

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 : « a*u 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 réalisation[1] 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 suivante[2] 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 nécessaire[3].

---

[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 règlementation 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 patrimoniales[4] 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

<table>
<tr><th>semaine n°</th><th>1 à 19</th><th>20 à 30</th><th>31 à 43</th><th>44 à 52</th></tr>
<tr><td>Le suivi de mortalité doit être réalisé …</td><td>Si enjeux avifaunistiques ou risque d'impact sur les chiroptères spécifiques*</td><td colspan="2">Dans tous les cas*</td><td>Si enjeux avifaunistiques ou risque d'impact sur les chiroptères*</td></tr>
<tr><td>Suivi d'activité en hauteur des chiroptères</td><td>Si enjeux sur les chiroptères</td><td>Si pas de suivi en hauteur dans l'étude d'impact</td><td>Dans tous les cas</td><td>Si enjeux sur les chiroptères</td></tr>
</table>

** 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 débuter dès le lever du jour.

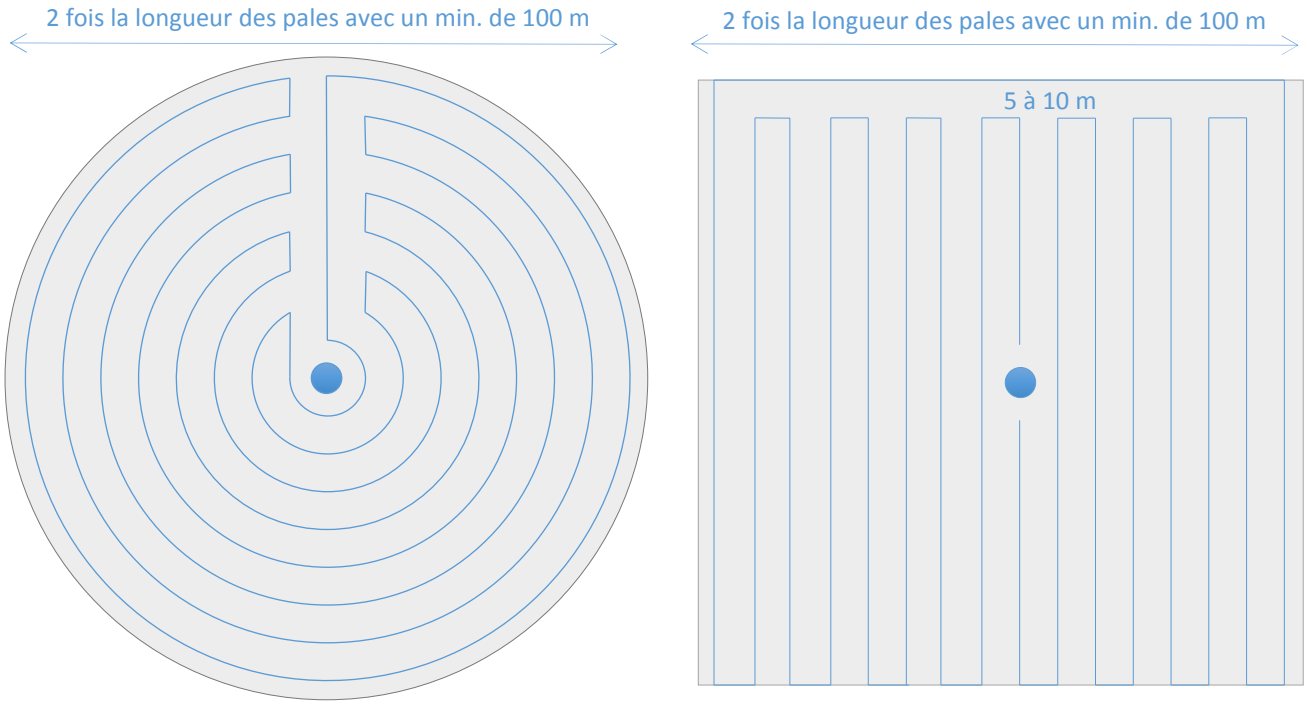


Figure 1 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m)

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'aérologie, 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 1er 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 parc[5].
- 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).

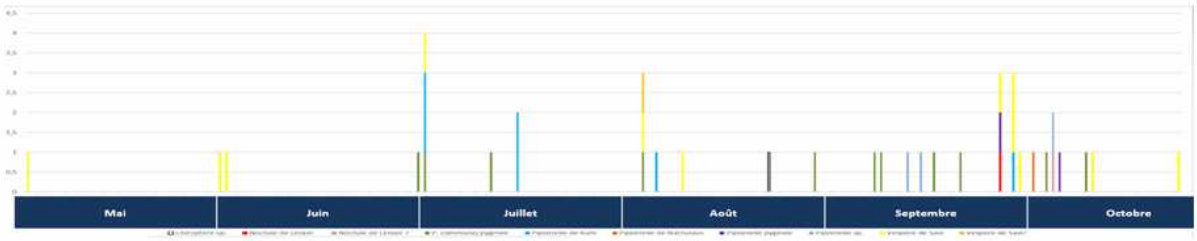
8.3 La caractérisation de la mortalité

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

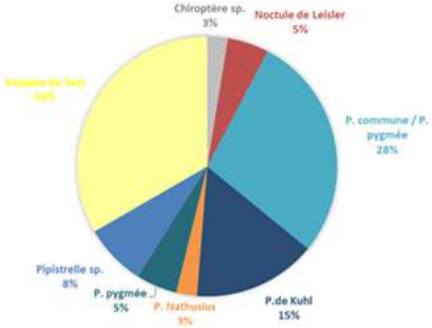
- Analyse de répartition des cadavres par éolienne ;
- Analyse des espèces retrouvées ;
- Analyse de la répartition des cadavres par type de milieu ;
- Analyse de la dispersion / orientation vis-à-vis des mâts d'éoliennes ;
- Analyse du cortège d'espèces impactées en fonction de leur comportement de 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…).

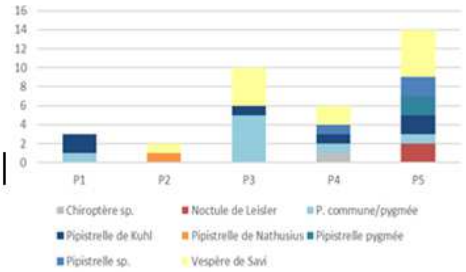
Figure 2 : Quelques exemples de modèles de graphiques types à présenter

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 1ère, 2ème, et 4èmeannées 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 2ème, 3ème, et 4ème 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 (fev 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: deter mining 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 Unter-suchung 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.

