant des oiseaux (deux catégories de « visibilité ») sur différentes surfaces présentant différentes catégories de végétation (cinq catégories), puis en les faisant rechercher par plusieurs personnes participant régulièrement à ce type de comptage. En conditions de recherche favorables, les relevés ont permis de trouver environ 50 % des oiseaux peu visibles et 72 % des oiseaux visibles. La concordance des résultats obtenus par les personnes chargées de chercher ces cadavres (mesure du coefficient d'objectivité) permet de les transposer à toutes les personnes ayant participé au projet. Une répartition prévisible des victimes de collision a été déterminée en rapportant à la surface étudiée dans cette zone circulaire de recherche les différentes distances mesurées entre les cadavres et les éoliennes.

Le taux de victimes de collision en dehors du périmètre de recherche varie de 7 % à plus de 20 %. Or, l'estimation des victimes de collision ne tient compte que de celles trouvées à l'intérieur du périmètre de recherche et le calcul des efforts de recherche déployés ne porte que sur ces cadavres. Pour éviter toute sous-estimation du nombre réel de victimes de collision, il faut donc appliquer un facteur de correction tenant compte des oiseaux morts trouvés en dehors du périmètre de recherche.

Pour les espèces et groupes d'espèces suivants, une estimation du taux de victime de collision a été réalisée pour chaque parc éolien étudié (par ordre alphabétique) : Alouette des champs, Canard colvert, Étourneau sansonnet, Faucon crécerelle, Laridés, Limicoles, Milan royal, Pigeon ramier et Vanneau huppé.

L'incertitude relative de cette estimation ne diminuant qu'à partir de 10 cadavres effectivement trouvés, les taux de collision des cinq espèces, ou groupes d'espèces, les plus communs ont fait l'objet d'une extrapolation couvrant également les éoliennes et parcs éoliens non étudiés, et donc ainsi toute la zone du projet PROGRESS (BS, SH, MPO et BB). Il s'agit des Limicoles, de la Buse variable, des Laridés, du Pigeon ramier et du Canard colvert.

Pour la zone du projet, cette estimation donne les résultats suivants : 7 800 Buses variables, 10 000 Pigeons ramiers et 11 800 Canards colverts tués par an, soit respectivement 7 %, 0,4 % et 4,5 % de la population d'oiseaux nicheurs présente dans cette zone.

À titre de comparaison, le nombre d'oiseaux tués à la chasse est 12 fois plus élevé pour le Canard colvert et 16 fois plus élevé pour le Pigeon ramier. Pour la Buse variable, aujourd'hui non chas-

sable, le tableau de chasse s'élevait jusqu'en 1970 à environ 18 % des effectifs de l'espèce dans le Land de Schleswig-Holstein.

4 COMMENT LES OISEAUX VOLENT-ILS DANS LES PARCS ÉOLIENS ?

RÉSULTATS DES OBSERVATIONS COMPORTEMENTALES

Hanna Timmermann, Sabrina Weitekamp, Marc Reichenbach (ARSU GmbH)

Dans le cadre de 55 saisons de parcs éoliens réalisées pour le projet PROGRESS, des observations sur l'utilisation des espaces dans ces parcs et sur le comportement des oiseaux face aux éoliennes ont été réalisées dans le nord de l'Allemagne. Une distinction a été opérée entre les espèces ciblées (rapaces, échassiers, oies, grues et autres grands oiseaux) et les espèces secondaires pour différencier l'étendue du recensement.

Les espèces secondaires les plus représentées étaient le Pigeon ramier et l'Étourneau sansonnet. Pour les pigeons et les Apodidae (c.-à-d. famille des martinets), la plupart des individus observés volaient à hauteur du rotor. Les passereaux (sous-ordre des Passeri), les Laridés et les canards ont été observés essentiellement au-dessous du niveau du rotor.

La majorité des observations des espèces ciblées concerne des rapaces, alors que le plus grand nombre d'individus observés étaient des oies. Les rapaces les plus représentés ont été la Buse variable et le Milan royal. Le nombre d'individus des autres espèces de rapaces présents est relativement faible.

Pour les oies et les grues, un comportement d'évitement des parcs éoliens, mais aussi clairement des manœuvres de contournement ont été observés. En revanche, une présence disproportionnée de rapaces a été constatée à proximité des éoliennes, ces oiseaux n'ayant guère montré de réactions de contournement. Pour les échassiers, les résultats étaient peu homogènes entre les espèces.

5 VALIDATION DU MODÈLE DE BAND

Sabrina Weitekamp, Hanna Timmermann et Marc Reichenbach (ARSU GmbH)

En 55 saisons de parcs éoliens s'inscrivant dans le projet PROGRESS, des recherches systématiques de victimes de collisions ont été réalisées en parallèle à la collecte de données sur l'activité de vol de certaines espèces ciblées. Cette approche a permis d'analyser les liens de causalité éventuels entre le nombre de victimes de collision, estimé sur la base des relevés de cadavres, et l'activité de vol observée. L'étude a en outre cherché à vérifier si les nombres de victimes de collisions prévus suivant le modèle de BAND sur la base des données relatives à l'activité de vol concordent avec ceux estimés sur la base des relevés de victimes de collision. En voici le résultat.

- Tant pour la Buse variable que pour le Pluvier doré, aucune influence significative de l'activité de vol n'a été observée sur le nombre de victimes de collision identifiés.
- Sur la base des données collectées relatives à l'activité de vol, les prévisions du modèle de BAND ont conduit à une importante sous-estimation du nombre de victimes de collision.

Le présent projet de recherche a étudié l'ensemble des paramètres, suppositions et étapes de calcul pris en compte dans le modèle de BAND pour déterminer les causes possibles de ce résultat. Pour résumer, il en ressort que la structure mécaniste du modèle de BAND ne permet pas de reproduire la variabilité inhérente aux données d'entrée. C'est en majeure partie dû au caractère stochastique de l'activité de vol dans la zone de danger (chapitres 5.4.2.4, 5.4.3.1 et 5.4.3.2) et à la combinaison de facteurs d'incertitude (chapitre 5.4.4).

Ces résultats de la démarche de validation suivie dans le cadre de PROGRESS concordent avec les critiques du modèle de BAND dans la littérature (CHAMBERLAIN et al. 2006, MAY et al. 2010, MAY et al. 2011).

Si les prévisions du modèle de BAND sont peu fiables, c'est en partie dû au fait que les observations réalisées pour recenser l'activité de vol ne permettent pas de reproduire celle-ci de manière suffisamment représentative tant en termes quantitatifs que qualitatifs (échantillon très petit, influence importante d'événements isolés). Or, comme on peut le voir au chapitre 5.4.2.2, pour obtenir des prévisions « justes » en rapport avec le nombre de victimes de collision identifié, il aurait fallu observer l'activité de vol sur une durée beaucoup plus longue, ce qui apparaît peu réaliste au vu des connaissances actuelles des périodes d'activité des espèces diurnes considérées.

L'écart entre les estimations réalisées sur la base des relevés de victimes de collision et les prévisions établies suivant le modèle de BAND ne s'explique donc pas uniquement par des problèmes méthodologiques dans l'observation de l'utilisation des espaces. Comme on a pu le voir, un certain nombre de faiblesses inhérentes au modèle de BAND y contribuent également. De plus, ce modèle est parfois trop sensible aux variations des variables d'entrée (CHAMBERLAIN et al. 2006). Si certains paramètres techniques sont fixes, tels que le diamètre du rotor ou la hauteur totale, d'autres sont difficiles à intégrer avec une précision suffisante, par exemple la vitesse du rotor ou l'angle de calage. En ce qui concerne le comportement des oiseaux, d'importantes incertitudes sont associées non seulement au pourcentage d'activité dans la zone de danger, mais aussi à la vitesse de vol, à l'altitude de vol et à la direction du vent.

Toutefois, le problème principal des algorithmes du modèle de BAND semble être le lien approximatif entre l'activité de vol enregistrable et le risque de collision. Ce modèle s'appuie en effet sur une dépendance linéaire entre la durée de présence et le risque encouru, or cette causalité n'existe pas dans la plupart des cas (DE LUCAS et al. 2008). De plus, le modèle de collision comporte des indications sur le taux d'évitement. Or, cela suppose qu'un certain pourcentage, finalement inconnu, des oiseaux susceptibles d'entrer en collision avec une éolienne réagit de façon appropriée pour éviter cette collision. Le modèle part en outre du principe que ce taux est constant pour tous les individus d'une même espèce (indépendamment du facteur d'âge), ce qui paraît plutôt peu probable. La principale faiblesse du modèle réside donc dans ses nombreuses hypothèses peu réalistes en ce qui concerne le comportement des oiseaux.

Compte tenu de ces résultats, on peut penser qu'un tel modèle mécaniste ne permet de reproduire de manière adéquate ni le caractère stochastique de l'environnement ni les événements isolés qui, s'ils surviennent sans aucune régularité, ne sont pas pour autant rares et peuvent distraire l'attention des oiseaux ou les empêcher d'exécuter des manœuvres (disputes de territoire, rafales de vent, etc.). C'est particulièrement frappant au regard de la supposition selon laquelle la probabilité de présence et donc aussi de collision d'un oiseau serait la même à chaque point d'une catégorie d'altitude donnée dans la zone observée. Or, plusieurs études ont montré que les éoliennes isolées ou situées en périphérie donnent plus souvent lieu à des collisions et que certains lieux spécifiques d'implantation d'éoliennes présentent un risque plus élevé (ORLOFF & FLANNERY 1992, BARRIOS & RODRIGUEZ 2004, SMALLWOOD & THELANDER 2004, EVERAERT & STIENEN 2007, DREWITT & LANGSTON 2008, SMALLWOOD & KARAS 2009, SMALLWOOD et al. 2009, FERRER et al. 2012). La majorité des études (pour la plupart des méta-analyses d'études) ne révèlent pas pour autant de lien statistique évident entre les taux de mortalité et les caractéristiques des éoliennes (HÖTKER 2006, BARCLAY et al. 2007, PEARCE-HIGGINS et al. 2012). De plus, la majorité des éoliennes ne sont pas responsables de la mort d'oiseaux (BARRIOS & RODRIGUEZ 2004, DE LUCAS et al. 2012a).

S'il peut y avoir des corrélations compliquées entre les caractéristiques spécifiques d'une éolienne, la topographie et le comportement particulier de certaines espèces (BARRIOS & RODRIGUEZ 2004, SMALLWOOD et al. 2009, DE LUCAS et al. 2012b, SCHAUB 2012), il paraît probable que le lieu d'implantation d'une éolienne dans un paysage donné joue un rôle plus important que certaines caractéristiques des aérogénérateurs, telle que la hauteur de moyeu (HÖTKER 2006). Dans la littérature, il est largement admis que le risque de collision dépend essentiellement du lieu d'implantation, de la topographie et de la composition spécifique de l'avifaune (GOVE et al. 2013).

D'autres facteurs ont également un impact sur le risque, tels que les conditions de vent et d'autres paramètres d'ordre météorologique, le type et l'altitude de vol, ainsi que le moment de la journée, mais aussi l'âge des animaux, leur comportement (interactions, etc.) dépendant de la phase du cycle annuel dans laquelle se trouve l'espèce concernée (LANGSTON & PULLAN 2003). Idéalement, l'évaluation du risque doit tenir compte de chacun de ces facteurs.

Les résultats disponibles montrent que le modèle de BAND est peu apte à évaluer le risque de collision pour un projet d'implantation d'éoliennes sur un site terrestre « moyen », les prévisions ne reproduisant pas de façon adéquate le nombre absolu de victimes de collision. En revanche, il permet néanmoins une comparaison standardisée de certains risques relatifs, pour évaluer différents scénarios de *repowering* (DAHL et al. 2015) ou illustrer l'impact de la distance vis-à-vis de l'aire de reproduction (RASRAN & THOMSEN 2013), par exemple.

Par ailleurs, l'utilisation de ce modèle n'apparaît judicieuse que dans les cas où l'activité de vol est peu variable et donc facile à prévoir en termes de parcours, d'altitude, de direction et de concentration d'oiseaux sur une trajectoire de vol. Ce peut être le cas par exemple pour les vols entre colonies de reproduction de Larinae, de Sterninae ou d'Ardeidae et leurs zones d'alimentation, sur les principales voies de migration (délimitées par les reliefs) ou, parfois, pour les vols du Balbuzard pêcheur ou du Pygargue à queue blanche (grande fidélité aux aires de reproduction et d'alimentation) afin de se nourrir. Mais d'une année sur l'autre, même les grands oiseaux peuvent changer de zone, et donc leur utilisation des espaces, en fonction des cultures présentes dans une zone (comportement mis en évidence pour l'Aigle pomarin : LANGGEMACH & MEYBURG 2011). Le succès, ou non, de la reproduction ainsi que la présence éventuelle d'un territoire limitrophe et le succès de reproduction de ces voisins (MEYBURG et al. 2006, LANGGEMACH & MEYBURG 2011, MELUR & LLUR 2013) sont des facteurs déterminants pour la prévision des passages d'oiseaux à travers un site éolien potentiel.

6 MODÉLISATION DE L'IMPACT DE LA MORTALITÉ À L'ÉCHELLE DE LA POPULATION

Astrid Potiek et Oliver Krüger, chaire de recherche comportementale de l'université de Bielefeld

L'objectif du présent chapitre était de modéliser des populations des espèces ciblées, en partant de l'hypothèse d'un taux de mortalité additionnel par collision avec les éoliennes sur la base des estimations faites. L'impact de cette mortalité supplémentaire sur le développement à long terme d'une population donnée a été étudié à l'aide de modèles de matrices déterministes. Si les données disponibles ont permis de tirer des conclusions à cet égard pour la Buse variable, le Milan royal et le Vanneau huppé, l'intervalle de confiance du pourcentage de collision du Pygargue à queue blanche était trop important pour prendre en compte cette simulation. Deux scénarios ont été simulés en ce qui concerne la densité des éoliennes : d'une part la densité actuelle (en 2014) pour les Länder Basse-Saxe, Schleswig-Holstein, Mecklembourg-Poméranie occidentale et Brandebourg, d'autre part l'évolution de la densité entre 2000 et 2014 dans ces mêmes Länder. En valeur médiane, toutes les simulations montrent une évolution négative de la population de la Buse variable. Pour le Milan royal, quatre simulations sur six montrent une évolution négative de la population, alors que deux prédisent une population constante en valeur médiane. Pour ces deux espèces, la mortalité additionnelle par les collisions avec les éoliennes est donc importante. En ce qui concerne la population du Vanneau huppé, les conséquences potentiellement considérables sont actuellement masquées par son évolution de toute façon très négative liée à un faible taux de reproduction. Ces estimations apparaissent relativement robustes aux variations des hypothèses des modèles.

7 MODÉLISATION DES EFFETS DES FACTEURS D'HABITAT SUR LE RISQUE DE COLLISION

Astrid Potiek et Oliver Krüger, chaire de recherche comportementale de l'université de Bielefeld

L'objectif du présent chapitre était de réaliser une analyse multivariée de la variation du taux de collision estimé pour onze espèces ou groupes d'espèces et pour tous les parcs éoliens étudiés, afin de déterminer si certaines caractéristiques de l'habitat ou des éoliennes ont pour effet d'augmenter ce taux. Une analyse en composantes principales a été réalisée à l'aide de données sur l'utilisation agricole, sur la distance entre un parc éolien et la surface boisée la plus proche, ainsi que sur les hauteurs minimale et maximale des rotors. Les trois composantes principales établies ont été intégrées à une analyse multivariée de différents modèles sélectionnés sur la base de critères d'information. Pour la grande majorité des espèces et groupes d'espèces (huit sur onze), aucun élément corrélatif n'a été mis en évidence par rapport à la variation du taux de collision ; pour deux des trois espèces ou groupes d'espèces enregistrant une corrélation, les analyses n'étaient pas robustes aux valeurs aberrantes, ce qui fait qu'un impact de la hauteur du rotor sur le taux de collision n'a été détecté que pour un seul groupe d'espèces (les Laridés). Suivant ces analyses, les variables utilisées ne permettent donc pas d'expliquer la variation du taux de collision d'un parc éolien à l'autre, ou alors les collisions avec les éoliennes sont des événements plutôt stochastiques.

8 CONSÉQUENCES DES PRÉVISIONS ET DE L'ANALYSE DU RISQUE DE COLLISION SUR LA CONCEPTION DES PROJETS ÉOLIENS

Marc Reichenbach, Sabrina Weitekamp, H. Timmermann (ARSU GmbH)

Les relevés systématiques de victimes de collision effectués dans le cadre du projet PROGRESS ont montré qu'il faut s'attendre à en trouver sur la quasi-totalité des sites d'implantation de parcs éoliens (pour seulement 6 des 55 saisons de parcs éoliens réalisées, aucun oiseau mort n'a été trouvé, voir chapitre 2). De plus, la liste des espèces établie pour PROGRESS, ainsi que la liste VSW Brandenburg, montrent qu'aucun oiseau n'est à l'abri d'une collision avec les éoliennes, même si certaines espèces sont nettement plus touchées que d'autres. En termes absolus, les collisions concernent surtout les espèces fréquentes séjournant dans les parcs éoliens et qui ne font pas preuve d'un comportement d'évitement marqué (Alouette des champs, Étourneau sansonnet, Pigeon ramier, Canard colvert, Buse variable, Laridés...). Par rapport à la taille de leur population, les rapaces sont surreprésentés parmi les victimes de collision.

Au regard des exigences réglementaires posées en matière de protection des espèces, il convient de vérifier la présence, sur le site choisi pour l'implantation d'un parc éolien, d'espèces « particulièrement concernées de par leur comportement ». Pour qu'il y ait un risque mortel accru, le nombre de victimes potentielles doit être supérieur à une valeur définie comme étant significative au regard de la taille d'une population et de sa mortalité naturelle. Il faut donc vérifier au cas par cas, en tenant compte des spécificités locales, si le nombre de victimes de collision estimé atteint, pour certaines espèces particulièrement exposées à ce risque, une valeur qu'il convient de définir comme étant significative sur la base de la sensibilité biologique propre à l'espèce en question. Variable d'une espèce à l'autre, ce nombre est donc l'indicateur d'un risque de mortalité significativement accru et peut être compris entre un seul animal (par exemple pour l'Aigle pomarin) et un nombre relativement élevé d'animaux (par exemple pour l'Alouette des champs ou le Canard colvert). En aucun cas il ne doit atteindre un seuil induisant des effets négatifs sur la population.

Si ce seuil est donc une mesure quantitative d'un risque de collision significativement accru, il ne permet pas pour autant d'indiquer un nombre concret de victimes de collision. C'est avant tout dû au fait qu'il n'existe pas de méthode validée et fiable pour prévoir le risque de collision en amont de la construction d'un parc éolien (chapitre 5), entre autres, parce qu'aucune relation quantitative évidente n'a encore été démontrée entre l'activité de vol et le risque de collision des oiseaux, contrairement aux chiroptères (chapitre 3). La longue durée de vie des parcs éoliens ajoute à cette difficulté puisque les effectifs présents dans une zone peuvent changer considérablement au fil des ans, ce qui peut avoir un impact sur le risque de collision. Il n'y a donc aucun moyen de vérifier le respect d'un seuil absolu mesuré.

Tirer des conclusions générales sur un accroissement significatif du risque de collision est ainsi difficilement possible. En ce qui concerne les oiseaux nicheurs, il est possible, par une première approximation, de prendre en compte les distances par rapport à leur aire de reproduction pour déterminer la zone dans laquelle on peut s'attendre à une activité de vol accrue et/ou à un comportement susceptible d'augmenter le risque de collision (vols nuptiaux ou territoriaux, par exemple). Une appréciation concrète du risque de mortalité n'est possible qu'au cas par cas, en procédant de préférence à une évaluation qualitative des aspects écologiques et comportementaux sur la base d'analyses de l'utilisation des espaces. Une telle évaluation doit toutefois prendre

en compte la variabilité spatio-temporelle de l'utilisation des espaces par les oiseaux en fonction des espèces, car si les données collectées reflètent seulement une situation momentanée, elles ne constituent pas une base fiable pour une évaluation portant sur toute la durée de vie d'un parc éolien en projet.

Il conviendrait donc d'associer plus étroitement cette approche à un suivi de l'exploitation au regard de la réglementation en vigueur en matière de protection des espèces. Une telle démarche peut notamment s'avérer nécessaire pour les espèces dont les populations sont d'ores et déjà affectées par une mortalité accrue liée aux collisions avec les éoliennes, en raison du fort développement de l'éolien en Allemagne. Selon les connaissances actuelles, il s'agit de la Buse variable et du Milan royal (chapitre 6). On peut toutefois s'attendre à ce que cet effet cumulatif s'étende à d'autres espèces si l'éolien poursuit sa croissance.

Un tel suivi reposerait essentiellement sur trois piliers en fonction des espèces ciblées et de l'évolution locale de leur population : surveillance (suivi des populations existantes), mesures de protection (amélioration de l'habitat, augmentation du taux de reproduction) et restriction temporaire de l'exploitation (si nécessaire). Le surcoût engendré pourrait être absorbé, en partie du moins, par des observations plus sommaires de l'utilisation des espaces dans le cadre de la phase d'étude du projet, dans la mesure où une appréciation réaliste du projet en question permettrait de conclure à un manque de pertinence de ces observations en raison des variations spatiotemporelles.

On peut supposer qu'avec l'augmentation du nombre d'éoliennes, les effets cumulatifs joueront un rôle de plus en plus important à l'avenir. En même temps, les exigences en matière de gestion des conflits se renforceront dans le cadre de la protection des espèces. De même, il sera sans doute de plus en plus difficile de trouver, à l'échelle d'un projet individuel, une solution adéquate aux conflits liés à la réglementation en la matière. Les approches doivent donc aussi comporter des mesures plus larges afin de garantir que la poursuite du développement de l'éolien n'entraîne pas une baisse notable des effectifs de certaines espèces d'oiseaux particulièrement sensibles au risque de collision. Parmi ces mesures, on peut citer :

- les programmes de protection des espèces à grande échelle, par exemple pour le Milan royal et la Buse variable, visant à compenser, sur le plan de la biologie des populations avec l'amélioration de l'habitat via la disponibilité des ressources alimentaires, la mortalité par collision (augmentation du taux de reproduction, réduction d'autres mortalités anthropiques) ;
- l'identification de zones de forte densité de certaines espèces, abritant les populations sources et de ce fait particulièrement importantes, et l'étude d'actions ciblées visant à renforcer ces zones, par exemple par le pilotage des dispositifs de soutien, la protection contre les collisions grâce à des espaces sans éoliennes ou par des exigences plus strictes pour éviter les pertes (sauf si ces exigences sont déjà couvertes par les catégories de zones protégées prévues par la loi) ;
- l'élaboration de solutions et d'expériences sur le terrain pour un suivi de l'exploitation au regard de la réglementation en vigueur en matière de protection des espèces, et la vérification de l'efficacité et de l'impact économique de ce suivi ;

- le renforcement des efforts de recherche sur l'étendue et sur la gestion des effets cumulatifs ;
- le renforcement des efforts de recherche sur l'efficacité des actions concrètes visant à éviter et réduire la mortalité par collision.

9 CONCLUSION

Georg Nehls et Thomas Grünkorn (BioConsult SH)

Les collisions des oiseaux (et des chiroptères) avec les éoliennes sont une source de conflits majeure entre le développement de l'éolien et les objectifs de protection de la nature. S'il existe aujourd'hui un grand nombre d'études dans ce domaine, les investigations systématiques quantifiant les taux de victimes sont très rares. Le potentiel de conflits reste donc difficile à évaluer. La construction d'un parc éolien est soumise à l'obtention d'une autorisation pour laquelle des conditions strictes liées à la réglementation en matière de protection des espèces doivent être remplies. Dans ce contexte, le manque de connaissances peut représenter un obstacle à la réalisation des objectifs de développement de l'éolien.

Dans le cadre du projet PROGRESS, une étude quantitative à grande échelle sur les taux de collision des oiseaux avec les éoliennes a été réalisée pour la première fois en parallèle au recensement de l'activité de vol grâce à des observations visuelles. Pour la zone d'étude, le choix s'est porté sur le nord de l'Allemagne, une région particulièrement importante pour l'éolien dans ce pays puisqu'elle rassemble environ la moitié des éoliennes installées sur le territoire allemand (2014 : la zone du projet PROGRESS – BS, SH, MPO, BB – compte 12 841 sur les 24 867 éoliennes installées en Allemagne, (<https://www.wind-energie.de/themen/statistiken/deutschland>)). Cela a permis de tirer des conclusions significatives pour toutes les espèces sur le risque de collision des oiseaux en milieu ouvert dans le nord de l'Allemagne. Le nombre de cadavres d'oiseaux relevés étant relativement faible, l'ampleur des dégâts de collision ne peut toutefois être quantifiée que pour quelques espèces. Ce projet est basé sur la recherche de victimes de collision, qui est un travail laborieux et de grande ampleur, sur la détermination concomitante des erreurs de recensement « efficacité de recherche » et « taux de persistance des victimes de collision » et sur la détermination précise de la zone étudiée. La détermination de ces facteurs permet d'estimer le nombre réel de victimes de collision pour les parcs éoliens étudiés et pour la durée de l'étude. L'un des résultats très importants de PROGRESS est la faible valeur des facteurs de correction obtenus, ce qui veut dire que l'efficacité de la recherche (de 50 à 70 % en de bonnes conditions) dans les transects sélectionnés (d'une largeur de 20 m) et la durée de persistance des victimes de collision (taux de disparition inférieur à 10 % par jour) étaient plutôt élevées. Ces deux facteurs de correction ne contribuent donc que peu à l'incertitude de l'estimation du nombre réel de victimes de collision. Les facteurs de correction élevés obtenus pour l'identification du pourcentage total de collision par espèce dans les parcs éoliens étudiés et dans le bas-pays du nord de l'Allemagne s'expliquent essentiellement par la couverture des espaces étudiés, donc par le travail réalisé. La méthode développée pour PROGRESS est globalement considérée comme très bien adaptée à l'estimation des victimes de collision dans la zone étudiée. Il est toutefois déconseillé d'appliquer indistinctement les facteurs de correction obtenus à d'autres études, sachant que ces facteurs sont fortement liés aux conditions locales et à la méthodologie utilisée. En ce qui concerne la méthodologie de détermination des victimes de collision, il faut en effet savoir que :

1. le travail à réaliser est de très grande ampleur ; dans le cas de PROGRESS, l'opération de recherche menée sur une bande de 20 m de large a permis de trouver un oiseau mort en moyenne tous les 27 km, en de bonnes conditions (surfaces agricoles planes présentant un couvert végétal de faible hauteur) ; Sur 7 672 km de transects parcourus en tout, 291 cadavres appartenant à 57 espèces ont été comptabilisés ; l'effort à déployer pour re-

cueillir des données fiables sur les taux de collision des différentes espèces est donc très élevé ;

2. les possibilités d'investigation dépendent des réalités géographiques locales et du couvert végétal ; pour des surfaces présentant une végétation plus haute que celle admise dans le cadre de PROGRESS, la recherche de victimes de collision serait beaucoup moins efficace et le travail à réaliser pour obtenir un échantillon suffisant nettement plus important ; le travail nécessaire à la recherche de victimes dans un champ de céréales ou de maïs arrivés à maturité a été considéré comme non acceptable dans le cadre de PROGRESS ; ces critères liés à la saison et à l'espace limitent l'applicabilité de la méthode ; en l'absence de méthodes alternatives permettant de réaliser une recherche plus efficace, ces limitations sont toutefois considérées comme acceptables pour la détermination des taux de collision, même s'il convient d'en tenir compte pour toute extrapolation des résultats ;
3. les faibles taux de découverte, qui s'expliquent par les faibles taux de collision, en valeur absolue, de la plupart des espèces, rendent plus difficile l'obtention d'informations quantitatives, notamment pour les espèces relativement rares, car l'effort nécessaire ne peut être déployé ici ; les effectifs relativement faibles de certaines espèces particulièrement visées, comme les rapaces, induisent là aussi certaines limitations, voire la nécessité de développer d'autres approches méthodologiques pour déterminer les taux de collision.

Globalement faibles, les taux de découverte de cadavres permettent pour onze espèces ou groupes d'espèces de réaliser une estimation du nombre de collisions sur les parcs éoliens étudiés, et pour cinq espèces ou groupes d'espèces de réaliser une estimation pour l'ensemble de la zone du projet PROGRESS. Sur les onze victimes de collision les plus fréquentes, 71 % (chiffre estimé) appartiennent à cinq espèces ou groupes d'espèces : Alouette des champs, Étourneau sansonnet, Canard colvert, Laridés et Pigeon ramier. Il est à noter que ces espèces ne comptent que pour 28 % des victimes recensées dans le fichier centralisé de l'office de protection des oiseaux du land de Brandebourg. Pour les rapaces, qui représentent 35 % des victimes dans ce fichier, le taux de collision n'atteint que 11 % selon les données collectées dans le cadre de PROGRESS. Ces exemples illustrent la nécessité de réaliser des investigations systématiques tenant compte de l'ampleur du travail à réaliser et des erreurs de recensement. Les découvertes aléatoires et les contrôles effectués de manière non systématique confèrent automatiquement un poids plus important aux espèces particulièrement visibles ou à celles signalées plus facilement en raison de l'intérêt que le public y porte. L'évaluation de l'impact réel sur les différentes espèces n'en est que plus difficile.

Conformément aux observations visuelles réalisées en parallèle, la plupart des collisions concernent les espèces fréquentes et non menacées dans les terres agricoles qui séjournent dans les parcs éoliens même et s'y nourrissent. Le risque de collision varie d'une espèce à l'autre, même si les espèces apparentées semblent montrer un haut niveau de concordance. Dans une certaine mesure, il apparaît donc possible de transposer les taux de collision estimés aux espèces pour lesquelles peu de données sont disponibles à ce jour. Les espèces affichant le plus de victimes de collision ainsi que les rapaces ont été trouvés en nombre disproportionné à proximité des éoliennes et n'ont guère montré de réactions de contournement. Pour les oies et les grues, un comportement d'évitement des parcs éoliens, mais aussi des manœuvres de contournement ont en revanche été observés. Parmi les victimes de collision trouvées, les espèces migrant la nuit sont

nettement sous-représentées, ce qui fait que l'on peut exclure toute mise en danger par les éoliennes des espèces participant au large front de migration nocturne qui compte des millions de passereaux (sous-ordre des Passeri). Au vu de l'ampleur du travail d'investigation réalisé, on peut penser que ces espèces, dont la présence est fréquente dans la zone d'étude, mais qui sont peu ou pas recensées parmi les victimes de collision, ne sont pas significativement affectées par le développement actuel de l'éolien dans le bas-pays du nord de l'Allemagne. En revanche, il n'est pas possible d'en dire autant pour les espèces plus rares parce la représentativité des investigations touche ici ses limites.

On notera en particulier que les collisions avec les éoliennes ont lieu principalement le jour et concernent surtout des espèces possédant de bonnes aptitudes au vol, tandis que celles dont le vol est plus linéaire, comme les oies ou les grues, ainsi que les espèces migrant la nuit entrent nettement plus rarement en collision avec des éoliennes. Par contre, le moment précis de la collision n'est pas connu. En particulier pour le Canard colvert, qui est souvent victime, mais rarement observé en journée, les collisions pourraient se produire la nuit. Au vu des résultats obtenus grâce aux observations de l'activité de vol et de la proportion des espèces victimes de collision, on peut supposer que le risque de collision est fortement influencé par le comportement des oiseaux face aux éoliennes. Si certaines espèces perçoivent de toute évidence les éoliennes comme structures gênantes, d'autres s'en approchent sans aucune réaction d'évitement et risquent donc d'entrer en collision avec les pales du rotor. Certains comportements spécifiques (parade nuptiale, dispute de territoire, recherche de nourriture...) peuvent influencer sur la perception des éoliennes par les oiseaux. Menées en parallèle, les observations de l'activité de vol des oiseaux dans les parcs éoliens étudiés, ainsi que l'analyse de l'habitat n'ont pas permis de tirer des conclusions plus précises sur les circonstances des collisions. On peut donc penser que le risque de collision est essentiellement lié aux comportements situationnels des oiseaux face aux éoliennes, comportements impossibles à généraliser à l'heure actuelle. C'est pourquoi les modèles de prévision existants ne permettent pas de prédire avec une précision suffisante le taux de collision des oiseaux en fonction de leur comportement de vol.

Pour la Buse variable, les modèles de population utilisés suggèrent un effet négatif sur l'évolution de la population dans la zone observée. Ce résultat peut paraître surprenant dans un premier temps puisque la Buse variable, qui est le rapace le plus fréquent en Allemagne, n'avait pour l'heure jamais été au centre du débat. Dans le contexte d'une aire de répartition très vaste et d'un risque de collision globalement plus élevé pour les rapaces, on peut toutefois penser que cette espèce est davantage affectée par le développement de l'éolien. D'autres causes de mortalité anthropiques viennent s'ajouter pour la Buse variable, telles que le transport routier et ferroviaire, tout comme des modifications de son habitat susceptibles de provoquer une baisse des effectifs. Les résultats de PROGRESS montrent que la mortalité liée aux éoliennes participe en effet à la baisse déjà constatée. Les modèles existants indiquent des effets similaires pour le Milan royal. Il se peut toutefois que les estimations des effets sur la population de ce rapace réalisées dans le cadre de PROGRESS ne soient pas suffisamment précises, la répartition de l'espèce étant moins régulière dans la zone d'étude où peu de collisions ont été recensées. Il est de ce fait recommandé de réaliser des investigations plus poussées dans les zones de prédilection du Milan royal. Pour le Pygargue à queue blanche, les données disponibles n'étaient pas suffisantes pour une analyse précise des effets sur la population. Les modèles utilisés ne peuvent prendre en compte qu'un nombre limité de grandeurs d'influence sur les populations de rapaces, et les résultats montrent des intervalles de confiance très larges. Sur la base des résultats de PROGRESS, il faut toutefois

envisager la possibilité que d'autres rapaces dont les effectifs sont trop faibles pour tirer des conclusions quantitatives soient également affectés par le développement actuel de l'éolien dans le bas-pays du nord de l'Allemagne. On ne peut exclure l'existence d'effets notables, du moins à l'échelle locale, sur les effectifs d'autres espèces, telles que le Vanneau huppé par exemple.

Les résultats de PROGRESS montrent par ailleurs qu'il n'y a pas lieu de s'inquiéter pour la plupart des espèces d'oiseaux présentes dans la zone d'étude, dont les populations ne semblent pas être mises en danger par les collisions avec les éoliennes, même au vu du développement très significatif de l'éolien. Pour d'autres espèces en revanche, notamment la Buse variable et le Milan royal, les résultats laissent penser que l'état actuel du développement de l'éolien provoque des taux de collision susceptibles d'entraîner une baisse des effectifs.

Les résultats de PROGRESS indiquent un certain nombre de difficultés à mettre en œuvre des actions préventives pour éviter ou réduire le risque de collision des espèces menacées au moment de la conception d'un projet éolien. Les approches utilisées jusqu'ici cherchaient avant tout à définir des distances minimales par rapport aux aires de reproduction d'espèces menacées. Cette démarche se justifie dans la mesure où l'activité des espèces est centrée sur ces aires pendant au moins une partie de l'année et où l'existence d'un lien entre le risque de collision et la fréquence des mouvements de vol dans une zone donnée ne peut être exclue, malgré les difficultés empiriques à établir formellement ce lien. À la pertinence de distances minimales fixées par avance s'oppose toutefois le fait que l'activité de vol n'est sans doute pas répartie de manière régulière sur différents habitats et que l'utilisation de ces derniers varie au cours de l'année et au fil des ans. Les espèces pour lesquelles les plus grands nombres de victimes de collision ont été observés dans le cadre de PROGRESS sont toutes également présentes en dehors des périodes de reproduction dans le nord de l'Allemagne, tandis que certaines espèces victimes de collision ne sont que de passage. Le nombre d'oiseaux morts trouvés était toutefois pratiquement le même à l'automne et au printemps. Si pour quelques espèces, par exemple l'Alouette des champs, le risque de collision est lié à certains comportements durant la période de reproduction, il n'y a aucun indice en ce sens pour la majorité des espèces. Une caractéristique est commune à toutes les espèces enregistrant les plus grands nombres de victimes dans le cadre de PROGRESS : leur présence dans les parcs éoliens dépend de l'utilisation des terres, elle aussi très variable en fonction des saisons et d'une année sur l'autre. Les changements dans l'utilisation des terres induisent ainsi un déplacement des aires de reproduction, d'alimentation et d'escale. Les possibilités de réduire ou d'éviter les interventions à l'échelle du projet sont donc très limitées. Le nombre de collisions de certaines espèces dépend donc essentiellement de l'effet cumulatif du nombre d'éoliennes installées, un effet difficile à réduire dans la conception d'un projet individuel.

Dans un premier temps, les résultats de PROGRESS ne pointent pas vers la nécessité de modifier les pratiques d'autorisation des parcs éoliens qui doivent toujours comporter des études d'impact, notamment dans le domaine de la protection des espèces. Pour les trois rapaces étudiés plus particulièrement, l'état des effectifs est résumé brièvement ci-après dans le contexte du développement de l'éolien et des éventuelles conséquences directes de ce dernier sur les pratiques en matière d'autorisation.

- Milan royal : une interprétation prudente des résultats de PROGRESS, qui reposent sur un faible nombre de données, s'accorde avec l'étude réalisée par BELLEBAUM et al. (2013) pour conclure que l'état actuel du développement de l'éolien n'engendre pas de baisse générale

des effectifs due aux collisions. Pour la suite du développement, il est toutefois absolument nécessaire de prendre en compte les intérêts de cette espèce au regard de la réglementation en matière de protection des espèces. Il faut en outre savoir que, en Allemagne, la nouvelle proposition du groupe de travail des offices régionaux de protection des oiseaux (LAG VSW 2015), qui peut être utilisée comme base pour la conception des projets éoliens, de respecter une distance de 1 500 m par rapport aux aires de reproduction va bien au-delà des recommandations scientifiques actuelles (HÖTKER et al. 2013). Comparée à la distance de 1 000 m souvent utilisée actuellement, cette règle aurait pour effet de multiplier par deux la superficie de l'espace libre à maintenir autour des sites de reproduction. L'application d'une distance de 1 500 m serait donc une mesure préventive importante suite à laquelle on pourrait s'attendre à ce que le Milan royal soit moins affecté par la poursuite du développement de l'éolien. Les pratiques actuelles en matière de conception de projets éoliens, qui se basent sur des investigations menées en vertu de la réglementation relative à la protection des espèces (voir aussi chapitre 8), peuvent donc être poursuivies, mais il est conseillé de vérifier la pertinence de la fixation d'une distance minimale.

- Pygargue à queue blanche : la forte progression des effectifs de cette espèce parallèlement au développement de l'éolien donne à penser que celui-ci a peu ou pas d'impact sur cette population. Là encore, le groupe de travail LAG VSW (2015) va plus loin que HÖTKER et al. (2013), en préconisant une zone d'exclusion de 3 000 m autour des sites de reproduction du Pygargue. Les pratiques actuelles en matière de conception de projets éoliens, qui se basent sur des investigations menées en vertu de la réglementation relative à la protection des espèces (voir aussi chapitre 8), peuvent donc être poursuivies, mais il est conseillé de vérifier la pertinence de la fixation d'une distance minimale.
- Buse variable : les résultats de PROGRESS indiquent des taux de collision élevés et un impact potentiel du développement actuel de l'éolien sur les effectifs de cette espèce. Dans un contexte d'effectifs importants de la Buse variable en Allemagne, cette population n'est pas menacée dans l'immédiat, même si elle enregistre une forte baisse dans certaines régions. Il est urgent et nécessaire de réaliser des études plus poussées pour vérifier dans quelle mesure cette baisse est provoquée par l'éolien et/ou par d'autres facteurs. Cette espèce étant très répandue, la conception de nouveaux parcs éoliens est problématique en termes de prévention et de réduction des conflits à ce sujet. Aussi faut-il examiner la possibilité d'en tenir compte dans les procédures d'autorisation. Plus encore que pour les autres espèces, il importera sans doute pour la Buse variable de compenser les interventions liées à la construction d'éoliennes d'une façon qui soit utile à l'espèce concernée et qui permette de préserver ses effectifs.

Dans l'état actuel du développement de l'éolien et des objectifs fixés à cet égard dans le bas-pays du nord de l'Allemagne, un certain nombre d'actions sont donc recommandées pour (1) examiner plus en détail les effets des collisions sur les effectifs des oiseaux et développer des mesures aptes à (2) prévenir les conflits et (3) préserver les effectifs des espèces affectées.

(1) Les résultats de PROGRESS montrent la nécessité absolue de réaliser des études plus poussées sur les populations d'espèces comme la Buse variable ou le Milan royal, ou encore d'autres espèces potentiellement menacées. Dans l'état actuel du développement de l'éolien et au vu des résultats de PROGRESS, il apparaît important de continuer les recherches sur l'impact de l'éolien,

mais aussi d'autres facteurs, sur les effectifs d'espèces potentiellement menacées, et d'en préciser l'ampleur. Pour ce faire, il est recommandé de procéder à d'autres études des collisions suivant la méthode de PROGRESS. Dans le cas des espèces à faible effectif, pour lesquels la recherche de victimes de collisions exigerait un travail d'une trop grande ampleur, le marquage de certains individus peut être une méthode utile pour identifier le pourcentage de mortalité anthropique. Pour analyser les résultats obtenus, il peut être intéressant de créer des modèles spécifiques (*Individual Based Modelling*, IBM, par exemple) prenant en compte les modifications des habitats et des ressources, ainsi que d'autres causes de mortalité anthropiques.

(2) Les résultats de PROGRESS montrent que les investigations spécifiques à un projet, qui donnent un aperçu momentané de la présence d'espèces pertinentes, ne suffisent pas : les enjeux en matière de protection de la nature et des espèces doivent être pris en compte à une échelle plus large. Le développement de l'éolien en Allemagne repose sur la construction d'un très grand nombre de parcs éoliens, chacun doté de quelques éoliennes seulement. De ce fait, les effets cumulatifs des parcs existants sont plus difficiles à prendre en compte dans le cadre de la conception d'un projet qu'à une échelle plus large. Là encore, des connaissances approfondies des effets déjà perceptibles de l'utilisation de l'énergie éolienne sont nécessaires. Piloter le développement de l'éolien à une échelle plus large peut signifier, entre autres, que les autorisations d'implantation d'éoliennes ne sont plus accordées, ou moins souvent accordées, dans une zone présentant une forte densité d'une espèce menacée. Il est également possible de favoriser le *repowering* pour aller dans ce sens. Il serait alors judicieux de protéger les zones d'exclusion des éoliennes en même temps contre tout autre facteur d'influence. Ainsi, prévoir une zone d'exclusion pour protéger les oiseaux des prairies n'a du sens que si d'autres mesures y sont mises en œuvre pour préserver les effectifs de ces espèces. Le *repowering* devrait être utilisé plus souvent pour piloter le développement éolien à l'échelle régionale, mais aussi pour réduire le nombre d'éoliennes sur les sites conflictuels.

(3) Dans le nord de l'Allemagne, les collisions avec les éoliennes concernent essentiellement les espèces vivant dans les zones agricoles. Ce sont ces oiseaux qui enregistrent les plus importantes baisses d'effectifs en Allemagne. Les résultats de PROGRESS montrent qu'il est nécessaire de renforcer les efforts de protection pour préserver les effectifs des espèces affectées. L'une des priorités dans l'utilisation de l'énergie éolienne doit être de minimiser l'impact sur les populations d'oiseaux à l'échelle du projet et de la conception, et de compenser toute intervention. Au-delà de l'échelle d'un projet individuel et de sa conception, d'autres mesures de protection s'imposent toutefois. La mise en place de programmes de protection des prairies et le soutien à une gestion extensive des zones agricoles peuvent permettre de stabiliser les effectifs des espèces qui voient leur population baisser et contribuer à l'atteinte de l'objectif d'un développement de l'éolien respectueux de la nature et de l'environnement.

Les résultats de PROGRESS mettent en évidence la nécessité de prendre en compte le plus précocement possible les enjeux de protection de la nature et des espèces dans la programmation du développement des énergies renouvelables, et en l'occurrence de l'éolien. Au vu du très grand nombre de procédures d'autorisations individuelles de parcs éoliens, il apparaît très difficile, à l'échelle d'un projet individuel, de prendre en compte de manière adéquate certains effets, notamment cumulatifs. Il conviendrait de ce fait de définir le plus en amont possible de la planification les éventuels conflits d'intérêts, si possible au moment de la fixation des objectifs de développement.