

Communauté Éviter-Réduire-Compenser en Occitanie

Préconisations relatives à l'éolien terrestre

Ce document est issu des travaux du groupe de travail n°3 de la CRERCO consacré à l'éolien terrestre. Le groupe de travail s'est réuni à 3 reprises entre septembre 2017 et janvier 2018, avec des travaux intenses entre les sessions.

L'État et la Région remercient vivement les participants (cf. annexe 3) pour l'énergie mobilisée et pour l'esprit constructif dans lequel se sont déroulés ces travaux.

Ce document, volontairement synthétique, met en avant les idées clés et les principales recommandations. Il est rédigé sous la responsabilité des services de l'État et de la Région.

1) Enjeux et contexte au niveau régional

L'Occitanie se caractérise par une richesse écologique exceptionnelle et par un aménagement soutenu du territoire (notamment arc méditerranéen et étoile Toulousaine), avec des conséquences sur la préservation de la biodiversité.

La Région Occitanie est cheffe de file en matière d'énergie-air-climat et de protection de la biodiversité. Sa volonté est d'accompagner les acteurs socio-économiques pour développer la croissance verte via notamment le développement équilibré et durable de la production d'énergie renouvelable, dont l'éolien terrestre et en mer, en visant l'objectif d'être « région à énergie positive » en 2050.

La DREAL assure le pilotage et la mise en œuvre régionale des politiques publiques de développement durable et de transition énergétique. Dans ce cadre, elle veille à concilier la protection du patrimoine naturel exceptionnel de l'Occitanie et le développement des énergies renouvelables, notamment de l'éolien. Elle est en charge de l'instruction des demandes de dérogation à la stricte protection des espèces prévue par la loi.

En Occitanie, une centaine de parcs éoliens en fonctionnement sont recensés en 2017 pour une puissance cumulée d'environ 1 241 MW.

2) État de l'art concernant l'éolien terrestre

La construction et l'exploitation des parcs éoliens peuvent avoir une incidence sur l'ensemble de la faune, en particulier l'avifaune et les chiroptères, et sur leurs habitats. Les principaux impacts potentiels identifiés pour ces espèces sont l'altération des habitats, le dérangement et la mortalité par collision avec les pales en mouvement ou par barotraumatisme.

Conformément à la réglementation, l'exploitant d'un parc éolien doit s'assurer que la construction et l'exploitation de son parc ne dégradent pas l'état de conservation des populations de ces espèces, à toutes les étapes de la vie du projet :

- avant l'autorisation, en réalisant une étude d'impact qui permette d'évaluer les impacts du projet et de définir des mesures adaptées ;
- pendant la construction ;
- pendant l'exploitation de l'installation, en réalisant des suivis environnementaux réguliers. S'agissant de ces suivis, dans certains cas, leur fréquence peut être augmentée en fonction des enjeux et des impacts prévisibles qui auront préalablement été identifiés dans le cadre de l'étude d'impact (ex. suivi sur plusieurs cycles annuels pour limiter les biais méthodologiques).
- pendant la déconstruction et la remise en état.

Ce document formule des recommandations relatives aux études d'impacts, en particulier sur les inventaires en phase amont, et sur les suivis environnementaux en phase

d'exploitation, considérant que des marges de progrès existent sur ces 2 étapes de la vie d'un projet d'éolien terrestre.

3) Recommandations et propositions relatives aux inventaires amont

Il est recommandé lors de la phase amont de faire valider par les services instructeurs de l'État l'aire d'étude, la pression d'inventaire ainsi que les méthodes de prospection mises en œuvre.

Afin d'établir un pré-diagnostic avant la rencontre avec les services instructeurs, le porteur de projet (PP) réalise une compilation des données existantes (données SINP, cartes de sensibilité sur Picto, résultats des suivis des parcs éoliens existants, consultations des sites associatifs : atlas chiroptères, cartes de cavités souterraines du BRGM, ..., documents d'urbanisme communaux ayant des diagnostics environnementaux déjà réalisés sur la zone).

Le PP s'assure que le projet ne se trouve pas sur une zone de compensation d'un précédent projet dès lors que cette information est disponible (l'État mettra à disposition courant 2018 un outil dénommé GéoMCE facilitant cette identification).

→ Prévoir trois échelles pour les aires d'études

Le périmètre d'étude est à adapter en fonction des projets. Il permet d'identifier les différents gîtes (pour les chiroptères), les zones de chasse, d'alimentation, de reproduction, ainsi que les axes de migration et de transit des différentes espèces. Trois échelles sont à considérer :

- aire d'étude immédiate, qui comprend la zone d'implantation potentielle des éoliennes et ses abords ;
- aire d'étude rapprochée, définie en fonction du périmètre des habitats des espèces protégées étudiées et de leur fonctionnalité ;
- aire d'étude éloignée : zone sur laquelle sont analysés les effets cumulés avec d'autres projets à l'échelle d'une entité biogéographique cohérente (massif, plaine littorale, etc.). Les impacts sur la faune volante sont analysés à cette échelle sur la base des données bibliographiques ou de données télémétriques pour certains rapaces ou chiroptères.

→ Rechercher les conditions météorologiques optimales

Pour l'avifaune, les jours de précipitation et généralement de conditions climatiques extrêmes sont proscrits.

Pour les chiroptères, les conditions optimales sont l'absence de précipitation, de brume ou de brouillard, une vitesse du vent inférieure à 6 m/s et une température supérieure à 10 °C (ou dans certains contextes montagnards > 8 °C).

→ Prendre en compte l'ensemble des cycles biologiques

Les inventaires doivent être réalisés sur l'ensemble des cycles biologiques, selon les tableaux figurant en annexe 1. Le calendrier est à adapter en fonction de la zone bioclimatique concernée. L'étude doit mentionner les dates et heures de prospection suivant les groupes taxonomiques, la pression d'observation et les conditions météorologiques d'observation à ces dates.

→ Adapter les techniques et protocoles

Pour l'avifaune, au regard des meilleures techniques disponibles à ce jour, les protocoles suivants sont préconisés en fonction des espèces :

- nicheuse : Indices ponctuels d'abondance (IPA), permettant de dénombrer tous les oiseaux contactés (entendus ou vus) quelle que soit la distance de détection, à partir d'un point fixe.
- hivernante : transects (Indice Kilométrique d'Abondance), permettant de dénombrer les oiseaux contactés (entendus ou vus) quelle que soit la distance de détection, à partir de transects en ligne parcourus à faible vitesse.
- nocturne : méthode de « la repasse », mais à n'utiliser que pour certaines espèces discrètes et à vocalisations aléatoires.
- rapaces diurnes : Point d'observation fixe, répété dans le temps et caractérisation des zones d'ascendance

Concernant les espèces migratrices, un inventaire (ou un suivi) limité à l'échelle du projet est demandé par le guide méthodologique national et permet de détecter les stratégies de vol des espèces au droit du site. Seul, ce suivi reste parcellaire et n'a pas vraiment de sens. Il est donc proposé de mener un projet au niveau régional, décrit dans le point 5 de ce document.

Pour les chiroptères, les inventaires combinent les éléments suivants :

- recensement des gîtes sur l'aire d'étude rapprochée du projet ;
- écoutes au sol par échantillonnage (actives et passives) couvrant toute la durée d'activité considérée en ajustant la pression d'inventaire à un niveau suffisant ;
- écoutes en continu en altitude couvrant l'espace balayé par les éoliennes, sans échantillonnage temporel ou lissage analytique (ex. « minute positive »), le point de suivi en altitude pourra faire l'objet d'un suivi simultané au sol (en continu ou par échantillonnage).

Dans les cas où les écoutes en altitude ne seraient pas réalisées, nécessitant un argumentaire solide auprès des services instructeurs, un bridage préventif suffisant est proposé. Il est à adapter en phase d'exploitation en fonction de son efficacité et des suivis environnementaux mis en place.

→ Ajuster la pression d'inventaire

Tout en étant proportionnée aux enjeux, la pression de prospection doit être suffisante pour permettre de comprendre le fonctionnement écologique et d'identifier les enjeux du site étudié. L'étude doit démontrer que les inventaires sont suffisants et pertinents.

Pour de nombreuses espèces, difficiles à déceler ou présentant une activité très variable suivant les conditions météorologiques, plusieurs passages doivent être réalisés pendant les saisons d'observation.

La définition plus précise d'une fourchette du nombre de journées de prospection est toutefois difficile car dépendante des techniques d'inventaires, des protocoles, des différents cycles biologiques, des espèces, de la taille du projet, etc.

Recommandations relatives aux suivis en phase d'exploitation

Il est recommandé de prévoir le lien entre les inventaires et les phases postérieures de suivi, selon le principe « Before After Control Impact » (BACI) avec la nécessité d'utiliser les mêmes méthodes et les mêmes protocoles sur l'aire d'étude rapprochée.

Le présent document précise certains volets du protocole national publié par le Ministère de la transition écologique et solidaire le 5 avril 2018.

Celui-ci indique notamment que l'ensemble des suivis (activité et mortalité) doit être engagé dans les 12 mois, et au plus tard dans les 24 mois, qui suivent la mise en service du parc éolien. Si aucun impact significatif sur les chiroptères et l'avifaune n'est constaté, le prochain suivi est effectué dans les 10 ans. Le cas échéant, des mesures correctives de réduction doivent être mises en place et un nouveau suivi doit être réalisé l'année suivante. Ce délai passe à 3 ans dans le cadre d'un dépôt de demande de renouvellement (repowering).

Le protocole national prévoit une transmission systématique des données de mortalités par les exploitants au Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) pour un traitement et une analyse nationale de l'impact mesuré. Il est proposé que les données sur les parcs éoliens situés en Occitanie soient aussi fournies en région par le biais du comité de suivi régional sur la thématique éolien/biodiversité (cf. chapitre 4).

→ Élargir dans certains cas les suivis de mortalité

Le protocole de suivi national fixe une période de suivi obligatoire centrée sur les périodes à enjeux notamment la nidification et la migration de l'avifaune, ainsi que la reproduction et l'activité automnale pour les chiroptères. En zone méditerranéenne, sur un couloir dense de migration des oiseaux et de populations importantes de chiroptères comme en Occitanie, cette période obligatoire doit être adaptée, au moins pour certaines espèces et en fonction des enjeux.

Pour l'avifaune, des suivis élargis sont réalisés sur les parcs éoliens déjà implantés dans des domaines vitaux (DV) des espèces rares et menacées à très forts enjeux nationaux et internationaux (zonages disponibles sur la base de données PICTO-Occitanie) :

- Faucon crécerellette (*Falco naumanni*) ;
- Vautour fauve (*Gyps fulvus*) ;
- Vautour moine (*Aegypius monachus*) ;
- Percnoptère (*Neophron percnopterus*) ;
- Gypaète barbu (*Gypaetus barbatus*) ;
- Aigle royal (*Aquila chrysaetos*) ;
- Grand Tétras (*Tetrao urogallus*) ;
- Aigle de Bonelli (*Aquila fasciata*).

Ces suivis élargis ne sont pas nécessaires dans le cas où les individus sont équipés de balises GPS.

S'agissant des périodes de réalisation de ces suivis, elles seront adaptées aux espèces et à leurs cycles biologiques et pourront s'étendre, dans certains cas, à une année complète.

Le suivi de mortalité se concentre sur 2 périodes jugées à risque à savoir la période nuptiale et la période des migrations automnales. Pour les parcs concernés par des sensibilités sur l'avifaune hivernante et sur les migrants de printemps, ce suivi devra être étendu aux périodes respectives.

Pour les chiroptères, des suivis élargis sont opérés sur les parcs éoliens, dès lors que les inventaires ont révélés des contacts notables ($Q > 75\%$ du référentiel acoustique MNHN) pour les espèces suivantes:

- Grande Noctule (*Nyctalus lasiopterus*)
- Sérotine de Nilsson (*Eptesicus nilssonii*)
- Molosse de Cestoni (*Tadarida teniotis*)
- Sérotine bicolore (*Vespertilio murinus*)

Un travail est en cours pour déterminer et cartographier les gîtes d'importances pour la conservation des chiroptères. Une fois le travail achevé, il conviendra d'adapter les protocoles de suivis élargis.

Des suivis élargis sont également opérés sur les parcs éoliens où une activité importante a été notée dans le cadre de l'étude d'impact, à n'importe quelle saison de l'année, en proposant une détection au sol au niveau du parc éolien.

L'ensemble de ces zonages de référence est issu de données naturalistes fines et a pour vocation à être mis à jour régulièrement. La modification de la répartition des espèces pourra ainsi entraîner une modification du niveau de suivi sur la période d'exploitation d'un parc éolien.

→ Adapter la fréquence des visites

La fréquence des visites, a minima 1 par semaine pendant la période de suivi considérée, doit être calibrée sur la base de tests de détectabilité et de persistance. Il est recommandé de réaliser une phase de tests à minima 15 jours avant la période de suivi envisagée afin de définir le nombre de visites (le calibrage du protocole pouvant être réalisé sur la base d'outils tel que celui proposé par le CEFE – Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive).

Dans certains cas, qui restent à déterminer par le comité régional de suivi éolien biodiversité, la fréquence de visite est portée à 2 par semaine afin de détecter avec plus de fiabilité la mortalité de l'avifaune ou des chiroptères impactés. C'est notamment le cas pour les espèces difficilement détectables et / ou pour les périodes les plus à risque.

→ Améliorer les suivis d'activités

Pour l'avifaune nicheuse, il est recommandé de reproduire le même protocole que celui mis en place dans le cadre de l'étude d'impact (BACI) en considérant la zone d'impact du parc finalement construit.

Pour les chiroptères, un suivi automatisé de l'activité ultrasonore est réalisé en continu à hauteur de nacelle.

4) Points à approfondir, ouvertures

→ Travailler à l'échelle de la planification

Un consensus a émergé au cours des travaux sur la nécessité d'une meilleure anticipation et planification du développement de l'éolien terrestre. La meilleure échelle de cette planification reste toutefois à définir, en se référant aux objectifs régionaux qui seront affirmés dans le cadre du Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité du Territoire (SRADDET – Occitanie 2040).

→ **Mettre en place un « comité de suivi régional éolien/biodiversité »**

Compte tenu de la superposition des enjeux de biodiversité, du potentiel éolien et des objectifs ambitieux affichés par la Région, il est proposé qu'un comité d'experts éolien/biodiversité pluridisciplinaire (scientifiques, DREAL, exploitants, associations de protection de la nature, etc.) soit mis en place. Ce comité pourrait notamment travailler sur la qualité des suivis, leur évaluation, ou encore l'animation d'un projet « *suivi de la migration des oiseaux à l'échelle régionale* ».

De même, pour des problématiques spécifiques, dont des espèces sensibles à l'éolien et à grand territoire vital (comme la Grande noctule, le Faucon crécerellette, ...), le comité de suivi régional pourrait mettre en place des comités de suivi locaux pour évaluer les effets cumulés liés aux parcs éoliens.

Les questions relatives à l'échange de données seront traitées dans le cadre de ce comité.

→ **Faire évoluer les protocoles en fonction de nouvelles technologies**

De nouvelles technologies sont actuellement en cours de déploiement sur les parcs éoliens en exploitation. C'est notamment le cas des dispositifs de vidéo-détection en temps réel qui sont couplés à des modules d'effarouchement et d'arrêt des éoliennes en fonction des situations à risque identifiées. Pour le suivi automatisé, des études régionales pourront être menées pour préciser la typologie des mouvements par l'utilisation des techniques « radars ». Ces dispositifs permettent de réduire les risques de collision et de suivre l'activité des oiseaux et des chiroptères. Par ailleurs, ils permettent, dans l'éventualité où les modules d'effarouchement et d'arrêt des éoliennes n'ont pas été déclenchés (paramétrage du dispositif, conditions météorologiques,...), d'inventorier les cas de collision. Dans le cas où ces technologies sont installées sur un parc éolien, le suivi de la mortalité du parc concerné se limitera aux périodes obligatoires du protocole de suivi national.

Le cas échéant, les données brutes ainsi les paramètres de détection devront être fournis en même temps que le suivi de la mortalité, notamment dans le cadre du SINP.

Annexe 1

Tableau indicatif du cycle biologique des espèces pour la région Occitanie (à adapter en fonction de l'altitude et des espèces)

Pour l'avifaune

Mois	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Dec
Migration pré-nuptiale												
Reproduction (hors grands rapaces et certaines autres espèces)												
Reproduction (Grands-Rapaces)												
Reproduction (nicheurs nocturnes)												
Migration post-nuptiale												
Hivernage												

Pour les chiroptères

Mois	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Dec
Hibernation												
Gestation /Transit printanier												
Naissance et élevage des jeunes												
Pariades/ Transit automnal												

	Périodes principales
	Périodes dépendantes des conditions météorologiques ou de l'altitude

Annexe 2

Synthèse des principaux points de dissensus

Si la richesse des échanges au sein du groupe de travail a clairement permis de faire émerger des consensus importants, certains points ne sont pas totalement partagés et demeurent dissensuels.

Ces points, dont les principaux sont synthétisés et présentés ci-après, portent essentiellement sur l'évitement systématique et sur le renforcement des inventaires et des suivis en présence d'enjeux particuliers.

1- Renforcement des inventaires et des suivis en présence d'enjeux particuliers

Le groupe de travail a débattu des éléments précis permettant d'améliorer les inventaires et les suivis. Il s'agit essentiellement de renforcer et de compléter, dans certains cas identifiés, les protocoles appliqués. De manière générale, les propositions portant sur l'avifaune sont globalement plus consensuelles que celles sur les chiroptères.

S'agissant des chiroptères, certaines propositions ne sont pas partagées au sein du groupe de travail, c'est notamment le cas concernant l'extension des périodes d'inventaire aux périodes d'hibernation pour la recherche des gîtes et pour certaines espèces actives en hiver.

Pour les suivis, seules les périodes apparaissent ici comme non consensuelles :

- Grande Noctule (*Nyctalus lasiopterus*) : semaines 7 à 19
- Sérotine de Nilsson (*Eptesicus nilssonii*) : semaines 9 à 19
- Molosse de Cestoni (*Tadarida teniotis*) : semaines 9 à 19
- Sérotine bicolore (*Vespertilio murinus*) : semaines 44 à 48

De la même manière, s'agissant de l'avifaune, les propositions qui n'emportent pas l'adhésion de l'ensemble des membres du groupe de travail sont notamment :

Pour les inventaires : la pression d'échantillonnage correspondant à au moins une journée complète de l'aube au crépuscule par décade sur toute la période de migration.

Pour les suivis :

- l'extension du suivi à la période de migration printanière pour les parcs éoliens installés sur un relief concentrant les flux migratoires (col, littoral, grandes vallées alluviales) où sur un secteur concentrant des flux migratoires d'oiseaux.
- la répétition de l'ensemble des suivis (activité et mortalité) tous les 5 ans sur la durée d'exploitation du parc. Cela permet de mesurer dans le temps l'efficacité des mesures ERC et de les ajuster le cas échéant.
- Le suivi mortalité est élargi aux périodes fixes par espèces à enjeux (seules les périodes apparaissent ici comme non consensuelles):
 - Faucon crécerellette (*Falco naumanni*) : 15/02 au 15/10 ;
 - Vautour fauve (*Gyps fulvus*) : toute l'année ;
 - Vautour moine (*Aegypius monachus*) : toute l'année ;
 - Percnoptère (*Neophron percnopterus*) : 15/03 au 15/10 ;
 - Gypaète barbu (*Gypaetus barbatus*) : toute l'année ;

- Aigle royal (*Aquila chrysaetos*) : toute l'année ;
- Grand Tétras (*Tetrao urogallus*) : toute l'année ;
- Aigle de Bonelli (*Aquila fasciata*) : toute l'année.

Des suivis mortalité élargis sont aussi nécessaires dans les ZPS et ZSC.

2- Évitement systématique des zonages de référence des Plans Nationaux d'Actions (PNA)

L'Occitanie présente de très forts enjeux nationaux et internationaux vis-à-vis de l'avifaune, particulièrement pour certaines espèces rares et menacées (Aigle de Bonelli, Faucon crécerellette, Milan royal, Vautour fauve, Vautour moine, Percnoptère, Gypaète barbu, Aigle royal, Grand Tétras). Pour ces espèces, qui font souvent l'objet de PNA, les domaines vitaux peuvent être déterminés (correspondant aux espaces nécessaires à l'accomplissement de l'ensemble du cycle biologique de ces espèces).

L'évitement systématique dans ces espaces, lorsqu'ils sont établis et connus, a été largement débattu sans obtenir de consensus.

De la même manière, dans l'objectif de limiter les impacts (mortalité et pertes de fonctionnalités des habitats) sur les chiroptères, l'évitement systématique de certaines zones, associées à des enjeux particulièrement importants, a été discuté et détaillé sans obtenir de consensus. Pour illustrer, c'est notamment le cas de l'évitement systématique dans les :

- zones attractives (proximité des zones humides des lisières, des haies) ;
- zones où la migration est concentrée (cols de montagnes / collines, grandes vallées alluviales, les littoraux) ;
- zones proches des gîtes d'importance ;
- habitats proches de colonies d'espèces menacées.

En conclusion, ces éléments de dissensus ne doivent pas occulter les avancées réalisées et le dialogue constructif installé au sein du groupe de travail.

Tous les points qui n'ont pas emporté l'adhésion de l'ensemble des acteurs réunis nécessiteront d'être revus, discutés et confrontés à nouveau pour nourrir, le cas échéant, de futurs travaux et ainsi encore mieux concilier la transition énergétique avec la protection de la biodiversité.

Annexe 3

Remerciements

Ce document, élaboré sous la supervision de la Région et la DREAL Occitanie, a bénéficié des conseils techniques et pratiques de ARENALES DEL CAMPO Vincent (DREAL Occitanie), BARTHE Lionel (Région Occitanie), BENZENET Yvain (Agence Française pour la Biodiversité), BEUCHER Yannick (Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères), BOUDAREL Patrick (DREAL Occitanie), BOUCHOU Paul (DREAL Occitanie), BOUSCARY Mathilde (France Énergie Éolienne), CELLIER Mathieu (Syndicat d'Énergie Renouvelable), CLIGNET Amélie (Engie Green), DJEMAA Sofia (Naturalia), GONZALEZ Ingrid (ARPE Occitanie), GUIRAUD Olivier (France Énergie Éolienne), HARENG Didier (DDTM du Gard), HUET Candice (Naturalia), ILLAC Pierre (Syndicat d'Énergie Renouvelable), LAMANDE Nathalie (DREAL Occitanie), LEROY-THERVILLE Stéphane (Région Occitanie), MAHÉ Zoé (DREAL Occitanie), MARJOLLET GUY (Chambre d'agriculture du Gard), MILLARD Frédérique (CGDD), MORLON Francis (LPO Aude), OUVREARD Etienne (Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères), PADILLA Brian (MNHN), PERRIER Emilie (DREAL Occitanie), RAVAYROL Alain (France Nature Environnement), ROUSSET Fabienne (DREAL Occitanie), RUTKOWSKI Thierry (LPO Aude), SANSONETTI Agnès (DREAL Occitanie), SAUGE Audrey (Abiès), SAULNIER Nicolas (LPO Hérault), SCHER Olivier (Conservatoire d'Espaces Naturels), SEGALEN Antoine (Parc Naturel Régional des Pyrénées Catalanes), SOUSTELLE Didier (DREAL Occitanie), SUDRES Jérômes (Syndicat d'Énergie Renouvelable), THORIN Sébastien (Créocéan), VINCENT Benoit (DREAL Occitanie).

Annexe 4

Références bibliographiques

- Aarts B. and Bruinzeel L., (2009) De nationale windmolenrisicokaart voor vogels. SOVON en Vogelbescherming Nederland: 38 pp.
- Ahlén I. (2003) Wind turbines and bats, a pilot study. Final report 11 December 2003 to the Swedish National Energy Administration: 5 pp.
- Albespy F., Beucher Y., Lecoq V. (2013) – Parc éolien d’Arfons (81). Suivi évaluation des impacts sur les oiseaux et les chauves-souris. Bilan des campagnes des 1ère, 2ème, et 4ème années d’exploitation (2010, 2011, 2012).
- Andre Y. (2004) Protocoles de suivi pour l’étude des impacts d’un parc éolien sur l’avifaune : 21 p.
- Andre Y. (2009) Protocoles de suivi pour l’étude des impacts d’un parc éolien sur l’avifaune (Avril 2004 - revu avril 2005, Août 2009). Programme national Eolien Biodiversité : ADEME, MEDDM, SER/FEE, LPO : 21 pp
- Arnett E., Huso M., Schirmacher M. and Hayes J.P. (2011) Altering turbine speed reduces bat mortality at wind-energy facilities. *Front. Ecol. Environ.* 9: 209–214.
- Arnett E.B. (2005) Relationship between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of bat fatality search protocols, pattern of fatality, and behavioural interactions with wind turbines. A final report submitted to the Bat and Wind Energy Cooperative. Conservation International, Austin, Texas, USA.
- Arnett E.B., Brown K., Erickson W.P., Fiedler J., Henry T.H., Johnson G.D., Kerns J., Kolford R.R., Nicholson C.P., O’Connell T., Piorkowski M., and Tankersley R. Jr. (2008) Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America. *Journal of Wildlife Management* 72: 61-78.
- Baerwald E.F., D’Amours G.H., Klug B.J. and Barkley R.M.R (2008) Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology* 18 (16): 695-696.
- Baerwald E.F., Edworthy J., Holder M. and Barclay R.M.R. (2009) A large-scale mitigation experiment to reduce bat fatalities at wind energy facilities. *Journal of Wildlife Management* 73: 1077-1081.
- Bauer D.M., Cyr N.E., and Swallow S.K. (2004) Public Preferences for Compensatory Mitigation of Salt Marsh Losses: a Contingent Choice of Alternatives. *Conservation Biology* 18: 401-411.
- Beucher Y., Kelm V., Albespy F., Geylin M., Nazon L., Pick D. (2013) - Parc éolien de Castelnau-Pégayrols (12). Suivi pluriannuel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campagnes des 2ème, 3ème, et 4ème années d’exploitation (2009-2011).
- Beucher Y., Kelm V., Geyelin M. et Pick D. (2010) Parc éolien de Castelnau-Pégayrols (12) ; suivi évaluation post-implantation de l’impact sur les chauves-souris. Bilan de campagne de la deuxième année d’exploitation (2009). EXEN: 4 pp.
- Bernardino J., Bispo R., Costa H., & Mascarenhas M. (2013): Estimating bird and bat fatalities at wind farms : a practical overview of estimators, their assumptions and limitations. *New Zealand Journal of Zoology* 40 (1) : 63-74.
- Bispo R., Bernardino J., Marques T. & Pestana D., (2013). Modeling carcass removal time for avian mortality assessment in wind farms using survival analysis. *Environmental and Ecological Statistics* 20 : 147-165.
- Borner, L & Duriez, Olivier & Besnard, Aurélien & Robert, A & Carrere, V & Jiguet, F. (2017). Bird collision with power lines: Estimating carcass persistence and detection associated with ground search surveys. *Ecosphere*. 8. e01966. 10.1002/ecs2.1966.

Brinkmann R. (2006) Survey of possible operational impacts on bats by wind facilities in Southern Germany. Report for Administrative District of Freiburg – Department 56, Conservation and Landscape Management. Ecological Consultancy. Gundelfingen, Germany.

Brinson M.M. and Reinhardt R. (1996) The role of reference wetlands in functional assessment and mitigation. *Ecological Applications* 6: 69-76.

Brown M.J., Linton E. and Rees E.C. (1992) Causes of mortality among wild swans in Britain. *Wildfowl* 43: 70-79.

Clarke J.H., Cook S.K., Harris D., Wiltshire J.J.J., Henderson I.G., Jones N.E., Boatman N.D., Potts S.G., Westbury D.B., Woodcock B.A., Ramsay A.J., Pywell R.F., Goldsworthy P.E., Holland J.M., Smith B.M., Tipples J., Morris A.J., Chapman P. and Edwards P. (2007) The SAFFIE Project Report. ADAS, Boxworth, UK. : 671 pp.

Cryan P.M. and Brown A.C. (2007) Migration of bats past a remote island offers clues toward the problem of bat fatalities at wind turbines. *Biological Conservation* 139: 1-11.

Cuperus R., Canters K.J., de Haes H.A.U. and Friedman D.S. (1999) Guidelines for ecological compensation associated with highways. *Biological Conservation* 90: 40 – 51.

De Lucas M., Janss G.F.E. and Ferrer M. (eds) (2007) Birds and wind farms – risk assessment and mitigation. Quercus, Madrid: 275 pp.

Dietz C., von Helversen O. and Nill D. (2009) L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord. Delachaux et Niestlé : 400 pp.

Donald P.F. and Morris T.J. (2005) Saving the Sky Lark: new solutions for a declining farmland bird. *British Birds* 98: 570-578.

DREAL Haut de France (2017) Guide de préconisation pour la prise en compte des enjeux chiroptérologiques et avifaunistiques dans les projets éoliens – Région Haut de France :66 pp.

Drewitt A.L. and Langston R.H.W. (2008) Collision Effects of Wind-power Generators and Other Obstacles on Birds. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134: 233-266.

[Durr T. \(2017\) tableau des cas de mortalité par espèce publiés en Europe, mis à jour régulièrement :](#)

www.lugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/wka_voegel_eu.xls

Erickson W.P., Johnson G.D., Strickland M.D., Young D.P., Sernja K.J. Jr and Good R.E. (2001) Avian collisions with wind turbines: a summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the United States. Western EcoSystems Technology Inc. National Wind Coordinating Committee Resource Document: 36-39. Available at: <http://www.nationalwind.org/publications/avian.htm>

European Commission (2010) EU Guidance on wind energy development in accordance with the EU nature legislation. Natura 2000, Guidance Document: 116 pp.

Fairon J., Busch E., Petit T. et Schuiten M. (2003) Guide pour l'aménagement des combles et clochers des églises et d'autres bâtiments. Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Groupement Nature, Brochure Technique n°4 : 79 p.

Fiedler J.K., Henry T.H., Tankersley R.D. and Nicholson C.P. (2007) Results of Bat and Bird Mortality Monitoring at the Expanded Buffalo Mountain Windfarm, 2005. Tennessee Valley Authority June 28, 2007: 38 pp.

Glickfeld M., Jacques S., Kieser W. and Olson T. (1995) Implementation techniques and strategies for conservation plans. *Land Use & Environment Forum*: 12-27.

Gouvernement wallon (2009) Programme wallon de Développement Rural 2007-2013. Gouvernement wallon : 422 pp.

Groupe Chiroptères de la SFEPM(2016) Diagnostic chiroptérologique des projets éoliens terrestres – Actualisation 2016 des recommandations SFEPM, Version 2.1 (février 2016). Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Paris, 33 pp

Harbusch C. and Bach L. (2005) Environmental Assessment Studies on wind turbines and bat populations - a step towards best practice guidelines. Bat News: 5 pp. Available at: http://www.bach-freilandforschung.de/download/Harbusch_Bach_2005.pdf

Hashisaki S. (1996) Functional wetland restoration: an ecosystem approach. Northwest Science 70: 348-351.

Hashisaki S. (1996) Wetlands banking concept taking off here. The Seattle Daily Journal of Commerce, August 22.

Henderson I.G., Langston R.H.W. and Clark N.A. (1996) The response of common terns *Sterna hirundo* to power lines: an assessment of risk in relation to breeding commitment, age and wind speed. Biol. Conserv. 77: 185-192.

Horn J. and Arnett E.B. (2005) Timing of nightly bat activity and interactions with wind turbine blades, pages 96-116. – In: ARNETT, E.B., (2005): Relationship between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of bat fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International, Austin, Texas, USA.

Horn J.W., Arnett E.B. and Kunz T.H. (2008) Behavioral Responses of Bats to Operating Wind Turbines. The Journal of Wildlife Management 72: 123-132.

Hötter H., Thomsen K.-M. and Köster H. (2005) Auswirkungen regenerativer Energiegewinnung auf die biologische Vielfalt am Beispiel der Vögel und Fledermäuse. BfN-Skripten 142, Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.), Bonn – Bad Godesberg.

Hundt L. (ed.) (2010) Surveying for onshore wind farms. Bat Surveys – Good Practice Guidelines, 2nd Edition. Bat Conservation Trust: 21 pp.

Jacob J.-P., Dehem C., Burnel A., Dambiermont J.-L., Fasol M., Kinet T., van der Elst D. et Paquet J.-Y. (2010) Atlas des oiseaux nicheurs de Wallonie 2001-2007. Série "Faune - Flore - Habitats" n°5. Aves et Région wallonne, Gembloux: 525 pp.

Kerns J. and Kerlinger P. (2004) A Study of Bird and Bat Collision Fatalities at the Mountaineer Wind Energy Center, Tucker County, West Virginia: Annual Report for 2003. Prepared for: FPL Energy and Mountaineer Wind Energy Center Technical Review Committee: 39 pp.

Kerns J., Erickson W.P. and Arnett E.B. (2005) Bat and bird fatality at wind energy facilities in Pennsylvania and West Virginia. Pages 24-95 in E. B. Arnett, editor. Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of bat fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International, Austin, Texas, USA.

Koks B.J., van Scharenburg C.W.M. and Visser E.G. (2001) Grauwe Kiekindieven *Circus pygargus* in Nederland: balanceren tussen hoop en vrees (The Montagu's Harrier *Circus pygargus* in the Netherlands: balancing between hope and despair). Limosa 74: 121-136.

Kunz T.H., Arnett E.B., Erickson W.P., Hoar A.R., Johnson G.D., Larkin R.P., Strickland M.D., Thresher R.W. and Tuttle M.D. (2007) Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. Front. Ecol. Environ. 5: 315-324.

Langston R.H.W. and Pullan J.D. (2003) Windfarms and birds: an analysis of the effect of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. – Council of Europe T-PVS/Inf (2003) 12, 58 pages. Available at: http://www.birdlife.org/eu/pdfs/BirdLife_Bern_windfarms.pdf

Larsen J.K. and Clausen P. (2002) Potential wind park impacts on whooper swans in winter: the risk of collision. *Waterbirds* 25: 327–330.

Le Guern V. (2017) Impact des éoliennes sur la faune volante : Bilan des suivis environnementaux éoliens effectués au sein du parc naturel régional du Haut-Languedoc. Document présentation, RU technique sept 2017 : 29 pp.

Le Roi A., Walot T., Thirion M., Mulders C. et Guillaume P. (2010) Vade-mecum relatif à la remise d'avis technique dans le cadre du volet ciblé du programme agro-environnemental. MAE 9 – Bandes de parcelles aménagées. DGARNE : 58 p.

Lekuona J. and Ursua C. (2007) Avian mortality in wind power plants of Navarra (Northern Spain). In *Birds and Wind Farms: Risk Assessment and Mitigation*. M. de Lucas, G.F.E. Janss & M. Ferrer, Eds. Quercus. Madrid: 177–192.

Lieury N., Devillard S., Besnard A., Gimenez O., Hameau O., Ponchon C., Million A. (2017) Designing cost-effective capture-recapture surveys for improving the monitoring of survival in bird populations. *Biological Conservation*. 214. 233–241. 10.1016/j.biocon.2017.08.011.

Ligue pour la protection des oiseaux (LPO), juin 2017 – Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune. Étude des suivis de mortalité réalisés de 1997 à 2015, Rochefort, 92 pp.

MacArthur R.H. and Wilson E.O. (1967) *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, New Jersey.

Madsen B., Carroll N. and Brands M.K. (2010) State of biodiversity markets report: offset and compensation programs worldwide. Washington, DC: Ecosystem Marketplace and Forest Trends. Available at:
<http://www.ecosystemmarketplace.com/documents/acrobat/sbdmr.pdf>

Marx G. (2017) Le parc éolien Français et ses impacts sur l'avifaune. Etude des suivis de mortalités réalisés en France de 1997 à 2015), LPO France, Rapport ADEME/MEST. 91 pp.

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, ADEME (2004) Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens, 123 pp.

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (2009) Guide méthodologique de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens, 329 pp.

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (2010) Guide méthodologique de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens – Actualisation, 184 pp.

Mitsch W.J. and Wilson R.F. (1996) Improving the success of wetland creation and restoration with know-how, time, and self-design. *Ecological Applications* 6 (1): 77–83.

Morris A.J., Holland J.M., Smith B. and Jones N.E. (2004) Sustainable Arable Farming For an Improved Environment (SAFFIE): managing winter wheat sward structure for Skylarks *Alauda arvensis*. *Ibis* 146: 155–162.

Natagora (2008) L'implantation d'éoliennes en Région wallonne. Natagora : 8 p.

Natural England (2009) Bats and onshore wind turbines – Interim guidance. Technical Information Note TIN051: 9 pp. Téléchargeable depuis:
<http://www.snh.gov.uk/docs/C245244.pdf>

Peeters A. and Robert H. (2012) Objectivation des mesures à prendre en faveur de la biodiversité dans le cadre du développement de projets éoliens en Wallonie : 65 pp.

Race M.S. and Fonseca M.S. (1996) Fixing compensatory mitigation: what will it take? *Ecological Applications* 6 (1): 94–101.

Ratzbor G. (2009) Windenergie in Landschaft und Natur -Ergebnisse der DNR-Studie "Windkraft im Visier". Der Wind - das himmlische Kind 18 DNR-Studie "Windkraft im Visier" Seminar des BN Bayern: 18 pp.

Rodrigues, L., Bach L., Dubourg-Savage M.-J., Karapandža B., Kovač D., Kervyn T., Dekker J., Kepel A., Bach P., Collins J., Harbusch C., Park K., Micevski B., Mindermann J., 2015 – Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Actualisation 2014. EUROBATS Publication Series N°6 (version française). UNEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 133 pp.

Rodrigues L., Bach L., Dubourg-Savage M.-J., Goodwin J. and Harbusch C. (2008) Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. EUROBATS Publication Series No. 3 (English version). UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany: 51 pp.

Roux D., Le Bot A., Clément J., Tesson J.L., (2002) Impact des éoliennes sur les oiseaux – synthèse des connaissances actuelles. ONCFS, CNERA avifaune migratrice, Nantes : 152 pp.

Roux D., Le Bot A., Clément J., Tesson J.L., (2004) Impact des éoliennes sur les oiseaux – synthèse des connaissances actuelle – Conseils et recommandations. ONCFS, CNERA avifaune migratrice, Nantes : 35 pp.

Rydell J., Bach L., Dubourg-Savage M.J., Green M., Rodrigues L. and Hedenström A. (2010) Bat Mortality at Wind Turbines in Northwestern Europe. Acta Chiropterologica 12: 261-274.

Simar J., Kervyn Th. et Lamotte S. (2011) Projets éoliens. Note de référence pour la prise en compte de la biodiversité. DEMNA et DNF: 111 pp.

Vangeluwe D. (communic. orale) Cartographie réalisée par l'AFSCA et l'IRScNB sur la base de données INBO et AVES.

Winkelman J.E. (1992a) The Impact of the Sep Wind Park Near Oosterbierum, the Netherlands on Birds 1: Collision Victims. RIN rapport 92/2 Arnhem: Rijksinstituut voor Natuurbeheer.

Winkelman J.E. (1992b) The impact of the Sep wind park near Oosterbierum, the Netherlands on birds 2: nocturnal collision risks. RIN rapport 92/3 Arnhem: Rijksinstituut voor Natuurbeheer.

Zedler J.B., Williams G.D. and Desmond J.S. (1997) Wetland mitigation: can fishes distinguish between natural and constructed wetlands? Fisheries 22: 26-28.



Annexe 5

Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres

A photograph of a white wind turbine standing in a field of bright yellow flowers under a clear blue sky. The turbine is positioned slightly to the left of the center. The text is overlaid on the image.

Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres

Révision 2018

Préambule

Le protocole environnemental a été préparé sous la responsabilité de la Direction générale de prévention des risques (DGPR) et de la Direction générale de l'Aménagement, du logement et de la nature (DGALN) du Ministère de la transition écologique et solidaire (MTES) dans le cadre d'un groupe de travail associant des experts issus :

- de l'administration (DGPR, DGALN, le Muséum National d'Histoire Naturelle) ;
- des associations de protection de la nature (la Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO) et la Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFEPM)) ;
- de la profession de l'éolien (le Syndicat des Energies Renouvelables (SER) et France Energie Eolienne (FEE)).

Ce protocole tient compte de l'évolution de l'état des connaissances et du retour d'expérience tiré de la mise en application du précédent protocole, reconnu par décision du 23 novembre 2015. Il constitue une importante avancée pour identifier et réduire les impacts des parcs éoliens sur leur environnement.

Le MTES remercie vivement les membres de groupe de travail pour leur participation, leurs contributions, la relecture des documents, leurs commentaires et suggestions.



Message de la SFEPM

En s'impliquant dans le travail de révision du protocole de suivi environnemental, la SFEPM a cherché à :

- Alerter de sa préoccupation sur les effets du développement de l'énergie éolienne sur les chiroptères, pour permettre une meilleure prise en compte des risques associés lors du développement et de l'exploitation des parcs ;
- Inviter les aménageurs à s'engager pleinement dans une démarche vertueuse pour prendre en compte les chauves-souris de façon responsable et cohérente entre études d'impacts et suivis d'impacts ;
- Orienter les suivis vers un processus global de maîtrise des risques de mortalités, en facilitant la caractérisation des risques d'impacts et donc le dimensionnement de mesures correctives par la suite.

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	Novembre 2015	Version initiale
2	Mars 2018	Intégration de l'évolution des connaissances et du retour d'expérience de la mise en application du protocole de 2015

Photo de couverture : Parc éolien de sud Vienne

© Arnaud Bouissou - Terra

1 Table des matières

2	Contexte.....	4
3	Objectifs du suivi et champ d'application du protocole.....	4
1	Objectifs du suivi.....	4
2	Entrée en vigueur et champ d'application	5
4	Principes généraux.....	6
5	Cadrage préalable.....	7
5.1	Les chiroptères	7
5.2	Les oiseaux.....	8
5.3	Détermination des périodes de suivis et nombre de prospections.....	9
6	Méthodologie pour la réalisation du suivi	10
6.1	Nombre d'éoliennes à suivre.....	10
6.2	Surface et méthodologie de prospection	11
6.3	Enregistrement de l'activité des chiroptères	12
7	Les tests permettant de valider et analyser les résultats.....	12
7.1	Test d'efficacité de recherche (du chercheur)	12
7.2	Test de persistance des cadavres.....	13
8	Analyse des résultats	13
8.1	Les données brutes	13
8.2	Analyse des résultats, de l'impact du parc et de l'efficacité des mesures	14
8.3	La caractérisation de la mortalité	14
8.4	Les facteurs d'impact	15
8.5	Les mesures correctives	16
8.6	L'estimation de la mortalité.....	16
9	Bibliographie	17

2 Contexte

La construction et l'exploitation des parcs éoliens peuvent avoir une incidence sur les oiseaux et les chiroptères, et sur leurs habitats. Les principaux impacts potentiels identifiés pour ces espèces sont l'altération des habitats, le dérangement et la mortalité par collision avec les pales en mouvement ou par barotraumatisme.

Conformément à la réglementation, l'exploitant d'un parc doit s'assurer que la construction et l'exploitation de son parc ne dégradent pas l'état de conservation des populations de ces espèces, à toutes les étapes de la vie du projet :

- avant l'autorisation, en réalisant une étude d'impact qui permette d'évaluer les impacts du projet et de définir des mesures adaptées ;
- pendant la construction ;
- pendant l'exploitation de l'installation, en réalisant des suivis environnementaux réguliers, conformément au présent protocole et aux dispositions prévues par arrêté préfectoral le cas échéant ;
- pendant la déconstruction et la remise en état.

En effet, l'article 12 de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des ICPE et le point 3.7 de l'annexe I de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations soumises à déclaration disposent que : « *au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis une fois tous les dix ans, l'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs. Lorsqu'un protocole de suivi environnemental est reconnu par le ministre chargé des installations classées, le suivi mis en place par l'exploitant est conforme à ce protocole. Ce suivi est tenu à disposition de l'inspection des installations classées* ».

3 Objectifs du suivi et champ d'application du protocole

1 Objectifs du suivi

Les trois principaux objectifs du suivi environnemental sont hiérarchisés par ordre de priorité décroissant et conditionnent donc le dimensionnement du protocole :

1. Juger du niveau d'impact généré par le parc éolien suivi sur la faune volante en prenant en compte les éventuelles mesures prescrites, pour être en mesure, le cas échéant, d'apporter une réponse corrective proportionnée et efficace pour annuler ou réduire l'impact. Cet objectif prioritaire implique de détecter précisément et identifier les éventuels cadavres d'oiseaux et de chauves-souris tués par les éoliennes, caractériser la typologie de la mortalité (périodes, espèces, éoliennes concernées...), comprendre l'influence des facteurs environnementaux (climatiques, biogéographiques...). Il s'agit de

l'approche qualitative de la mortalité nécessaire pour juger de l'efficacité des mesures en place et de la nécessité de les adapter ou de les compléter.

2. Calculer les mortalités estimées générées par chaque parc éolien pour permettre des comparaisons objectives d'une année à l'autre ou entre parcs. Seule une estimation standardisée de la mortalité, via l'utilisation de formules de calcul internationales, permet d'estimer un taux de mortalité comparable entre parcs éoliens. Il s'agit d'une approche quantitative de la mortalité qui permet de replacer le niveau d'impact sur un référentiel large.
3. Construire et alimenter en temps réel une base de données nationale pour une vision globale et continue de l'impact du parc éolien français sur la biodiversité. Elle représentera le fondement indispensable à l'analyse et à la valorisation des résultats de suivis menés dans le cadre d'une étude nationale organisée par le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN). Il sera en effet nécessaire d'agréger les données au niveau le plus large possible pour obtenir la puissance statistique nécessaire à la réalisation des objectifs mentionnés aux deux paragraphes précédents.

2 Entrée en vigueur et champ d'application

Ce protocole est applicable aux éoliennes terrestres soumises à autorisation et soumises à déclaration au titre de la législation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement.

Il est applicable dès sa publication. Toutefois, si un suivi est en cours de réalisation¹ au moment de la publication du présent protocole, celui-ci pourra être poursuivi selon le protocole en vigueur à la date de début du suivi.

Sauf cas particulier justifié et faisant l'objet d'un accord du Préfet, le suivi doit débuter dans les 12 mois qui suivent la mise en service du parc éolien. Il doit dans tous les cas intervenir au plus tard dans les 24 mois qui suivent la mise en service du parc éolien.

A l'issue de ce premier suivi :

- Si le suivi mis en œuvre conclut à l'absence d'impact significatif sur les chiroptères et sur les oiseaux alors le prochain suivi sera effectué dans les 10 ans, conformément à l'article 12 de l'arrêté ICPE du 26 août 2011.
- Si le suivi met en évidence un impact significatif sur les chiroptères ou sur les oiseaux alors des mesures correctives de réduction doivent être mises en place et un nouveau suivi doit être réalisé l'année suivante² pour s'assurer de leur efficacité.

Nota : Dans le cadre d'un dépôt de demande de renouvellement d'un parc éolien ("repowering"), la réalisation d'un suivi dans les 3 années précédant la demande sera nécessaire³.

¹ Un suivi pourra être considéré "en cours de réalisation" lorsque le suivi de mortalité sur site a commencé ou que le suivi a été contractualisé et est prévu pour débuter, au plus tard, dans les six mois suivant la parution du présent protocole.

² Ou à une date définie en concertation avec les services instructeurs dans les cas où la nature de la mesure de réduction mise en œuvre le nécessite.

Le protocole pourra faire l'objet d'une révision en cas de modification de la réglementation ou de l'évolution des connaissances scientifiques et des technologies. Toute révision devra faire l'objet d'une validation du ministère en charge des installations classées pour la protection de l'environnement.

4 Principes généraux

Afin de répondre aux exigences réglementaires de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 et aux trois objectifs prioritaires cités au paragraphe 3 du présent protocole, les suivis environnementaux doivent permettre de constater et d'analyser les impacts du projet sur l'avifaune et les chiroptères des parcs en exploitation. Ils devront au minimum correspondre à des suivis de la mortalité réalisés aux pieds des éoliennes, couplés, sur les périodes précisées au tableau 1, à un suivi d'activité en hauteur des chiroptères et si l'étude d'impact ou l'arrêté préfectoral le prévoit, à des suivis comportementaux ou d'activités sur les périodes précisées au tableau 1.

Ainsi, le suivi de la mortalité pourra être croisé avec les résultats des suivis de l'activité des espèces tels que définis dans les arrêtés d'autorisation ou par des mesures complémentaires de suivis définies dans l'étude d'impact. Cela permettra d'intégrer la réalisation des suivis environnementaux en phase exploitation dans un processus plus global de compréhension et de maîtrise des risques afin d'envisager, si besoin, des réponses correctives efficaces et adaptées.

Concernant le cas particulier de l'activité des chiroptères, il apparaît qu'un suivi de l'activité en continu en hauteur et sans échantillonnage de durée peut permettre d'appréhender finement les conditions de fréquentation du site par les espèces et de mettre en évidence les conditions de risques de référence localement. Ainsi un suivi croisé de l'activité mesurée à hauteur de nacelles et de la mortalité au sol (recherche de cadavres), sur les périodes précisées au tableau 1, apparaît être le meilleur outil de compréhension et de maîtrise des risques pouvant permettre de valider l'efficacité des mesures de régulation, ou de les optimiser si besoin.

Nota :

Certains porteurs de projet et/ou bureaux d'étude proposent des méthodes nouvelles pour analyser en temps réel l'activité et la mortalité des chauves-souris et des oiseaux (par exemple suivi d'activité par caméra, ou par micro en canopée).

Ces méthodes étant nouvelles, on dispose actuellement de peu de retour d'expérience sur leur efficacité. Lors de la première année de suivi post-implantation grâce à ces systèmes, il est recommandé de réaliser un suivi selon le présent protocole, ce qui permettra de comparer les résultats obtenus par chaque procédure. En fonction des résultats ou de l'état de connaissance de l'efficacité de ces systèmes, l'exploitant pourra proposer au Préfet une adaptation du présent protocole spécifique à son installation compte tenu des dispositifs existants.

³ Disposition applicable 24 mois après la publication du présent protocole.

Ces résultats pourront également conduire à une révision du présent protocole pour prendre en compte les dispositifs qui auront fait l'objet d'un retour d'expérience.

5 Cadrage préalable

5.1 Les chiroptères

La mortalité des chauves-souris est particulièrement difficile à anticiper par un échantillon de relevés de terrain en phase d'étude d'impact. Elle est aussi difficile à constater en phase de suivi d'impact post-implantation car elle dépend d'une activité souvent très hétérogène (dans l'espace et dans le temps) que le suivi échantillonné ne peut caractériser parfaitement.

Ce caractère hétérogène du risque de mortalité s'explique par un cumul de facteurs d'influence (climatiques notamment), avec en particulier des pics ponctuels d'activité à proximité des rotors d'éoliennes lorsque les vitesses de vent sont faibles et les températures hautes. Ces conditions évoluent entre chaque site en fonction des espèces en présence, mais aussi de facteurs annexes (topographie, végétation, insectes-proies, attractivité des éoliennes, saisonnalité, migrations...).

Dans ces conditions, seul un suivi de l'activité en altitude, en continu et sans aucun échantillonnage de durée sur l'ensemble de la période d'activité des chauves-souris peut permettre d'appréhender finement les modalités de fréquentation du site par les espèces et de mettre en évidence les conditions de risques de référence localement ;

- En phase d'étude d'impact pré-implantation, ce suivi peut être réalisé par un suivi automatisé de l'activité ultrasonore en continu à hauteur de nacelle (sur mât de mesure de vent ou sur une éolienne dans le cadre d'un projet d'extension de parc ou de repowering) ;
- En phase de suivi d'impact post-implantation, ce suivi peut être réalisé par un suivi automatisé de l'activité ultrasonore en continu à hauteur de nacelle.

Lorsque les conditions de risques sont bien évaluées, l'expérience montre que **les mesures relativement simples de régulation du fonctionnement des éoliennes peuvent être efficaces** pour maîtriser les risques (Beucher, Kelm et al. 2013). Il s'agit alors d'organiser le processus d'étude d'impact / suivi d'impact pour permettre de retenir au plus tôt un plan de régulation proportionné.

Dans ces conditions, en phase post-implantation, le **suivi croisé de l'activité à hauteur de nacelle et la mortalité au sol apparaît comme l'outil de compréhension et de maîtrise des risques** (analyse *in situ* de la situation de risques, constat des impacts par types de problématiques et choix concerté de mesures réductrices correctives proportionnées).

Ces suivis seront à réaliser sur des périodes qui dépendent des moyens mis en oeuvre en phase d'étude d'impact pour caractériser finement (sans échantillonnage) le risque de mortalité (cf. paragraphe 5.3) :

- **Etude d'impact avec suivi d'activité des chiroptères en hauteur** : l'étude d'impact a fait l'objet d'un suivi d'activité des chiroptères en hauteur en continu sans échantillonnage qui permet de connaître la fréquentation du site en altitude par les chiroptères et de mettre en place, si nécessaire, une mesure de régulation proportionnée dès la première

année. Dans ce cas, **le suivi post-implantation (suivi croisé de l'activité en nacelle et de la mortalité) peut être objectivement ciblé vers les périodes identifiées comme les plus à risque**. Cela permettra le cas échéant de vérifier l'efficacité de la régulation et d'en optimiser les paramètres pour la suite de l'exploitation.

- **Situation alternative** : l'étude d'impact n'a pas fait l'objet d'un suivi d'activité en hauteur en continu sans échantillonnage. Dans ce cas, **le suivi post-implantation de l'activité en nacelle sera réalisé sur l'ensemble de la période d'activité des chauves-souris**. Le suivi de mortalité pourra n'être effectué que sur la période précisée au tableau 1. Toutefois, dans le cas où le suivi d'activité montrerait une activité à risque sur d'autres périodes également, la réalisation d'un nouveau suivi de mortalité sur l'ensemble des périodes concernées pourrait être prescrite. Par ailleurs, en cas d'anomalie et nécessité de mettre en place une régulation, une nouvelle campagne de suivis (activité/mortalité) devra être mise en oeuvre pour en vérifier son efficacité et/ou l'optimiser. En réalisant, le suivi uniquement sur la période identifiée comme la plus à risque, l'exploitant s'expose donc à devoir réaliser un nouveau suivi l'année suivante en cas d'activité importante mise en évidence sur les autres périodes.

5.2 Les oiseaux

L'analyse des suivis de mortalités réalisés en France de 1997 à 2015 (G. Marx, 2017) montre que la répartition des cas de mortalité d'oiseaux par collision avec les éoliennes est plus homogène sur l'année que celle des chiroptères, même si on retrouve également un pic à l'automne dû à la migration postnuptiale.

Si les passereaux migrateurs constituent le premier cortège d'oiseaux impacté par les éoliennes en valeur absolue, certaines espèces d'oiseaux nichant en France – et en particulier les rapaces diurnes – sont, sans aucun doute, les plus impactés relativement à leurs effectifs de population.

En ce qui concerne les oiseaux, il convient donc que le suivi de mortalité se concentre, dans tous les cas, sur ces 2 périodes à risque que sont la période nuptiale et la période des migrations automnales.

Pour les parcs concernés par des sensibilités sur l'avifaune hivernante et sur les migrateurs de printemps ce suivi devra être étendu aux périodes respectives.

Les périodes ciblées par un suivi de la mortalité renforcé s'appuieront donc sur le constat, en phase d'étude d'impact, d'enjeux avifaunistiques avérés sur le site, aux différentes phases du cycle biologique des oiseaux. L'étude d'impact doit donc être pertinente et conclusive sur ces notions d'enjeux, pour que cette phase de ciblage du suivi environnemental y soit adaptée. Il est possible pour cela de s'appuyer sur plusieurs moyens comme une recherche bibliographique, la consultation d'associations naturalistes, etc.

Certains parcs peuvent également être concernés par des programmes de gestion ou de réintroduction d'espèces hautement patrimoniales (Life, PNA, etc.) qui n'existaient pas lors de leur conception. La consultation des services ou des organismes en charge de ces programmes pourrait compléter utilement les inventaires réalisés lors de l'étude d'impact.

5.3 Détermination des périodes de suivis et nombre de prospections

Le suivi de mortalité des oiseaux et chiroptères sera constitué au minimum de 20 prospections, réparties entre les semaines 20 et 43 (mi mai à octobre), en fonction des risques identifiés dans l'étude d'impact, de la bibliographie et de la connaissance du site. A ce titre, il est rappelé que la période de mi août à fin octobre qui correspond à la période de migration postnuptiale pour l'avifaune et de transits automnaux des chiroptères est considérée comme à cibler en priorité. La période de mai à mi-juillet présente également un intérêt particulier pour les espèces d'oiseaux nicheurs sur le secteur considéré, ainsi que pour les chauves-souris en période de mise-bas.

Des suivis renforcés sur la période comprise entre les semaines 20 et 43 ou à d'autres périodes (= période pouvant être étendue et/ou fréquence augmentée) devront être réalisés dans les cas où :

- l'étude d'impact le préconise : enjeux liés à la présence de certaines espèces d'oiseaux patrimoniales⁴ ou de chauves-souris à d'autres périodes ;
- les prescriptions des arrêtés préfectoraux relatifs au parc concerné le précisent ;
- les premiers résultats des suivis de mortalité indiquent des niveaux de mortalité significatifs nécessitant la réalisation d'investigations complémentaires.

Le suivi de mortalité sera couplé à un suivi d'activité en hauteur des chiroptères sur une période minimale qui pourra être élargie si :

1. le parc n'a pas fait l'objet d'un suivi d'activité des chauves-souris en hauteur et en continu (sans échantillonnage de durée) lors de sa phase de développement.
2. l'étude d'impact a identifié des risques d'impact sur certaines espèces de chauves-souris à des périodes spécifiques.

En cas de reconduction du suivi, la ou les période(s), le nombre de prospections et la fréquence des prospections de l'année n+1 pourront être modifiées, en accord avec le Préfet (par exemple afin de cibler le suivi sur une espèce spécifique).

⁴ Dans le présent protocole, "espèce patrimoniale" désigne une espèce inscrite en liste rouge ou à l'Annexe I de la Directive Oiseaux.

Tableau 1: Période sur laquelle doit être effectué le suivi de mortalité de l'avifaune et le suivi d'activité des chiroptères en hauteur en fonction des enjeux

semaine n°	1 à 19	20 à 30	31 à 43	44 à 52
Le suivi de mortalité doit être réalisé ...	Si enjeux avifaunistiques ou risque d'impact sur les chiroptères spécifiques*	Dans tous les cas*		Si enjeux avifaunistiques ou risque d'impact sur les chiroptères*
Suivi d'activité en hauteur des chiroptères	Si enjeux sur les chiroptères	Si pas de suivi en hauteur dans l'étude d'impact	Dans tous les cas	Si enjeux sur les chiroptères

* Le suivi de mortalité des oiseaux et des chiroptères est mutualisé. Ainsi, tout suivi de mortalité devra conduire à rechercher à la fois les oiseaux et les chiroptères (y compris par exemple en cas de suivi étendu motivé par des enjeux avifaunistiques).

6 Méthodologie pour la réalisation du suivi

6.1 Nombre d'éoliennes à suivre

La mortalité peut être hétérogène au sein d'un parc. Aussi, au minimum, il convient de contrôler :

- toutes les éoliennes pour les parcs de 8 éoliennes et moins ;
- pour les parcs de plus de 8 éoliennes contenant n éoliennes : au minimum $8 + (n - 8)/2$.
Les éoliennes sont alors choisies de la façon suivante :
 - en priorité les éoliennes équipées d'un enregistreur automatique à ultrasons pour les chauves-souris
 - puis 50 % des éoliennes sont choisies parmi les éoliennes jugées les plus à risques lors de l'étude d'impact (ou les éoliennes ayant montré une mortalité plus importante lors des suivis antérieurs) ;
 - les éoliennes restantes sont choisies de façon aléatoire afin de disposer d'éoliennes représentatives en termes d'environnement, végétation, etc.

En forêt, lorsque le terrain oblige à prospecter sur des surfaces réduites, le nombre d'éoliennes contrôlées pourra être augmenté proportionnellement.

6.2 Surface et méthodologie de prospection

- **Surface-échantillon à prospecter** : un carré de 100 m de côté (ou deux fois la longueur des pales pour les éoliennes présentant des pales de longueur supérieure à 50 m) ou un cercle de rayon égal à la longueur des pales avec un minimum de 50 m.
- **Mode de recherche** : transects à pied espacés d'une distance dépendante du couvert végétal (de 5 à 10 m en fonction du terrain et de la végétation). Cette distance devra être mesurée et tracée. Les surfaces prospectées feront l'objet d'une typologie préalable des secteurs homogènes de végétation et d'une cartographie des habitats selon la typologie Corine Land Cover ou Eunis. L'évolution de la taille de végétation sera alors prise en compte tout au long du suivi et intégrée aux calculs de mortalité (distinction de l'efficacité de recherche et de la persistance des cadavres en fonction des différents types de végétation).
- **En forêt ou zone à végétation dense** : ne prospecter que les zones à ciel ouvert et praticables. Le reste de la surface échantillon devra faire l'objet d'une correction proportionnelle par coefficient surfacique.
- **Temps de recherche** : entre 30 et 45 minutes par turbine (durée indicative qui pourra être réduite pour les éoliennes concernées par des zones non prospectables (boisements, cultures...), ou augmentée pour les éoliennes équipées de pales de longueur supérieure à 50 m)..
- Recherche à débiter dès le lever du jour.

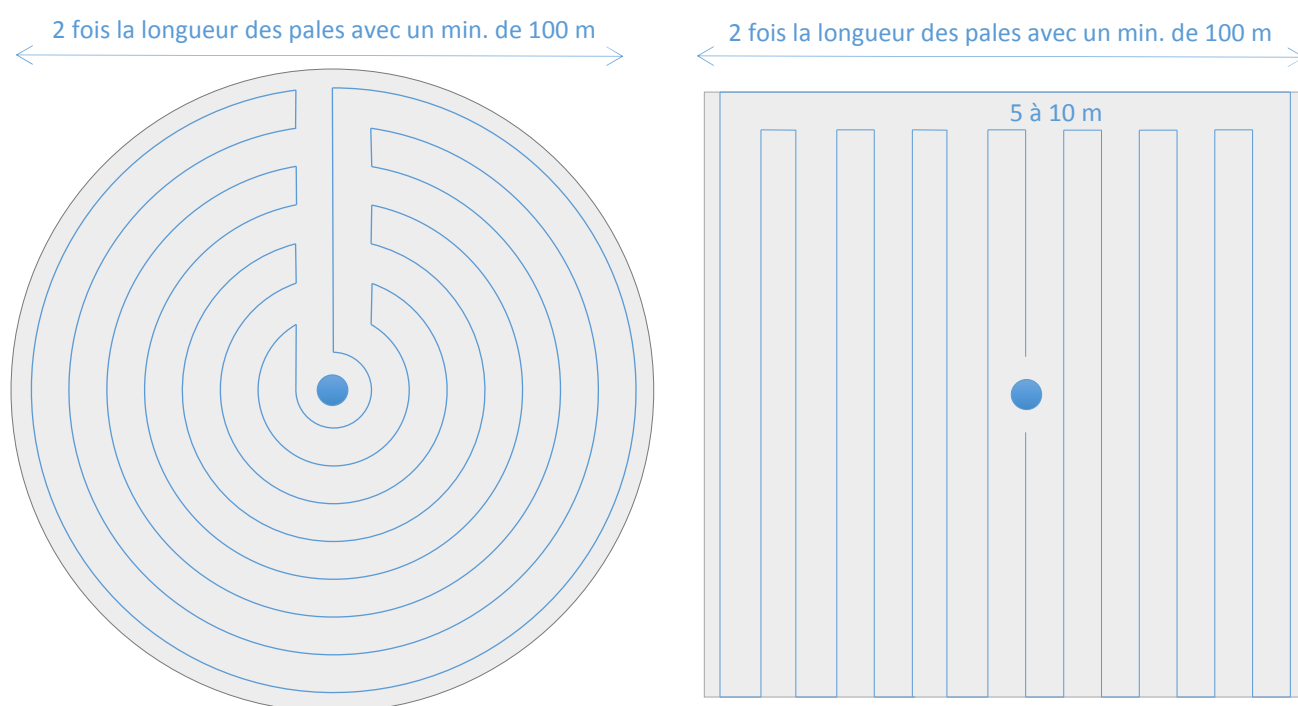


Figure 1 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m)

Nota :

Les contraintes de détection de cadavres de petits passereaux et de chiroptères sont assez comparables. Les espèces d'oiseaux de plus grande taille sont plus facilement détectables. On peut donc raisonnablement penser que le protocole de suivi de base mis en œuvre pour le suivi des chiroptères permet de prendre en compte le cas des oiseaux.

Toutefois, une étude s'appuyant sur un modèle balistique a montré que la distance potentielle de projection est corrélée avec le poids des cadavres (Hull & Muir, 2010) ; plus les individus sont grands et lourds plus ils peuvent être projetés loin des éoliennes. Il est donc probable que les oiseaux, en particulier les plus gros, soient potentiellement projetés plus loin des éoliennes que les chauves-souris.

Il est également probable que la taille des pales influence la dispersion des cadavres d'oiseaux. Une étude publiée par la LPO montre ainsi que la dispersion des cadavres est plus importante lorsque les pales sont plus grandes (Marx, 2017). D'où la nécessité d'adapter le rayon de prospection à la longueur des pales.

6.3 Enregistrement de l'activité des chiroptères

Un enregistrement de l'activité des chiroptères à hauteur de nacelle en continu (sans échantillonnage) doit être mis en œuvre conformément aux périodes précisées dans le tableau 1 (au minimum un point d'écoute pour 8 éoliennes), en fonction de l'homogénéité du parc éolien (relief, végétation, exposition aux effets d'aérodynamique, habitats potentiels...).

Un exemple de mise en œuvre du suivi d'activité des chiroptères en continu et en hauteur (matériel à utiliser, paramétrage, choix des unités de mesures) est donné en annexe.

7 Les tests permettant de valider et analyser les résultats

Plusieurs tests doivent être réalisés pour :

- Déterminer la fréquence de prospection fixée au paragraphe 5.3.
- Permettre de valider et analyser les résultats du suivi.

7.1 Test d'efficacité de recherche (du chercheur)

Il est recommandé de réaliser 2 tests d'efficacité de recherche par campagne de suivi annuel, à des périodes distinctes, selon le protocole suivant :

- Choisir une ou plusieurs éoliennes où les différents types de végétation du parc éolien sont représentés et reporter ces derniers sur une carte.
- Un 1^{er} opérateur disperse un total de 15 à 20 leurres de tailles différentes sur les différents types de végétation, à l'abri du regard de l'opérateur dont l'efficacité doit être testée. Il note la position des leurres dispersés pour faciliter leur récupération par la suite.

- Le chercheur prospecte alors le carré échantillon en respectant le protocole (transects)

7.2 Test de persistance des cadavres

Il est recommandé de réaliser 2 tests de persistance des cadavres par suivi, à des périodes distinctes, selon le protocole suivant :

- Disperser de nouveau les cadavres (entre 3 et 5 par éolienne) sous les différentes éoliennes du parc⁵.
- Suivre la persistance des cadavres par des passages répétés.
- Au minimum, un retour le lendemain du jour de dispersion, puis 2 par semaines jusqu'à disparition des cadavres ou après une période de 14 jours.

Qu'il s'agisse du test d'efficacité ou du test de persistance des cadavres, il s'agira de s'assurer que les résultats permettent bien une utilisation statistique robuste dans l'estimation de la mortalité.

8 Analyse des résultats

8.1 Les données brutes

Un tableau des données brutes doit être fourni pour permettre une compilation quantitative et informative à l'échelle nationale

- Respect du format de présentation des données brutes exploité au niveau national lorsque celui-ci aura été élaboré par le MNHN et sera validé.

Le tableau comprendra notamment :

- **Des données de caractérisation du parc éolien** (nom du parc, nombre et position des éoliennes, gabarit et modèle des machines, type de milieux, distances aux haies et lisières, commune, département,...) ;
- **Des données de précision du protocole** mis en œuvre (organisme en charge du suivi, période de suivi, dates de passages, largeur des transects, surface théorique de prospection par éolienne et surface réellement prospectée, résultats des tests,...) ;
- **Des données de caractérisation des mortalités** (pour chaque cadavre, date de découverte, nom du découvreur, numéro de l'éolienne, distance et orientation du cadavre par rapport au mât, espèce supposée, statut biologique, sexe, âge, blessure / barotraumatisme, état du cadavre et estimation de la date de la mort, type de végétation à l'endroit de la découverte...).

⁵ Test à réaliser en fonction des caractéristiques du parc (espèces présentes, habitat, etc.) en veillant à couvrir au moins la moitié des éoliennes suivies.

Ces données seront transmises par l'exploitant au MNHN, selon des modalités définies ultérieurement. La boîte de courrier électronique biodiv.eolien@mnhn.fr constitue dès à présent un canal d'échange entre exploitants et récipiendaire des données.

8.2 Analyse des résultats, de l'impact du parc et de l'efficacité des mesures

Le suivi doit présenter le nombre et le type de cadavres recensés et évaluer l'impact du parc en le comparant :

- avec l'évaluation réalisée dans l'étude d'impact initiale ;
- avec les résultats d'éventuels suivis antérieurs.

Il doit proposer une analyse quant à l'impact du parc et l'efficacité des éventuelles mesures en place.

Des mesures correctives visant à réduire la mortalité doivent systématiquement être proposées dès qu'un impact significatif est mesuré. Pour cela, une analyse comparée de la mortalité avec les autres facteurs mesurés (suivi en activité des chiroptères, conditions météorologiques, milieux environnants, emplacements des machines...) pourra aider l'identification de mesures adaptées (cf. paragraphe suivant).

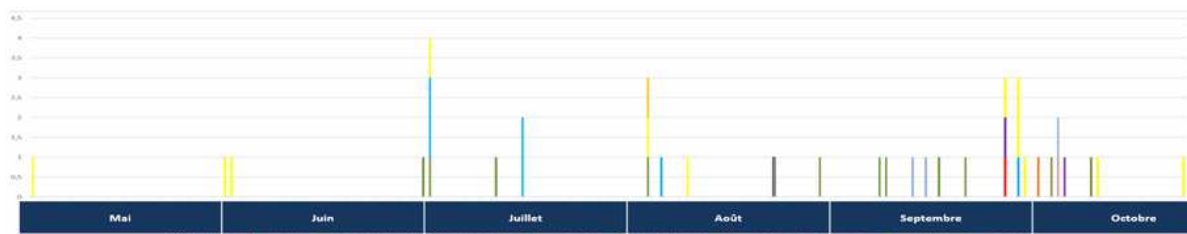
8.3 La caractérisation de la mortalité

→ Une analyse fine et qualitative des résultats doit être menée pour caractériser la mortalité

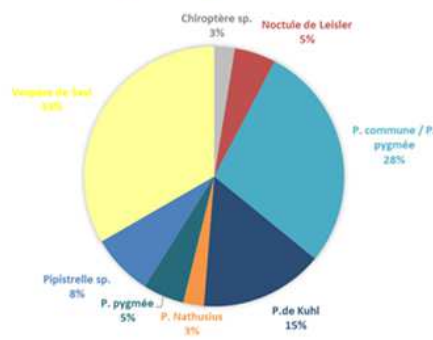
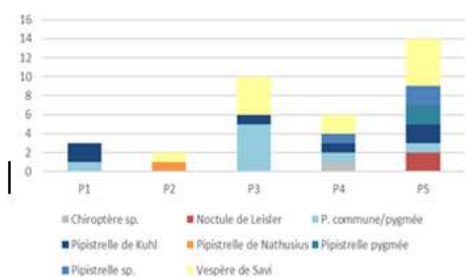
- Analyse de répartition des cadavres par éolienne ;
- Analyse des espèces retrouvées ;
- Analyse de la répartition des cadavres par type de milieu ;
- Analyse de la dispersion / orientation vis-à-vis des mâts d'éoliennes ;
- Analyse du cortège d'espèces impactées en fonction de leur comportement de vol, leur statut biologique supposé (reproduction, migration, hivernage...) ;
- Analyses de la chronologie de la mortalité (chronologie des dates de découvertes des cadavres, chronologie des dates de mortalités estimées, chronologie par espèces ou groupes d'espèces, chronologie en fonction des phénologies...).

Figure 2 : Quelques exemples de modèles de graphiques types à présenter

Exemple d'histogramme de chronologie de la mortalité (brute ou corrigée)



Exemple de diagramme du cortège d'espèces impactées



Exemple d'histogramme de la répartition des mortalités par éoliennes

8.4 Les facteurs d'impact

➔ Croiser les résultats avec d'autres données ou avec les résultats d'autres types de suivi pour une interprétation des types de risques, des facteurs d'influence et orienter l'analyse vers l'efficacité des mesures

- Analyse croisée avec les données et résultats de l'état initial (étude d'impact) ;
- Analyse croisée avec les données et résultats de l'éventuel suivi des comportements d'oiseaux si des enjeux particuliers conduisent à retenir un suivi spécifique dans l'étude d'impact ou dans l'arrêté préfectoral (corrélations avec les modalités de fréquentation du site par les oiseaux...) ;
- Analyse croisée avec les données et résultats de suivis d'activité en continu des chauves-souris (corrélations entre pics d'activité et mortalités, entre l'évolution du cortège d'espèces inventorié par suivi en continu en nacelle et la chronologie de la mortalité par espèce...) ;
- Analyse de l'influence des milieux environnants (type de milieux, distances aux lisières...) ;
- Analyse de l'influence des conditions climatiques ;

- Rappeler les mesures de réduction et compensation prévues par l'étude d'impact et/ou les arrêtés d'autorisation. Décrire leur application (ex : plan de bridage appliqué, biais de mise en œuvre...). Analyse de l'efficacité des mesures de réduction (régulation notamment) et causes d'inefficacité le cas échéant.

8.5 Les mesures correctives

→ Justifier et dimensionner les mesures correctives à mettre en place de façon proportionnée

En fonction du croisement entre les résultats de mortalité / activité / facteurs d'influence :

- Vérifier la validité des conclusions de l'étude d'impact ;
- Estimer quantitativement et qualitativement l'efficacité ou les failles des mesures (notamment de régulation) mises en place, comprendre et en expliquer les causes ;
- Proposer au besoin une révision adaptée (à la hausse ou à la baisse) des mesures en place (ex: évolution du choix du plan de régulation, des paramètres ou des seuils retenus) ;
- Retenir au besoin d'autres mesures correctives en fonction des résultats, et prévoir au besoin un nouveau suivi pour en vérifier l'efficacité.

8.6 L'estimation de la mortalité

→ Estimer la mortalité pour permettre des comparaisons objectives et détecter les parcs à impacts significatifs pour la faune volante

- Intégrer un coefficient surfacique lorsque l'intégralité de la zone de prospection définie n'a pas pu être prospectée,
- Utiliser au moins 3 formules de calcul des estimateurs standardisés à l'échelle internationale pour faciliter les comparaisons :
 - la formule de Huso (2010) ;
 - deux formules aux choix parmi : Erickson, 2000 ; Jones, 2009 ; Korner-Nievergelt, 2015 ; Limpens et al, 2013 ; Bastos et al, 2013, Dalthorp et Al 2017, etc.
- Préciser l'incertitude de l'estimation de la mortalité
- Comparer lorsque c'est possible avec des notions de populations (effets cumulés) et dynamiques de populations en fonction des connaissances disponibles.

9 Bibliographie

- Albespy F., Beucher Y., Lecoq V. (2013) – Parc éolien d'Arfons (81). Suivi évaluation des impacts sur les oiseaux et les chauves-souris. Bilan des campagnes des 1^{ère}, 2^{ème}, et 4^{ème} années d'exploitation (2010, 2011, 2012).
- Beucher Y., Kelm V., Albespy F., Geylin M., Nazon L., Pick D. (2013) - Parc éolien de Castelnau-Pégayrols (12). Suivi pluriannuel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campagnes des 2^{ème}, 3^{ème}, et 4^{ème} années d'exploitation (2009-2011)
- Groupe chiroptères de la SFEPM, 2016 – Diagnostic chiroptérologique des projets éoliens terrestres. Actualisation 2016 des recommandations SFEPM, version 2.1 (fév 2016). Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères. Paris. 33 p. + annexes
- 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.
- Bispo R., Bernadino J., Marques T. & Pestana D., 2013. Modeling carcass removal time for avian mortality assessment in wind farms using survival analysis. *Environmental and Ecological Statistics* 20 : 147-165.
- Grünkorn T., Blew J., Coppack T., Krüger O., Nehls G., Potiek A., Reichenbach M., von Rönn J., Timmermann H., Weitekamp S., 2016. Prognosis and assessment of bird collision risks at wind turbines in northern Germany (PROGRESS). Final report commissioned by the Federal Ministry for Economic affairs and Energy in the framework of the 6. Energy research programme of the federal government. Reference number FKZ 0325300A-D
- Grünkorn T., Blew J., Coppack T., Krüger O., Nehls G., Potiek A., Reichenbach M., von Rönn J., 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) Huso M., 2010. An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics* 22 318–329
- Huso M., Som N. & Ladd L., 2012. Fatality estimator user's guide (ver. 1.1, December 2015): U.S. Geological Survey Data Series 729, 22 p., <http://dx.doi.org/10.3133/ds729>.
- Huso M., Dalthorp D., Dail D. & Madsen L., 2015. Estimating wind-turbine caused bird and bat fatality when zero carcasses are observed. *Ecological Applications*, 25(5), 1213-1225. doi:10.1890/14-0764.1
- Jones G., Cooper-Bohannon R., Barlow K. & Parsons K., 2009. Scoping and method development report: determining the potential ecological impact of wind turbines on bat populations in Britain. University of Bristol and Bat Conservation Trust, London, 150 pp
- Korner-Nievergelt F., Behr O., Niermann I. & Brinkmann R., 2011a. Schätzung der Zahl verunglückter Fledermäuse an Windenergieanlagen mittels akustischer Aktivitätsmessungen und modifizierter N-mixture Modelle. – In: Brinkmann R., Behr O., Niermann I. & Reich M. (Eds.), 2011. Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Wind-energieanlagen. - Umwelt und Raum Bd. 4, 323-353, Cuvillier Verlag, Göttingen.

- Korner-Nievergelt F., Brinkmann R., Niermann I. & Behr O., 2013. Estimating bat and bird mortality occurring at wind energy turbines from covariates and carcass searches using mixture models. *PlosOne* 8:e67997.
- Korner-Nievergelt F., Behr O., Brinkmann R., Etterson M. A., Huso M., Dalthorp D. H., Korner-Nievergelt P., Roth T., and Niermann I., 2015. Mortality estimation from carcass searches using the R-package carcass – a tutorial. *Wildlife Biology* 21:30-43.
- Peron G., Hines J.E., Nichols J.D., Kendall W.L., Peters K.A., and Mizrahi D.S., 2013. Estimation of bird and bat mortality at wind-power farms with superpopulation models. *Journal of Applied Ecology* doi: 10.1111/1365-2664.12100

ANNEXE1 : Prescriptions techniques pour la bonne mise en œuvre des suivis d'activité ultrasonore en nacelle des chiroptères

Les dispositifs de suivi d'activité automatisé en nacelle de chiroptères doivent pouvoir représenter l'activité des chauves-souris dans les conditions suivantes ;

- sans échantillonnage temporel (chaque nuit, depuis environ 1 heure avant le coucher de soleil jusqu'à 1 h après le lever de soleil),
- sur l'ensemble de la période d'activité du cortège d'espèces considérée (cf. tableau 1),
- avec des systèmes qui couvrent la diversité des caractéristiques acoustiques des espèces,
- avec des micros omnidirectionnels orientés vers la base du rotor, supposée la plus à risque,
- avec des micros recalibrés chaque année,
- et une bonne qualité d'enregistrement (en maîtrisant notamment au préalable les limites de la mise en œuvre de chaque système et leurs paramétrages pour éviter les parasites acoustiques).

L'analyse doit être menée également pour faire en sorte de valoriser finement l'ensemble des données brutes et informations qui y sont associées (cris sociaux, buzz de chasse, groupe d'individus...), et sans échantillonnage ou organisation du jeu de données qui peut tendre à lisser l'information.

