

Sujet : [INTERNET] Enquête publique, "Soc. Ferme Eolienne de SAINT-JEAN-DE-LIVERSAY"

De : Michel Desplanches <michel.desplanches@gmail.com>

Date : 25/06/2019 14:31

Pour : pref-envir-pref17@charente-maritime.gouv.fr

Le 25 juin 2019

A l' attention de Monsieur Jacques BOISSIERE, Commissaire-Enquêteur.

Monsieur le Commissaire-Enquêteur,

Encore un projet éolien de plus dans ce département de Charente-Maritime, plus exactement dans sa partie Nord, et qui plus est en pleine zone du PNR du Marais Poitevin : veut-on faire de cette partie du département une zone sinistrée, malgré les nombreuses voix qui s' élève pour dire que cela suffit, en particulier celle du Président Dominique BUSSERAU qui a même fait voter par le Conseil Départemental un moratoire de l' éolien. Je note ensuite en préambule, qu' à la date du 23 juin, soit 4 semaines après le début de l' EP, il n' y avait sur le site préfectoral aucun avis de la MRAE, ni exprimé, ni tacite, ce qui contrevient à la réglementation et pourrait être un motif d' annulation de cette EP.

1. L' EOLIEN EST INUTILE POUR LA LIMITATION DU CO², CE PROJET EST ECONOMIQUEMENT DOUTEUX :

Votre mission ne portant pas sur les aspects de la politique générale de développement des EnR intermittentes, je vous demanderai seulement de prendre connaissance d' une vidéo de Monsieur Jean-Marc JANCOVICI, membre du Haut Conseil pour le Climat, durant son audition devant la Commission AUBERT à l' Assemblée Nationale :

<https://www.youtube.com/watch?v=Hr9VIAM71O0&feature=share>

Je joins aussi un document, le "Rapport CAHART", qui aborde les questions financières, le coût comparé des sources énergétiques électriques...

Pour le Projet de ST-JEAN-DE-LIVERSAY, j' ai examiné le dossier économique, et je m' interroge :

- Tout d' abord, il s' agit d' une filiale de projet de l' entreprise allemande VOLKSWIND GmbH, elle-même filiale à 100% du groupe suisse AXPO ; ils installeront des machines VESTAS de fabrication danoise, donc la France n' a rien à gagner financièrement à ce projet dont les bénéfices iront aux pays financeurs, avec des importations de machines qui entraîneront un accroissement de notre déficit commercial ; pas d' emplois créés non plus, ou alors quelques sous-traitances hypothétiques...

- Ensuite le plan d' affaires du projet pose question : il a été construit sur une hypothèse productive de 50500 Mwh de production brute, basée sur 2800 heures /an équivalent pleine puissance ; ces chiffres correspondent à un taux de charge moyen de 32 % , aucun PE en France, même ceux équipé des machines les plus performantes, n' atteint ce chiffre (moyenne nationale 2018, 21 %). Les vents moyens à hauteur de moyeu étant de plus annoncés à 6,9 m/sec, ce qui n' a rien d' exceptionnel...

- Il convient aussi de s' interroger sur le tarif de rachat donné à 80,97 euros du Mwh, ce qui correspond à l' Arrêté tarifaire du 13 décembre 2016 qui avait un caractère transitoire :

pourquoi le demandeur ne se rattacherait-il pas à l' Arrêté plus récent du 6 mai 2017 qui permettrait de faire baisser ce prix du Mwh par la participation à un appel d' offre de la CRE (prix moyen du 3 ème et dernier en date, 63 euros / Mwh). Ce serait beaucoup plus conforme à l' intérêt général...

2. DE NOMBREUX INCONVENIENTS POUR LES RIVERAINS :

Le premier inconvénient est évidemment visuel, dans une région de plaine assez proche du littoral et vouée à l' évidence au tourisme, auquel ce projet portera inmanquablement atteinte. Et que l' on ne nous affirme pas que l' on va développer un "tourisme éolien" ! Naturellement, cela implique aussi une perte de valeur de l' immobilier, même si c' est toujours assez délicat à démontrer. Je relève aussi l' avis du PNR du Marais Poitevin qui, au vu de la grande proximité avec le PE des Moindreaux, aurait souhaité des machines identiques et de hauteur similaire (120 mètres), je m' associe à cette remarque, faute de mieux...

Parmi les inconvénients, le plus sérieux est celui des **nuisances sonores et infrasoniques** : j' ai pris connaissance du dossier acoustique présenté par "EREA Ingénierie", qui a établi 8 points de mesure des bruits résiduels et conduit une campagne de 20 jours en été ; ce travail a toutefois été handicapé par l' absence de vents > 6 m/sec, et au-delà de cette vitesse, il a fallu établir des "extrapolations", ce qui est toujours hasardeux... Les simulations ont été conduites sur la base de la machine choisie, VESTAS V126 STE (munie de l' option serrations, il conviendra de s' assurer que le choix final comporte bien cette option...) Si l' on ne perçoit pas de dépassements d' émergences en diurne, il y en aura vraisemblablement en nocturne sur 5 points de réception, ce qui imposera **un plan de bridage et même d' arrêt pour certaines éoliennes**. A noter aussi qu' une attention toute particulière devrait être portée au point R2A (Les Borderies), où les émergences nocturnes seront > 3 dBA par faute d' une norme de 35 dBA qui est trop élevée et déroge au Code de la Santé Publique au profit des industriels de l' éolien...

Sur les infrasons je pourrais vous infliger un long exposé sur les atteintes à la santé dont ils sont responsables, face au laxisme des pouvoirs publics : je préfère mettre à votre disposition un dossier très récent, établi par Monsieur REMOUIT, qui comporte toute une série de liens informatifs que vous aurez la faculté d' utiliser...

3. UN DOSSIER QUI MINIMISE LES IMPACTS SUR LA BIODIVERSITE ET EN PARTICULIER LA FAUNE VOLANTE :

Il faut tout d' abord faire rappel de ce que ce projet se situe dans le **périmètre du PNR du Marais Poitevin**, ce qui explique une grande richesse botanique et faunistique, même si les secteurs les plus sensibles sont extérieurs à la ZIP choisie. J' ai noté que moyennant diverses recommandations le PNR a donné au projet un avis favorable, que pour ma part, je trouve concédé un peu facilement : mais encore faudrait-il que toutes le recommandations formulées soient bien effectivement appliquées...

Sur l' avifaune, les 18 séquences d' inventaires conduites par "CERA Environnement" sur une saison biologique complète ont mis en évidence la présence d' assez nombreuses espèces données dans des tableaux de synthèse page 64-65 de l' EE, ce qui fait ressortir un total de 12 espèces menacées sur le plan communautaire, plus 25 menacées au niveau national ou régional. Parmi celles-ci, les cas les plus emblématiques par rapport à l' éolien

sont des rapaces (Busard cendré et des roseaux, Milan noir, Faucon pèlerin) des Alouettes des champs et des Pluviers dorés (près E4). Reste le cas de l' Outarde canepetière, très présente dans ce secteur charentais, mais qui n' a pas été observée : son absence peut être conjoncturelle, il ne faudrait pas s' en tenir à une année particulière !

Dans les mesures prises je ne trouve rien qui soit de nature à **éviter les collisions, surtout pour les migrateurs : ne peut-on prévoir l' arrêt des éoliennes en cas de mauvaise visibilité, et pendant les travaux agricoles susceptibles d' attirer l' avifaune ?**

Sur les chiroptères, je serai plus sévère : "CERA" n' a détecté que 9 espèces différentes, et un nombre assez limité d' individus, mais c' est au terme de 8 séquences au sol seulement, complétés de quelques anecdotiques séquences en hauteur par ballons captifs, toujours sujettes à caution. C' est bien trop peu, le demandeur connaît parfaitement les recommandations d' EUROBATS et de la SFPEM à ce sujet, c' est 20 séquences pour le premier, et 12 pour le second dans son "Diagnostic..." version 2016). Lorsqu' on ne cherche pas, on trouve peu ! Ces séquences ont toutefois mis en évidence plusieurs espèces de chauves-souris sensibles à l' éolien, les plus nombreuses étant les Pipistrelles (communes et de Kuhl), mais il y a aussi des Noctules de Leisler (rares) et des Sérotines communes...

Toutes les éoliennes ne respectent pas les distances conseillées par EUROBATS et retenues par la DREAL, la plus problématique est E4, beaucoup trop proche de boisements attractifs pour les chiroptères, mais E1 et E3 sont proches aussi de boisements plus isolés. **Le demandeur, dans ses propositions, avance un bridage séquentiel pour la seule E4 :** je préconise l' extension de la mesure aux machines E1 et E3, et à des conditions plus strictes, du 15/04 au 30/10 de chaque année, toute la durée de la nuit en absence de pluie, dès que les vents sont < 8 m/sec et les températures > 8°C... Je suis conscient que cela entraînera une perte de production, mais la **survie des espèces menacées ne se marchande pas, elle est beaucoup plus vitale qu' une production éolienne qui n' a d' intérêt que pour son promoteur !**

J' en arrive à la fin de mon propos, Monsieur le Commissaire-Enquêteur, et vous suggère sur ce projet un **AVIS DEFAVORABLE**, ou à tout le moins de très sérieuses réserves. Je vous prie enfin de bien vouloir agréer ma plus haute considération.

Michel DESPLANCHES
michel.desplanches@gmail.com

— Pièces jointes : _____

RAPPORT_cahart.pdf	30 octets
Les effets des infrasons éoliens REMOUIT 06 2019.pdf	30 octets

SFEPM Diagnostic chiropteres actu. 2016.pdf

30 octets

**Groupe Indépendant
de réflexion sur l'énergie**

1^{er} janvier 2019

*Pierre Audigier, ingénieur général
des Mines (h)
ancien conseiller de la Commission Européenne*

*Patrice Cahart, inspecteur général
des Finances (h)
ancien conseiller à la Cour de cassation*

*Denis de Kergorlay, ancien président exécutif d'Europa Nostra,
la fédération européenne des associations de défense
du patrimoine paysager et monumental*

En France, l'éolien est une erreur ruineuse, sans profit pour le climat

La France n'a pas besoin de nouvelles éoliennes. Elle est excédentaire en électricité, ce qui la contraint, en année normale, à exporter 11% de sa production au prix de lourdes pertes. N'aggravons pas ce gaspillage.

De nouveaux engins n'auraient d'ailleurs aucune utilité du point de vue du climat. Les sources fossiles, émettrices de CO₂, devraient fournir, en 2019, moins de 5% de notre électricité, et on ne pourra plus, techniquement, descendre plus bas.

Or l'éolien, lourdement handicapé par son intermittence, est beaucoup plus coûteux, pour notre économie, que d'autres sources d'énergie, dont le photovoltaïque. Et ses engins sont pour l'essentiel fabriqués hors de France.

Nos paysages, nos finances publiques, nos budgets de consommateurs ne sauraient leur être sacrifiés.

En Allemagne, où l'éolien s'est développé de façon effrénée, les émissions de CO₂ par le secteur électrique n'ont pas diminué. La moitié du courant provient de fossiles (charbon, lignite). Le prix de l'électricité atteint, pour les ménages, le double du niveau français.

Le nécessaire combat pour le climat doit être recentré sur l'isolation des bâtiments et l'amélioration des modes de transport.

I/ En France, l'éolien est la pire solution, page 2
 A/Rien ne justifie un nouveau supplément éolien, page 2
 B/ L'éolien est gravement handicapé par son intermittence, page 5
 C/Un fort supplément d'éolien aurait un coût écrasant, page 6
 D/ Il serait désastreux pour le cadre de vie, page 9
 II/ Mais alors, que faire ? page 10
 Chiffrages joints, fiches Alpha et Bêta, pages 14 et 15.

I/ En France, l'éolien est la pire solution

Nous sommes des écologistes. Le combat pour la planète, son eau, son air, ses paysages, est le nôtre. Mais nous pensons qu'en promouvant l'éolien, on choisit la plus mauvaise arme.

Notre note est centrée sur la France métropolitaine ¹. Elle ne remet pas en cause l'éolien déjà en service, ou déjà décidé. Elle s'oppose en revanche à de nouveaux développements. Nous ne traiterons pas ici de l'éolien en mer, problème spécifique.

A/ Rien ne nécessite un supplément d'éolien

Quatre arguments ont été avancés pour justifier un nouveau développement éolien. Aucun d'eux ne résiste à l'examen.

a/ La France n'a pas besoin d'un nouveau développement éolien pour couvrir sa consommation d'électricité

En année normale ², notre pays exporte 11 % de sa production électrique. Ces exportations s'effectuent à des prix de braderie : EDF doit revendre moitié moins cher, en moyenne, sur les marchés internationaux, le courant qu'elle a acheté aux exploitants éoliens. **Un supplément d'éolien ne**

¹ Pour une bonne compréhension des phénomènes, notre groupe a consulté Claude Mandil, ancien directeur général de l'Énergie et des Matières premières, ancien directeur général de l'Agence Internationale de l'Énergie, ainsi que Jacques Treiner, physicien, professeur émérite à l'Université Pierre-et-Marie Curie, ancien professeur à l'Institut d'Études Politiques de Paris, enseignant à l'Université de Paris VII. Bien entendu, les positions du groupe n'engagent que lui.

² Au long de cette note, nous faisons abstraction des perturbations causées de 2016 à 2018 par l'arrêt de nombreux réacteurs pour contrôle. La France va maintenant retrouver ses rythmes antérieurs de production et d'exportation.

ferait qu'aggraver ce gaspillage, mis en fin de compte à la charge du consommateur.

b/ Un nouveau développement éolien serait sans effet sur le climat

Au cours des prochaines années, la consommation française d'électricité sera sans doute à peu près constante, comme elle l'est depuis sept ans. D'un côté, les économies d'énergie auront des effets, et la désindustrialisation peut hélas se poursuivre. De l'autre, la population augmente un peu, le niveau de vie aussi, et les véhicules électriques, il faut l'espérer, prendront leur essor.

En 2015, dernière année non perturbée, **les combustibles fossiles** (charbon, fioul, gaz) **n'ont fourni que 6,3 % de l'électricité française**. Ce faible pourcentage va se réduire encore, du fait des nouvelles installations éoliennes et photovoltaïques décidées. Il ne pourra néanmoins tomber à zéro, car on devra maintenir des installations de secours, en raison de l'intermittence éolienne et photovoltaïque.

Peut-être nous répondra-t-on qu'une progression des excédents français aiderait à la suppression des centrales allemandes au lignite, particulièrement polluantes. Mais c'est vouloir remplacer une production stable par une production intermittente ; vain exercice ³. Et la France ne porte aucune responsabilité dans le désordre allemand ; elle ne saurait sacrifier, en cette affaire, ses finances et ses paysages.

Vouloir sauver le climat en agissant sur la production d'électricité française, c'est se tromper de combat. Durant la dernière année connue, elle n'a engendré que 3,6 % de nos émissions de gaz à effet de serre ⁴, et le pourcentage va encore s'abaisser. Il faut aussi savoir aussi que, malgré un effort financier considérable en faveur de l'éolien, nos émissions de CO₂ n'ont pas baissé au cours des dernières années. C'est la preuve que la dépense est mal orientée. L'essentiel des émissions provient des transports et du chauffage des bâtiments. L'effort doit donc être reporté sur ces secteurs.

³ En Allemagne, la moitié de la production électrique est fournie par du charbon ou du lignite ! La progression de l'éolien, dans ce pays, a donc été inefficace, voire contre-performante. Le 1^{er} octobre 2004, à Cologne, Mme Angela Merkel, alors dans l'opposition, avait pourtant souligné les dangers d'une prolifération de l'éolien.

⁴ RTE, *Bilan électrique 2015*, page 20. Il inclut tous les gaz à effet de serre, en équivalents-carbone.

c/ Une nouvelle progression de l'éolien ne réduirait pas vraiment la dépendance énergétique de la France

Par analogie avec les importations d'hydrocarbures, dont notre pays est dépendant, certains font valoir que la promotion de l'éolien permettrait de réduire nos importations d'uranium.

Mais celles-ci ne constituent pas une réelle dépendance. L'uranium n'entre que pour 10 % environ dans le prix de revient du courant nucléaire. Les réserves mondiales, qui permettent de tenir environ cent ans au rythme actuel, se trouvent bien réparties sur la planète, et notamment dans des régions sûres (Australie, Canada), ce qui n'est pas le cas du pétrole et du gaz. D'ailleurs, les études en cours dans divers pays s'orientent vers la construction de surgénérateurs, à consommation très faible. Un second combustible, le thorium, dont les réserves sont triples de celles de l'uranium, s'ajouterait à celui-ci.

De son côté, la fabrication des éoliennes exige des métaux rares - dont le tantale - que la France ne produit pas, et dont la fourniture comporte, sur la longue période, de sérieux aléas.

d/ Le remplacement d'une partie des réacteurs par des éoliennes serait sans incidence sur notre sécurité intérieure

Les avocats de l'éolien font valoir des motifs de sécurité intérieure. Soucieux de *ne pas mettre tous les œufs dans le même panier*, ils sont à l'origine de la loi relative à la transition énergétique, du 17 août 2015, qui tend à limiter à 50 % la part du nucléaire dans la production électrique de notre pays. Mais notre potentiel est déjà diversifié : le nucléaire n'en constitue que 48 %. S'il assure néanmoins 75 % de la production, c'est en raison de l'intermittence de l'éolien et du photovoltaïque. La mise en service, prochainement, d'une centrale de la troisième génération, et quelques années plus tard, de celles de la quatrième accroîtra la diversité.

En second lieu, les risques du nucléaire civil, en France, sont faibles. L'accident de Fukushima a été provoqué, non par le séisme, auquel les structures de béton ont résisté, mais par le raz-de-marée, phénomène que

notre pays n'a jamais connu, si loin qu'on remonte dans les archives ⁵. Les centrales françaises en service ont d'ailleurs été construites selon des règles de sécurité beaucoup plus strictes qu'au Japon.

e/ La France est en avance et non en retard

La France est en retard, répètent les promoteurs éoliens et leurs avocats. C'est tout le contraire. Voici la hiérarchie des émissions de CO₂ que dégage la production de 1 kwh : Pologne 750 g, Allemagne 520 g, Royaume-Uni 450 g, Italie 390 g, France 60 g. Seule de l'échantillon, la Suède fait mieux (10 g) grâce à son hydro-électricité, et aussi à son potentiel nucléaire, aujourd'hui remis en cause ⁶.

B/ L'éolien est gravement handicapé par son intermittence.

1/ Elle l'empêche de remplacer le nucléaire. En effet, les éoliennes de France ne fonctionnent, en année moyenne, qu'à 24 % de leur puissance. Quand le vent est faible, elles ne tournent pas. Quand il est trop fort, elles doivent être arrêtées. Dans leurs présentations, les promoteurs affirment que les engins prévus permettront d'alimenter tant de foyers ; c'est spécieux, car les intéressés dépendront d'autres sources pour les trois quarts de leur consommation d'électricité.

2/ Les avocats de l'éolien s'efforcent de minimiser ce gros défaut :

- ils invoquent le « foisonnement », c'est-à-dire la supposée compensation des vents de la Manche, de l'Atlantique et de la Méditerranée ; or cette compensation est très imparfaite ; chaque année, et parfois durant plusieurs jours, la production éolienne tangente le zéro dans l'ensemble de la France ; particulièrement critiques sont les périodes de grand froid, durant lesquelles il n'y a ni vent ni soleil, alors que la consommation des particuliers atteint son maximum ; il serait fort imprudent de compter alors sur les importations, car nos voisins subissent les mêmes vagues de froid ;
- les pointes de production de l'éolien, dit-on, pourraient être utilisées à extraire l'hydrogène de l'eau, et ce gaz servirait ensuite à faire fonctionner

⁵ En décembre 1999, une tempête a partiellement inondé la centrale nucléaire du Blayais, dont trois réacteurs ont dû être arrêtés. Des travaux de sécurité ont alors été effectués. En 2007, l'Autorité de Sécurité Nucléaire, dont on connaît la rigueur, a jugé la situation satisfaisante.

⁶ *Institute for Climate Economics, 2017*. Les chiffres sont de 2013, mais la hiérarchie demeure.

des véhicules ⁷ ; mais ces procédés expérimentaux sont encore très loin de la rentabilité, et il n'existe, dans le monde, aucune usine d'électrolyse.

3/ Dès lors, un pays qui souhaite développer l'éolien doit se doter d'une capacité de secours utilisable à tout moment, dont la puissance serait égale à celle de l'éolien. Il doit assumer le coût de ces installations sous-utilisées, en sus de celui de l'éolien. Jusqu'à présent, ce problème a pu être résolu sans trop de difficultés, car la production éolienne n'atteint encore que 4 % du total français. Mais **ce ne sera plus le cas si l'on triple le parc éolien**, comme il en est question.

La réserve de secours sera-t-elle constituée de barrages de montagne ? Non, car ceux-ci sont déjà entièrement mobilisés pour couvrir les pointes de consommation (phénomène tout à fait distinct des creux de l'éolien). La réserve peut-elle consister en centrales au gaz ? Nos autorités ont commencé de s'engager dans cette voie, en concluant des « marchés de capacité » avec les industriels concernés. Des fermetures de centrales à gaz ont ainsi pu être évitées. Mais ce combustible émet du CO₂. Du fait de son mariage forcé avec le gaz, **l'éolien n'est pas une véritable énergie renouvelable, ni une véritable énergie propre.**

4/ Reste le nucléaire. EDF professe à présent qu'il est complémentaire de l'éolien. C'est un abus de langage, car si les éoliennes peuvent avoir besoin du nucléaire, la réciproque n'est pas vraie. En outre :

- cette solution cumule les coûts ; outre ceux de l'éolien supplémentaire, il faudrait supporter ceux du grand carénage (voir plus loin), de façon que les réacteurs soient prêts à intervenir ; pour la même raison, on ne pourrait pas réduire le personnel des centrales ;
- les risques de sinistres, si souvent exagérés (voir plus loin), resteraient les mêmes ; les réacteurs se trouveraient toujours là, chargés de combustible.

C/ Un fort supplément éolien aurait un coût écrasant

1/ S'agissant des coûts, la question pratique est la suivante : combien faut-il investir en éolien nouveau ou en prolongement du nucléaire pour maintenir la production d'électricité de notre pays ?

⁷ Actuellement, l'hydrogène consommé par des véhicules provient du gaz naturel, polluant.

La comparaison ne saurait inclure des prototypes onéreux comme l'EPR de Flamanville ou Hinkley Point en Grande-Bretagne. Un EPR à la française vient d'ailleurs d'être inauguré en Chine, dans des conditions satisfaisantes, et un deuxième va suivre. Mais dans l'immédiat, il faut surtout considérer les centrales nucléaires en service : l'exemple des États-Unis, où la technique est similaire, montre qu'elles peuvent être prolongées de vingt ans, voire de quarante, au prix d'un « grand carénage » ; et donc qu'elles peuvent assurer, sans même prendre l'EPR en compte, le maintien de la production actuelle.

Autre remarque préalable à toute comparaison : **le courant d'origine nucléaire et le courant d'origine éolienne sont deux produits différents**. Le premier est pilotable, donc de haute qualité ; on peut régler son débit à volonté. Le second, intermittent, est non maîtrisable, et donc de basse qualité ; il faut le consommer quand le vent souffle.

2/ Ces précautions étant prises, la fiche Alpha ci-dessous montre que le remplacement d'un tiers de notre production nucléaire actuelle par du renouvelable à dominante éolienne **coûterait, en investissement, 84 Mds €** de plus que le prolongement de cette production nucléaire.

Quatre lourdes charges s'ajouteraient encore à ce surcoût :

- **le renforcement et la ramification du réseau**, rendus nécessaires par la dispersion géographique des engins (alors que pour les centrales nucléaires existantes, le réseau est déjà en place) ; eu égard au coût, non seulement financier, mais aussi politique, des lignes à haute tension, cette remarque devrait suffire pour clore le dossier de l'éolien ;
 - la constitution des réserves de secours (voir plus haut) ;
 - l'indemnisation d'EDF pour fermeture de centrales encore utilisables
 - le démantèlement de celles-ci, opération qui devra de toute façon être effectuée un jour ou l'autre, mais dont le coût sera fonction de la date ; si on renonce, comme nous le proposons, à un supplément d'éolien, le démantèlement pourra être différé de vingt à quarante ans ; or l'application d'un taux d'actualisation de 10 %, par exemple, sur vingt ans, réduit une dépense de 86 % !

Ainsi, contrairement à ce qu'on pouvait attendre, le produit de haute qualité est beaucoup moins cher que le produit de basse qualité.

3/ De surcroît, **l'éolien terrestre vient de se disqualifier** par rapport au photovoltaïque. Seize appels d'offres, répartis dans neuf régions, ont opposé ces deux formes d'énergie. Par un communiqué du 6 novembre 2018, le ministre de l'Environnement a révélé que le photovoltaïque avait été déclaré vainqueur seize fois, pour un prix moyen de vente à EDF de 55 € le mégawatt-heure (MWh). Or EDF paye le courant éolien terrestre, en moyenne, 82 € le MWh. À titre de référence, le prix de revient moyen du courant issu de ses propres installations a été estimé à 42 € le MWh, et c'est à ce prix qu'elle doit en céder une partie à ses concurrents.

En conséquence, nos gouvernants auraient dû renoncer aussitôt à toute implantation nouvelle d'éoliennes terrestres, pour se replier sur d'autres formes d'énergie plus compétitives. L'annonce, survenue peu après, d'un triplement du parc éolien d'ici à 2030 est incompréhensible.

4/ Le financement de l'éolien repose surtout sur les finances publiques : des prélèvements sur la plupart des factures d'énergie, supportés donc par le consommateur, vont à un compte spécial du Trésor qui rembourse, avec retard, EDF des surcoûts qu'elle a subis en achetant, sous la contrainte, le courant éolien terrestre au double de sa valeur de marché⁸.

Or nos finances publiques sont en crise. **Notre pays ne pourra supporter en même temps deux masses de dépenses**, l'une consacrée à la poursuite de sa politique climatique (isolation des bâtiments, mise en place d'un réseau d'alimentation des véhicules électriques) et l'autre sans intérêt climatique (un nouveau supplément d'éolien). Les moyens de financement disponibles doivent être réservés aux actions utiles.

Ces difficultés ne sont pas propres à la France. Le Danemark, champion de l'éolien, est aussi le pays européen où l'électricité est la plus chère (le double des niveaux français, pour les particuliers comme pour les industriels). Le Royaume-Uni, l'Espagne et le Québec ont récemment renoncé à aider l'éolien terrestre.

5/ Devant ces arguments, les promoteurs éoliens et leurs avocats répètent que leur activité a été reconnue prioritaire. En réalité, la loi de 2015

⁸ Variante à peu près équivalente : les exploitants éoliens vendent directement leur courant aux consommateurs et reçoivent de la puissance publique une « compensation ».

sur la transition énergétique n'a pas fixé d'objectif en matière éolienne. Elle n'en a fixé qu'à un niveau global, celui des énergies renouvelables. Or :

- nous venons de montrer que l'éolien est une fausse énergie renouvelable ;
- et même si on l'incluait dans ce groupe, il s'agit d'un ensemble fort hétérogène, dont toutes les composantes ne pourront être promues en même temps, car les ressources des consommateurs et des contribuables ne sont pas inépuisables (l'affaire des gilets jaunes vient de le rappeler) ; un choix doit donc être effectué ; il ne saurait bénéficier à l'éolien terrestre, qui est la plus agressive des formes d'énergie dites renouvelables, et l'une des plus coûteuses.

D / Un nouveau développement de l'éolien serait désastreux pour le cadre de vie des Français

1/ Les éoliennes qu'on implante aujourd'hui en France ont couramment 180 m en bout de pale. Le préfet des Ardennes a autorisé 63 engins de 200 m au Mont des Quatre-Faux ; elles se verront de la cathédrale de Reims, située à une trentaine de kilomètres. Quant au projet du Haut-Armançon (Yonne), il comporte 25 éoliennes d'une hauteur de 220 à 250 m : on se rapproche des 300 m de la tour Eiffel. À ce train, les paysages français vont connaître leur plus importante mutation depuis les grands défrichements du Moyen Âge.

La fiche Bêta ci-dessous montre l'incidence qu'aurait la loi sur la transition énergétique : **près de la moitié des maisons rurales se trouveraient à moins de 3 km d'une grande éolienne**. Nos campagnes ne seraient plus des campagnes, mais des zones semi-industrielles (sans les emplois qui vont normalement avec).

La population agricole continue de se réduire, en raison du regroupement des exploitations. L'avenir de la France rurale dépend donc, pour une part, du tourisme (chambres d'hôtes et gîtes ruraux). Il dépend plus encore du nombre de résidents secondaires ou même principaux (navettes, télé-travail) qui voudront bien s'installer. Les touristes et les résidents potentiels feront leurs choix selon l'attrait que les zones rurales auront ou n'auront pas conservé. La prolifération des grandes éoliennes est donc fortement contre-indiquée.

Quand elles seront hors d'usage, ces éoliennes pourront-elles être supprimées ? Sans doute non, car les garanties réglementaires sont loin de couvrir les frais du démantèlement ⁹. Aux États-Unis, 14 000 engins abandonnés achèvent de rouiller, notamment en Californie et à Hawaï.

2/ Les chauves-souris, protégées, ne supportent pas les fortes variations de pression au voisinage des pales d'éoliennes. En Allemagne, leur mortalité de ce fait est évaluée à 250 000 par an.

S'agissant des oiseaux, l'hécatombe causée actuellement dans notre pays par les lignes à haute ou moyenne tension atteint le chiffre effarant, cité par l'ADEME, de 26 millions par an. Or la prolifération des éoliennes sur tout le territoire implique une forte densification du réseau. Le massacre en serait aggravé d'autant.

3/ Le voisinage de grandes éoliennes bouleverse la vie des habitants, et peut détériorer leur santé (bruit, infrasons, vision obsédante). La distance minimale entre les engins et les habitations n'est que de 500 m ; les préfets ont la faculté de la relever cas par cas mais n'en usent pas.

4/ Les habitations voisines des grandes éoliennes sont dépréciées. Il n'est pas aisé de mesurer ce phénomène, car le plus souvent ces maisons ne se vendent pas ; personne n'en veut. Cependant, les rares décisions des tribunaux font apparaître des dépréciations de l'ordre de 40 %.

Certains élus locaux invoquent, en contrepartie, les ressources budgétaires artificiellement procurées à leur commune ou à leur communauté. Elles sont effacées, et au-delà, par la dépréciation des maisons, la réduction de leurs valeurs locatives - bases des impôts locaux - et la perte des potentialités touristiques.

5/ Face à ces considérations, l'argument ressassé de l'emploi que créerait l'éolien ne pèse pas lourd. Les engins sont fabriqués hors de France. Leur mise en place des engins est souvent assurée par des équipes étrangères, sous le régime des travailleurs détachés.

⁹ La caution réglementaire se borne à 50 000 € par grande éolienne ; or le coût de son enlèvement est évalué au minimum à 170 000 € (le gros socle de béton restant enfoui). Un devis a même atteint 413 000 €.

II / Mais alors, que faire ?

a/ Le grand carénage

Nous avons déjà présenté le grand carénage des centrales nucléaires existantes, qui permet de maintenir la production d'un courant :

- exempt de carbone comme l'éolien ;
- mais pilotable, nécessitant beaucoup moins d'investissements nouveaux, et n'imposant pas de nuisances nouvelles aux paysages.

Le répit de vingt à quarante ans que la France peut obtenir grâce au grand carénage devrait permettre d'attendre la mise au point de meilleures formules nucléaires, encore plus sûres, productrices de peu de déchets, et actuellement à l'étude (EPR de format réduit, surgénérateurs).

b/ Le solaire thermique

Il est vraisemblable que, dans quelque temps, la majeure partie des ballons d'eau chaude de la planète fonctionneront au moyen de capteurs solaires. Cette solution permet en effet de conserver la chaleur durant plusieurs jours, alors que l'électricité ne se stocke pas, sauf dans des batteries très coûteuses. Le solaire thermique ne produit pas d'électricité, mais permet d'en économiser. En outre, il a le mérite de fonctionner sans réseau de transport et de distribution.

Sa limite est d'ordre esthétique, surtout dans les centres historiques des villes. Mais il est possible de subventionner la mise en place d'ardoises masquantes.

c/ Autres énergies renouvelables

Le bois et la biomasse industrielle sont les énergies renouvelables les moins chères ¹⁰.

D'autres sources ont été négligées. La récupération de la chaleur des égouts permet de chauffer tout un quartier de Nanterre, sans inconvénients visuels.

¹⁰ Ademe, *Le coût des énergies renouvelables en France*, 2016.

d/ Et l'éolien ?

Notre note comporte une conclusion logique : à l'instar du Royaume-Uni, de l'Espagne et du Québec, **la France doit cesser toutes ses aides aux implantations éoliennes nouvelles.**

Si elles étaient maintenues, il conviendrait, à tout le moins, d'améliorer le système.

1/ Il faudrait y introduire une véritable concurrence. Un décret récent impose le recours aux appels d'offres pour les groupes de plus de six engins. Mais à l'heure actuelle, la grande majorité des projets se situe en-dessous de cette limite. La faveur ainsi faite aux « petits » projets n'a aucune justification, car ceux-ci sont menés le plus souvent par des filiales d'entreprises importantes. Et elle est contre-productive : les promoteurs préféreront rester en-dessous de sept unités, ce qui conduira à un mitage accru de nos campagnes.

Le recours à l'appel d'offres doit être généralisé. Le concurrent qui proposerait le prix garanti le moins élevé serait déclaré vainqueur.

2/ L'éolien, si on continue de l'aider, doit respecter l'impératif de protection de la santé des habitants. Dans un rapport adopté le 9 mai 2017, l'Académie de Médecine a pointé notamment deux graves défauts.

a/ Le consensus des populations est insuffisant. Compte tenu des inconvénients de l'éolien, il sera toujours difficile à obtenir. Nous suggérons que le rayon d'affichage des enquêtes publiques, égal à seulement 6 km, soit adapté à la hauteur croissante des engins. Il a été fixé à une date où celle-ci n'était couramment que d'une centaine de mètres, pale comprise ; pour des engins de 180 m voire 200 m, il devrait logiquement atteindre 10 km.

b/ Dans un rayon de 1,5 km, les bruits de l'éolien perturbent fréquemment le sommeil ¹¹. Un récent colloque scientifique ¹² a également mis en cause, même à des distances de plusieurs kilomètres, les infrasons et les champs électriques ou électromagnétiques émis par les éoliennes.

Ces constats confirment le caractère inadapté de l'actuelle distance minimale de 500 m entre les habitations et les engins. Les académiciens

¹¹ Académie de Médecine, *Nuisances Sanitaires des Eoliennes terrestres*, rapport du Pr. Tran Ba Huy adopté à la quasi-unanimité le 9 mai 2017, page 10.

¹² Colloque du 16 novembre 2018, organisé par Patrick Dugast sur les *Infrasons émis par les éoliennes*, Paris, centre Sèvres.

préconisent qu'elle soit désormais proportionnelle à la hauteur des éoliennes. Cette proposition rejoint, dans son principe, les législations de la Bavière et de la Pologne, qui fixent cette distance minimale à dix fois la hauteur des engins (donc 2 km, par exemple, pour une hauteur de 200 m).

Les promoteurs éoliens ne manqueront pas d'observer qu'une telle solution réduirait sensiblement leur champ d'action. Mais l'ensemble de nos observations montre qu'un supplément d'éoliennes, dépourvu d'utilité écologique, voire nocif, **ne saurait être considéré comme prioritaire par rapport à la santé publique.**

xxx

La lutte contre la dégradation du climat demeure plus que jamais nécessaire, mais par d'autres moyens que l'éolien : la taxation du carbone dans le cadre d'une politique européenne, l'isolation raisonnée des bâtiments, l'usage des voitures électriques, la promotion des vélomoteurs et scooters électriques (à l'exemple des pays d'Asie, où elle a fortement réduit les nuisances urbaines). Les citoyens de la prochaine génération seront peut-être libérés, non seulement des gaz d'échappement, mais aussi de l'essentiel du bruit !

Encore faut-il que les sources de financement privilégiées soient réservées à ces actions, au lieu d'être détournées au profit de l'éolien.

Pièces jointes ci-dessous :

fiches Alpha et Bêta

Fiche Alpha : le surcoût de l'investissement éolien et connexe

Coût de l'investissement éolien et connexe

Il s'agit de remplacer (d'ici à 2035 ?) le tiers de la production des centrales nucléaires, soit 133 TWh en année normale, par de l'éolien et d'autres renouvelables.

Répartition : 2/3 éolien, soit 89 TWh ¹³, et 1/3 photovoltaïque, soit 44 TWh. Pour simplifier, les autres sources renouvelables sont assimilées au photovoltaïque.

Production éolienne maritime prévisible :

$3\,000\text{ MW} \times 8\,760\text{ heures} \times 34\% \text{ (facteur de charge)} = 8,9\text{ millions MWh}$, arrondis à 9 TWh. Restent 80 TWh ou millions de MWh à fournir par le terrestre.

Coût investissement maritime : $3\,000\text{ MW} \times 4\text{ M €} = \underline{12\text{ Mds €}}$

Production d'1 MW terrestre : $1 \times 8\,760\text{ heures} \times 24\% \text{ (facteur de charge)} = 2\,102\text{ MWh}$

Puissance à implanter : $80\text{ millions MWh} / 2\,102 = 38\,000\text{ MW}$

Coût investissement terrestre correspondant : $38\,000 \times 1,5\text{ M €} = \underline{57\text{ Mds €}}$

Production d'1MW photovoltaïque : $1 \times 8\,760\text{ heures} \times 12\% \text{ (facteur de charge)} = 1\,051\text{ MWh}$.

Puissance à implanter : $44\text{ millions MWh} / 1\,051 = 42\,000\text{ MW}$

Coût correspondant, le coût unitaire de 1 M € étant estimé compte tenu des baisses de prix chinoises : $42\,000 \times 1\text{ M €} = \underline{42\text{ Mds €}}$

Investissement total : $12 + 57 + 42 = \underline{111\text{ Mds €}}$

Coût du prolongement des centrales nucléaires existantes

Aux États-Unis, le prolongement des centrales de quarante à soixante ans est de pratique courante, et les quatre-vingts ans sont demandés. En France, selon la Cour des Comptes, les dépenses d'EDF permettant le prolongement (maintenance et grand carénage) doivent atteindre, sur la longue durée, 4,8 Mds € par an. Soit, sur la période 2019-2035 (dix-sept ans), **82 Mds €**.

Pour la comparaison avec l'éolien et les autres énergies dites renouvelables, ce montant est à diviser par trois, puisque le remplacement porterait sur le tiers de la capacité nucléaire actuellement en service. Soit **27 Mds €**.

Donc surcoût du programme d'investissements renouvelables par rapport au grand carénage : $111 - 27 = \underline{84\text{ Mds €}}$. Et même beaucoup plus car :

- il faudrait créer dans toute la France un nouveau réseau à haute et moyenne tension, alors que dans le cas du nucléaire, les lignes de desserte existent déjà ;
- il faudrait indemniser EDF pour la fermeture prématurée de centrales nucléaires encore utilisables ;
- il faudrait financer d'importantes installations de secours (turbines à gaz).

¹³ 1 térawatt (TW) égale mille gigawatts (GW), un million de mégawatts (MW) et un milliard de kw.

Fiche Bêta

Les éoliennes vont-elles impacter toute la France ?

Nombre d'éoliennes terrestres à prévoir

D'après la fiche Alpha, il faudrait implanter 38 000 MW d'éolien terrestre. La puissance moyenne des futurs engins peut être estimée à 2,5 MW.

$38\ 000 / 2,5 = 15\ 200$ engins. S'ajoutant aux 8 000 existants, ils donnent un total de 23 200 engins terrestres.

(Si l'on ajoute encore quelque 800 éoliennes maritimes, on aboutit à un nouveau total de 16 000. Ce qui correspond au triplement du parc d'ici à 2030 annoncé par le gouvernement en novembre 2018). Mais en termes de puissance installée, on trouve plutôt une multiplication par trois et demi).

Cercles de vive sensibilité

Les organisateurs des enquêtes publiques tracent autour des éoliennes proposées un « cercle de sensibilité », dont le rayon est de 3 km. Compte tenu de la hauteur croissante des engins, c'est plutôt un cercle de vive sensibilité.

Les éoliennes étant presque toujours groupées, les cercles de 3 km de rayon se chevauchent. Il est proposé de raisonner sur une situation moyenne, celle d'une file de 5 engins espacés de 330 m. Compte tenu du chevauchement, les 5 cercles de nuisances probables ont ensemble une surface d'environ 35 km², soit **7 km² par engin**, en moyenne.

Les professionnels de l'éolien objectent l'existence de divers masques :

- les constructions, mais on se trouve en zone rurale, où elles ont peu d'importance ;
- la végétation, mais elle ne doit pas être prise en compte, car les arbres peuvent faire l'objet de coupes normales, être victimes de tempêtes, périr de maladies, et de toute façon, perdent leurs feuilles à la mauvaise saison ;
- le relief, mais les implantations d'éoliennes tendent à se faire sur des crêtes ; le relief est donc plutôt un facteur aggravant.

Total des cercles de vive sensibilité : $23\ 200 \text{ engins} \times 7 \text{ km}^2 = 162\ 000 \text{ km}^2$

À comparer au territoire métropolitain rural : $550\ 000 - 116\ 000 = 374\ 000 \text{ km}^2$.

Conclusion : en 2035, voire 2030, **près de la moitié des habitations de la France rurale se trouveraient à moins de 3 km d'une grande éolienne**. C'est inacceptable pour un pays qui prétend procurer à ses habitants une qualité de vie élevée, et qui veut continuer d'être la première destination touristique mondiale, en nombre de visiteurs.

LES EFFETS DES INFRASONS PRODUITS PAR LES EOLIENNES

Jean-Louis REMOUIT

version 1.1
juin 2019

Le son des éoliennes



SOMMAIRE

	Sommaire	p.2
	Introduction	p.3
I	Les éoliennes émettent-elles des infrasons	p.5
II	Mécanismes de création des sons et infrasons	p.7
III	Propagation des infrasons	p.10
IV	Les infrasons ont-ils un impact sur l'homme	p.10
V	Modes d'impact sur l'homme et les animaux	p.11
VI	Un manque de prescription de l'État et des gouvernements	p.17
VII	Des études épidémiologiques indispensables	p.20
VIII	L'équipement des parcs éoliens en sonomètres	p.22
IX	Les déficiences des maîtres d'ouvrages et des experts	p.24
X	L'identification des éoliennes émettrices d'infrasons	p.25
	Conclusions	p.26
	Annexe 1 : Les traceurs chimiques des infrasons	p.27
	Annexe 2 : Les infrasons : hygiène et sécurité	p.29

INTRODUCTION

Comme vous le savez, la communauté pro-éolienne et le gouvernement nient la production d'infrasons par les aérogénérateurs des parcs éoliens et par voie de conséquence nient leur influence sur la santé humaine et animale.

Voir : <https://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/084000423.pdf>

Ce n'est pas le cas.

Avant d'entrer dans le détail, je voudrais vous faire quatre observations :

1- la première est que les infrasons peuvent être considérés comme des sons et être traités par les méthodes de l'acoustique classique ou bien être considérés comme des vibrations et être traités par la physique des pressions vibratoires des fluides ou de leurs équivalents. Les premiers, les infrasons, ne sont pas véritablement définis en terme de fréquence mais peuvent être considérés comme ayant un spectre inférieur à 20 hz (la limite de l'audition) selon l'ANSI. Les secondes, les vibrations, peuvent être définies en dessous de 10 hertz. Ces deux phénomènes procèdent du même processus physique, l'ébranlement vibratoire des molécules d'air provoquant des ondes de pression/dépression pour le son et transmission des vibrations par contact pour les vibrations classiques. Les spectres sont identiques, seules les amplitudes et les puissances sont différentes.

2- la seconde est que le ministère de la santé a défini certains effets des vibrations sur la santé humaine, en a préconisé des règlements en médecine du travail et des dispositifs protecteurs à mettre en œuvre sur les machines utilisées. Vous pouvez prendre connaissance de cette question, en première approche, sur le site internet dont voici la référence :

<http://www.ilocis.org/fr/documents/ilo050.htm>

Les vibrations dont il est question ne sont ni plus ni moins que des infrasons lorsqu'il s'agit des oreilles et dont les effets sont traités par la médecine ORL.

3- la troisième est que l'origine de la négation de la mesure des infrasons émis par les aérogénérateurs tient trois raisons :

- la, première, ridicule, consiste, pour les ignorants, à affirmer que les infrasons sont inoffensifs parce qu'ils sont inaudibles et que la FEE (France Energie Eolienne) et les médias répètent à souhait.

- la seconde est que les sonomètres utilisés, construits pour mesurer les sons audibles, donnent leurs résultats en dBA et non en dB. La puissance du son se mesure en pascal/m². Elle est en général transcrite en dB (ou plus précisément en dB RMS) par référence à une valeur de 20 μ Pascal/m². Les mesures en dBA sont utilisées par les acousticiens pour prendre en compte la sensibilité relative de l'oreille humaine qui est maximum vers 8000 hz et minimum aux extrémités du spectre audible. Cette pondération du dB physique, artificielle et statistique, permet de rendre le dBA équivalent pour une même impression de puissance sonore. Cette mesure des sons en dBA n'a donc STRICTEMENT rien à voir avec une mesure physique réelle.

-la troisième est que cette mesure sonore se fait sur un tiers d'octave en largeur de spectre.

Elle représente donc la puissance sonore MOYENNE (rms) sur toute la largeur de ce tiers d'octave. Cette mesure en tiers d'octave est normale pour les sons naturels ou provenant d'instruments de musique puisque l'oreille lisse les puissances sur ces tiers d'octave. Or, contrairement aux phénomènes naturels qui provoquent des infrasons, le vent, la mer, les volcans, les éclairs, les machines mécaniques en général, et les aérogénérateurs surtout, produisent des infrasons dont la puissance sonore est en dent de scie avec des largeurs spectrales très inférieures au tiers d'octave et des puissances crête pouvant dépasser 10dB, c'est à dire plus de 8 fois la valeur de base. Ces phénomènes sont stables au point que les turbines ont des signatures spectrales qui permettent de les identifier comme pour les bateaux.

4- Les éoliennes ne généreraient pas d'infrasons alors que ces faits sont reconnus pour les machines tournantes en général et les hélicoptères ou avions en particulier.

5- Les infrasons sont maintenant utilisés comme armes de guerre ou de maintien de l'ordre : C'est le cas de la société américaine LRAD <https://www.lradx.com/> ou de Hyperspike <https://www.ultra-hyperspike.com/> . Ces sociétés produisent des hauts parleurs directifs de forte puissance permettant à une autorité de s'adresser aux foules en mode audio mais aussi des versions infrason à usage civil de maintien de l'ordre ou militaire en mode semi-létal.

En français : <http://www.article11.info/?Le-son-comme-arme-1-4-aspects>

Référence : Le son comme arme, les usages policiers et militaires du son, Juliette Volcer, Ed. La découverte, 2011.

Réglementation : Les valeurs d'émergence réglementaires du bruit des éoliennes en général sont 5dBA le jour et de 3dBA la nuit (décret 95-408 du 18 avril 1995).

Entrons dans le vif du sujet :

I LES EOLIENNES EMMETTENT-ELLES DES INFRASONS

La réponse est « non » si on mesure les infrasons en dBA, c'est la mesure des lobbies pro-éoliens. La réponse est « oui » si on la mesure en dB non pondérés. Entre 1000 hz et 10 000 hz il n'y a pratiquement pas de correction des dB vers les dBA. Mais, avec les dBA et à 10 hz, il y a 70 dB de différence entre ce qu'on mesure (en général plus de 100 dB au pied d'une éolienne) et ce qu'on entend.

Enfin, on peut accuser, dans certains cas, les promoteurs de minimiser les mesures d'infrasons en laissant tourner les turbines sans les raccorder au transformateur car en ce cas il n'y a plus de puissance électrique distribuée et la pollution sonore s'en trouve diminuée.

Par ailleurs, les sons audibles masquent, dans l'oreille, la perception des infrasons et leur nocivité, expliquant que les mesures en dBA faussent la corrélation entre les infrasons réels et leur perception.

Source :

https://fr.wikipedia.org/wiki/Pression_acoustique#Niveau_de_pression_acoustique:_dB_SPL

L'ANSES ne reconnaît pas les effets des infrasons.

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01590506/document>

Les symptômes allégués concernent : troubles du sommeil, maux de tête, vertiges, acouphènes. Une récente analyse ne confirme cependant pas de lien causal avec l'exposition au bruit, tout au plus fait-elle apparaître un seuil d'acceptabilité pour un fond sonore inférieur à 35dB. Les mesures effectuées sur le terrain montrent par ailleurs que la protection offerte par la limitation des fréquences audibles garantit la protection contre les infrasons.

Ces points sont confirmés par l'ANSES qui ne retient pas l'hypothèse d'une maladie vibro-acoustique spécifique mais identifie un syndrome éolien d'intolérance environnementale à l'origine des nombreuses plaintes de riverains. Quelle qu'en soit la cause, qui reste débattue, le bilan épidémiologique de cette nuisance reste à faire.

Source : ANSES Evaluation des effets sanitaires des basses fréquences sonores et infrasons dus aux parcs éoliens. Mars 2017.

Pour d'autres, les effets sont garantis :

Simon Chapman and Alexis St George, How the factoid of wind turbines causing 'vibroacoustic disease' came to be 'irrefutably demonstrated'.

Source : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1753-6405.12066>

Observations au WHO : <https://www.masterresource.org/windpower-health-effects/europe-world-health-organization-wind-effects/>

Site d'observation anglo-saxon sur les parcs éoliens :

<https://www.wind-watch.org/searchnww.php?q=infrasound&seltab=docs>

Site d'observation des syndromes éoliens :

<https://www.windturbinesyndrome.com>

La société Pacifichydro reconnaît que ses aérogénérateurs produisent des infrasons :

<http://www.pacifichydro.com.au/english/our-communities/communities/noise-and-infrasound/>

La distance parcourue par les infrasons dépasse 20 km.

Leur propagation a fait l'objet d'une thèse de l'école centrale de Lyon :

http://acoustique.ec-lyon.fr/publi/haniquecockenpot_thesis.pdf

Le document le plus probant est l'étude canadienne préparée en 2010 pour l'American Wind Energy Association et l'association canadienne de l'énergie éolienne :

<https://archives.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/eole-monteregie/documents/DM15.2.pdf>

II MECANISMES DE CREATION DES SONS ET INFRASONS

source :

S. Oerlemans, P. Sijtsma and B. Mendez-Lopez

Location and quantification of noise sources on a wind turbine

Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium

National Aerospace Laboratory NLR

<https://core.ac.uk/download/pdf/53034270.pdf>

Journal of Sound and Vibration 299 (2007), Elsevier.

99 % du bruit de l'éolienne y compris les infrasons est émis par la pale descendante et localisé à peu de distance de son extrémité.

A la différence des phénomènes infrasonores naturels, la mer, les orages, les tremblements de terre, et bien sûr le vent, les éoliennes émettent des infrasons dans des bandes de fréquence fixes et dans ces bandes à des fréquences variant avec la vitesse de rotation des pales.

La pression sonore croît avec la puissance 5 de la vitesse de rotation des pales :

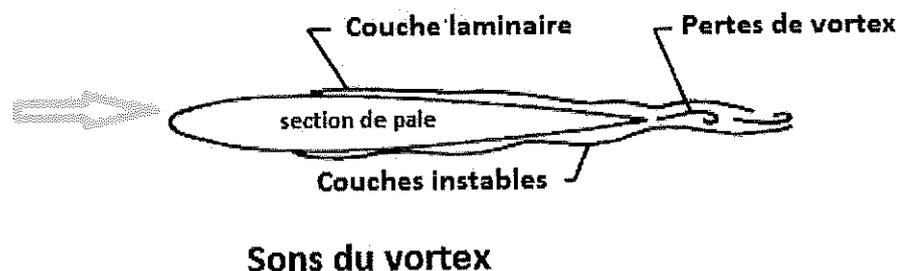
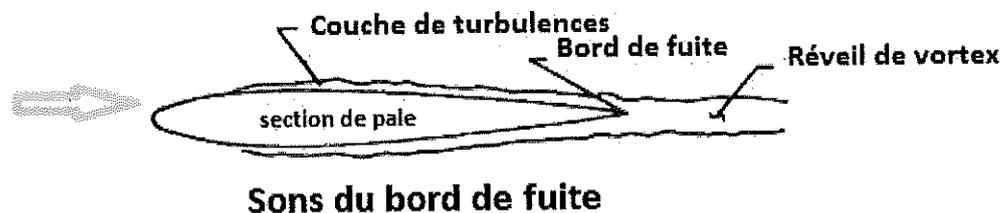
source : bea consulting dans <http://www.kbintelligence.com/fileadmin/pdf/Vibrations.pdf>

IL EST PRUDENT DE NEUTRALISER UNE ZONE DANS UN RAYON EGAL A 7 FOIS LE DIAMETRE DES PALES.

On distingue les mécanismes d'émission et les mécanismes de modulation.

21 Les mécanismes d'émission des éoliennes

211 Mécanismes d'émission des pales en rotation



Création des infrasons dans les pales en rotation

En haut de la figure, c'est l'écoulement laminaire de l'air qui provoque des infrasons.
En bas de la figure les infrasons sont créés par les turbulences de l'air après le bord de fuite.
La vitesse de l'extrémité des pales peut atteindre 300 km/h.
C'est l'angle d'attaque des pales qui provoque les turbulences. Les tourbillons d'air se détachent à la descente de la pale.

Par ailleurs, l'éolienne, dans une journée chaude et ensoleillée, brasse l'air chaud du bas avec l'air froid du haut et augmente l'effet de cisaillement.

212 Mécanismes d'émission par la pression du vent sur la face au vent des pales

C'est le même phénomène que sur les ailes d'un avion : les pales vibrent et entrent en résonance sur toute leur longueur. Dans certaines conditions de longueur de pale et de pression du vent, les résonances de la pale provoquent des infrasons provenant des « battements » de la structure alors que dans la rotation des pales, c'est l'air qui fabrique les infrasons.
La longueur d'onde d'un son de 1hz est de 343 mètres.

22 Les mécanismes de modulation

Les pales, lors de leur passage devant le poteau, provoquent le fameux « wooh ».

Dès que le vent est un peu élevé, la fréquence du « wooh » peut dépasser 20 hz et servir de base de modulation donc dans l'audible.

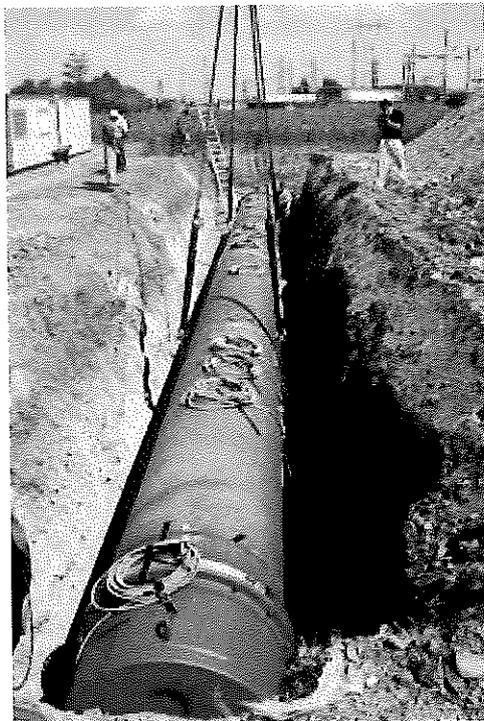
23 Les mécanismes d'émission des postes de livraison

Les postes de livraison émettent naturellement des sons et des infrasons !!!
Les amortisseurs statiques et les isolations phoniques permettent de limiter l'émission des sons audibles mais pas celle des infrasons. Les systèmes d'annulation sonore actifs ne sont pas jusqu'à présent efficaces.

- Le transformateur est installé sur des appuis anti-vibratoires, ainsi que tous les appareillages secondaires ;

Régime des autorisations : <https://clients.rte-france.com/htm/fr/mediatheque/telecharge/reftech/CCG-P.pdf>

- Le circuit de refroidissement d'huile possède des raccords antivibratoires et l'ensemble des tuyauteries est isolé des structures du bâtiments ;
- La ventilation elle-même est découplée des châssis supports par des plots élastiques.
- L'air rejeté passe au travers de pièges à sons.



Enfouissement d'un câble à haute tension

III PROPAGATION DES INFRASONS

Thèse de Michaël Bertin, Ecole Normale Supérieure de Cachan, 2015
<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01124367/document>

Thèse de Gaël HANIQUE-COCKENPOT, Ecole Centrale Lyon, 2011.
https://acoustique.ec-lyon.fr/publi/haniquecockenpot_thesis.pdf

Les infrasons, ou ondes acoustiques infrasonores, se propagent longitudinalement à la vitesse locale du son ($c_0 \approx 340 \text{ m.s}^{-1}$ à 288 K). Elles peuvent se propager sur de grandes distances par réflexions multiples sur les différentes couches de l'atmosphère et au sol.

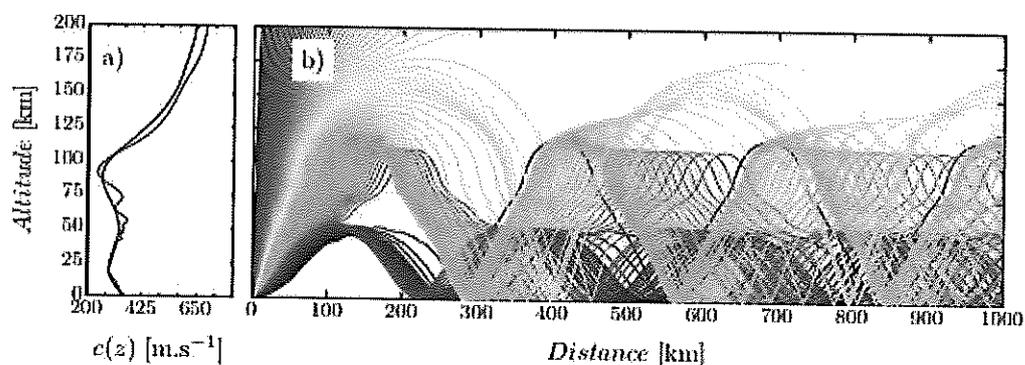


FIGURE 1.3 – Réfraction des infrasons par les gradients de la vitesse du son.
(a) Vitesse du son c_0 et vitesse effective du son $c_{\text{eff}} = c_0 + v$ en fonction de l'altitude
(b) Tracé des rayons de l'acoustique géométrique
(vitesse du son : (—) c_0 , (---) c_{eff} ; rayons colorisés en fonction de l'angle de tir)

Les infrasons se propagent en ligne droite mais se réfléchissent sur les différentes couches de l'atmosphère. Comme le montre la figure ci-dessus, les réflexions atmosphériques se produisent sur les ruptures physiques de densité des couches hautes de l'atmosphère en fonction de l'angle de tir et de la force des vents dont on ne tient pas compte ici.
On distingue la couche stratosphérique à 50 km d'altitude, la couche thermosphérique à 100 km et la couche troposphérique entre 125 et 175 km.

Un mode particulier de propagation est celui des ondes « rampantes » où le son est canalisé dans l'épaisseur de la couche d'air particulière qui se trouve au voisinage du sol (densité et température).

Les ondes rampantes sont des ondes qui se propagent à très grande distance en longeant le sol. Leur fréquence est très basse, elles sont donc peu atténuées. Elles pénètrent dans les zones d'ombres. Ces ondes vérifient le principe de Fermat du minimum de temps de propagation. Elles résultent de la diffraction à l'aval de la zone d'incidence au sol des caustiques et sont formées par la réflexion au sol des phases diffractées. Elles peuvent être modélisées par la théorie géométrique de la diffraction [79, 30].

L'atténuation

La divergence géométrique est due à la dispersion géométrique des ondes acoustiques dans l'espace. Elle entraîne une diminution du niveau de pression sonore en $1/r^2$, soit de 6 dB par doublement de la distance r à la source, si celle-ci est ponctuelle.

Absorption & dispersion par la relaxation de la vibration moléculaire de l'air

Les mécanismes liés à la vibration interne des molécules sont plus exotiques et ne concernent que les molécules polyatomiques. Leur prise en compte nécessite une reformulation assez complexe des équations descriptives du mouvement car ces phénomènes sont définis hors équilibre thermodynamique (§2.1.1). L'intensité de la dispersion et de la dissipation par la relaxation évolue en fonction du rapport entre la fréquence acoustique et la fréquence caractéristique de vibration propre à chaque espèce (§2.2.3). Dans le cas de l'atmosphère, seules les molécules de N_2 , de O_2 , de CO_2 et de O_3 sont en concentration suffisante pour jouer un rôle non négligeable [136], leurs fréquences de vibration sont tracées à la figure 1.14 en fonction de l'altitude.

Focalisation des infrasons et zones d'ombre

Les multiples réfractions qui impactent les infrasons atmosphériques sont à l'origine de phénomènes de focalisation des ondes. Les principes de la focalisation acoustique sont similaires à la focalisation de la lumière. Ils sont généralement traités à partir de la théorie de l'acoustique géométrique qui étudie les ondes sonores en termes de rayons le long desquels l'énergie se propage. La focalisation de ces rayons génère deux situations antagonistes, d'une part les caustiques qui sont des points où plusieurs rayons acoustiques se croisent, et d'autre part les zones d'ombres caractérisées par l'absence de rayons.

Réflexion au sol

Les études de l'influence des surfaces de réflexions sont peu nombreuses pour ce qui est des infrasons. Pour des fréquences assez élevées, de l'ordre de 10 Hz, les travaux de Madshus et al. [97] montrent qu'il peut y avoir un couplage entre les ondes acoustiques et des ondes sismiques du fait d'une impédance de sol finie. Ces processus de conversion d'ondes sont rapportés pour le cas du bang sonique par Plotkin [117].

Par ailleurs, la rugosité et, à plus grande échelle, la topographie jouent aussi un rôle [44]. Les études de Chambers [27] soulignent par exemple que la rugosité modifie l'amplitude des ondes rampantes. Néanmoins, pour des ondes non rampantes dont la fréquence est comprise entre 0.1 et 1 Hz, ces effets semblent assez limités et l'hypothèse d'une réflexion totale et spéculaire est usuellement admise.

Le sol lui-même, qui délimite la zone de propagation, absorbe une partie de l'énergie incidente et on modélise cet effet au moyen de son impédance. L'impédance acoustique des matériaux caractérise leur résistance au passage du son (rapport entre la pression acoustique et la vitesse de déplacement des particules dans le milieu) et peut mener à l'absorption d'une quantité non-négligeable d'énergie acoustique (jusqu'à 10 dB).

Les conditions météorologiques

Les gradients de vent et de température, de même que la turbulence, ont un effet prépondérant sur la propagation acoustique dans l'atmosphère.

Les vents longitudinaux accélèrent ou ralentissent la propagation des ondes acoustiques de façon pratiquement arithmétiques. Les vents latéraux les dévient.

Pour ce qui concerne les températures, leurs variations génèrent des gradients d'indice de réfraction de l'air dont l'effet sera de modifier progressivement la relation de dispersion en fonction de l'altitude. Plus précisément, un gradient négatif de célérité effective du son (la vitesse du son plus la vitesse d'écoulement) va courber la direction de propagation vers le haut tandis qu'un gradient positif courbe ces trajectoires pour les dévier vers le sol. Les variations verticales de température et de vent vont ainsi former des guides d'ondes qui piègent l'énergie acoustique.

Identification des ondes rampantes atmosphériques

Les ondes rampantes atmosphériques sont générées dans la continuité des phases principales lorsque ces dernières sont réfléchies au sol. Leur amplitude dépend de l'intensité de la diffraction à l'aval des caustiques et en dernier ressort des conditions de vents. Elles résultent généralement des phases I_t , mais dans le cas présent et du fait de conditions de vents très particulières, elles sont surtout induites par les phases stratosphériques (§4.4.4).

Vitesse de propagation

200 s pour 500 km.

IV LES INFRASONS ONT-ILS UN IMPACT SUR L'HOMME ?

La réponse est « non » pour ceux qui pensent que rien n'est certain et pour ceux qui, volontairement, tentent de cacher les phénomènes.

Il est vrai que rien n'est certain puisque seule une fraction de la population y est sensible et que pour ceux qui y sont sensibles, cela dépend d'autres facteurs environnementaux. Nous verrons d'ailleurs dans la suite que cette sensibilité s'apparente à la fraction de ceux qui ont le mal de mer alors que nombreux sont ceux qui affirment encore bêtement que l'origine du mal de mer est psychologique. Pour les médecins, ainsi que pour l'académie de médecine dans son rapport et sa séance du 9 mai 2017, la réponse est « oui ».

Nuisances sanitaires des éoliennes terrestres, Patrice TRAN BA HUY, <http://www.academie-medecine.fr/nuisances-sanitaires-des-eoliennes-terrestres/>

<https://archives.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/eole-monteregie/documents/DM15.2.pdf>

Vous voudrez bien remarquer que dans le résumé, les puissances sonores sont figurées en dBA, prouvant le pouvoir de nuisance des lobbies éoliens laissant confondre dB et dBA.

La réponse est « oui » mais, avec une nuance, car comme pour l'hypnose et le mal de mer, seuls certains sujets sont sensibles aux infrasons y compris au sein d'une même famille habitant la même maison. Pour parvenir à un état des lieux véritable, il nous faut un état des lieux qui tienne compte de nombreux facteurs : une étude épidémiologique s'avère indispensable, promue et souhaitée par le Président de la région Hauts de France, M. Xavier Bertrand, qui accepte d'en financer la moitié et pas du tout l'ANSES à qui ce rôle devrait revenir.

Le « syndrome des éoliennes » tel qu'il est formulé par Pierpont (2009, ébauche préalable à la publication) semble reposer sur les deux hypothèses suivantes :

1. Les faibles niveaux d'infrasons présents dans l'air qui proviennent des éoliennes, entre 1 et 2 Hz, ont des impacts directs sur le système vestibulaire.

2. Les faibles niveaux d'infrasons présents dans l'air qui proviennent des éoliennes, entre 4 et 8 Hz, pénètrent dans les poumons par la bouche et font vibrer le diaphragme, lequel transmet les vibrations aux viscères, ou aux organes internes du corps.

L'effet combiné de ces fréquences d'infrasons envoie de l'information qui sème la confusion chez les détecteurs de position et de mouvement du corps, ce qui provoque un éventail de symptômes perturbateurs.

V MODES D'IMPACTS SUR L'HOMME ET LES ANIMAUX

L'impact des infrasons doit être considéré comme provenant soit d'un effet sonore pour les interprétations neurobiologiques, soit provenant d'un effet vibratoire sur les cellules, les tissus et les corps entiers. L'infrason est une arme de guerre déjà développée par certaines nations et par exemple en dotation en Suisse pour un éventuel maintien de l'ordre.

50- L'oreille et les infrasons.

L'oreille humaine perçoit normalement les fréquences sonores de 50 hz à 8 khz

Ces limites varie selon les personnes et les animaux utilisent des fréquences particulières our s'orienter ou communiquer.

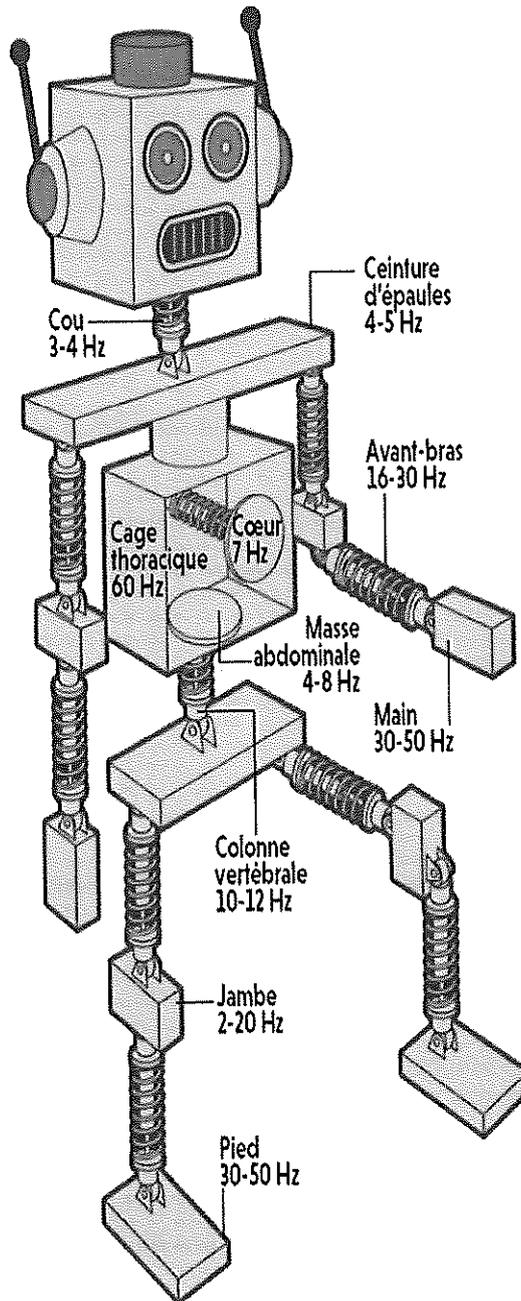
Les infrasons sont définis en dessous de 20 hz. L'homme ne les perçoit pas mais les organes de l'oreille n'y sont pas insensibles.

Les cellules ciliées dites « externes », situées après le tympan, sont composées de 3 rangées « en palissade » Elles servent à l'éducation auditive. Derrière se trouve la cochlée sorte de trompe enroulée sur elle-même qui fait plus ou moins 30 mm de long selon les individus. Les sons aigus sont interprétés à l'entrée de la cochlée et les sons graves au fond.

L'autre système perceptif de l'oreille est constitué des 3 canaux semi-circulaires. Ils fournissent l'orientation et par voie de conséquence, l'équilibre.

Ainsi, les infrasons provoquent des conflits sensoriels (sans être audibles) entre les cellules ciliées et les canaux semi-circulaires.

Quelques fréquences de résonance des parties du corps humain.



51- Les effets neurobiologiques dépendent de l'audibilité.

Dans son effet de base le syndrome éolien n'est ni plus ni moins que le syndrome de Ménière :
https://www.passeportsante.net/fr/Maux/Problemes/Fiche.aspx?doc=maladie_meniere_pm

Des témoignages nombreux :
en Allemagne

<https://www.youtube.com/watch?v=WuI-56rg9d4>

Aux Etats-Unis, Pennsylvanie

<https://www.youtube.com/watch?v=f7DQ3SgSg0c>

En Australie

<https://www.abc.net.au/news/2015-07-17/wind-farms-david-leyonhjelm-fact-check/6553746>

Aux Etats-Unis

Frontiers in Neuroscience | www.frontiersin.org August 2018 | Volume 12 | Article 582

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6119807/pdf/fnins-12-00582.pdf>

Au Canada

<http://www.windconcernsontario.ca/canada-shines-spotlight-on-wind-turbine-noise-at-world-conference/>

52- Les effets physiques s'observent sur les composants des cellules, sur les tissus, sur les organes et sur le corps entier.

C'est le mode vibratoire des infrasons qui est à l'origine de ces effets :

-sur les cellules on observe des modifications épigénétiques, un épaississement des membranes ou une augmentation de la taille des mitochondries.

-sur les tissus on observe une augmentation du cortisol et des catécholamines (voir en annexe).

-sur les organes, on observe des effets vibratoires lorsque l'organe entre en résonance avec la fréquence propre de celui-ci (par exemple 45 hz pour le coeur).

-sur le corps entier, la fréquence propre du corps humain est de 2 hz.

Une interrogation sur le site worldscience.org permet d'obtenir les résultats de quelques auteurs sur ce sujet : <https://worldwidescience.org/topicpages/l/low-frequency+vibrational+modes.html>

Sur ce document, nous disposons sur ce site d'une liste d'effets biologiques dans la colonne de droite:

https://www.unboundmedicine.com/medline/citation/23882868/Myocardial_fibrosis_in_rats_expos

ed to low frequency noise

Les organes impactés sur le rat sont le cœur, le duodénum, les tissus.

Frontiers in Neuroscience | www.frontiersin.org August 2018 | Volume 12 | Article 582
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6119807/pdf/fnins-12-00582.pdf>

Health Effects Related to Wind Turbine Noise Exposure: A Systematic Review
Jesper Hvass Schmidt, Mads Klokke
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0114183>

Acoustics Australia
April 2018, Volume 46, Issue 1, pp 31–57 Irene van Kamp, Frits van den Berg
<https://link.springer.com/article/10.1007/s40857-017-0115-6>

53- Effets sur l'homme

-le diabète

Long-term exposure to wind turbine noise at night and risk for diabetes: A nationwide cohort study
<https://www.ft.dk/samling/20171/almdel/SUU/bilag/291/1880931.pdf>

-les maladies cardio-vasculaires

voir : OMS 2011 Cardiopathies ischémiques

-les atteintes pulmonaires : douleurs thoraciques, épaissement des parois des alvéoles pulmonaires, atteintes à la trachée, bronchites.

Source : Respiratory pathology in vibroacoustic disease: 25 years of research
<http://www.journalpulmonology.org/pt/o-aparelho-respiratorio-na-doenca/articulo/S087321591530341X/>

-l'appareil digestif (déjà signalé)

-les infections de la bouche, les indigestions : atteintes aux parois épithéliales.

-les céphalées (déjà signalées)

54- Interaction entre les effets physiques, les effets neurobiologiques et l'électrosensibilité.

Les oreilles communiquent avec plusieurs organes, le nez, la bouche provoquant cette interaction entre les phénomènes infrasonores proches et les phénomènes vibratoires.

L'électrosensibilité, est un facteur amplificateur des effets infrasonores.

55- Effets sur les animaux

Les animaux d'élevage ou sauvages sont tout autant impactés, le contact direct avec la terre constituant une situation défavorable pour les mammifères.

On a pu observer des avortements de l'ensemble d'un élevage de visons,

<https://conseilmondialpourlanature.wordpress.com/2014/06/08/1-600-fausses-couches-pres-des-eoliennes/>

une diminution de du taux d'agnelage en Australie de 80 % à 37 %,

<https://wcfm.org/2015/04/02/wind-farms-deformities/>

des oies en Pologne,

Pol J Vet Sci. 2013;16(4):679-86.

Preliminary studies on the reaction of growing geese (*Anser anser f. domestica*) to the proximity of wind turbines.

Mikolajczak J, Borowski S, Marć-Pieńkowska J, Odrowaz-Sypniewska G, Bernacki Z, Siódmiak J, and Szterk P.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24597302>

des chèvres à Taïwan,

<https://www.telegraph.co.uk/news/newstopics/howaboutthat/5364965/Wind-turbines-killed-goats-by-depriving-them-of-sleep.html>

et des déformations du squelette pour des chevaux portugais qui ne sont pas sans rappeler les naissances d'enfants mal formés de l'Ain et de Vendée.

<https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/4847/1/Deforma%C3%A7ao%20flexural%20adquirida%20da%20articula%C3%A7ao%20interfalangica%20distal%20em%20poldros.pdf>

VI UN MANQUE DE PRESCRIPTIONS DE L'ETAT ET DES GOUVERNEMENTS

L'ANSES publie, depuis ses deux saisines de 2008 et 2013, des conclusions négatives sur les effets des infrasons dans les termes suivants :

« L'état des connaissances disponibles ne justifie donc pas d'étendre le périmètre des études d'impact sanitaire du bruit éolien à d'autres problématiques que celles liées à l'audibilité du bruit, pour lesquelles les effets sont avérés, complexes et documentés par ailleurs. »

source : <https://www.anses.fr/fr/content/impacts-sanitaires-du-bruit-g%C3%A9n%C3%A9r%C3%A9-par-les-%C3%A9oliennes>

L'ANSES s'oppose donc à une étude épidémiologique que les français impactés réclament.

Par ailleurs, les instruments de mesure, les sonomètres à correction A étant inadaptés, les mesures déjà réalisées sont donc faussées. Il faudrait utiliser des sonomètres à bande étroite qui puissent donner des valeurs moyennes ET des valeurs crêtes des puissances sonores.

Il en est de même du rapport de l'OFAEnR publié en novembre 2014 et disponible ici :

https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_117_eoliennes_infrasons_sante.pdf

On y conclue que les infrasons n'ont un effet que si on les entend !!!

Enfin, l'AFNOR qui est en charge des normes de mesure utilise les anciennes références de mesure acoustique 31010 et 31015 alors que les gouvernements successifs bloquent la publication de celle destinée compléter la 31114 de 2011, éditée depuis 2014, et réécrite depuis mais non appliquée.

Enfin, un certain nombre d'installations ICPE sont soumises à un contrôle réglementaire permanent des émissions sonores tels les aéroports alors que ce n'est toujours pas obligatoire pour les parcs éoliens.

VII DES ETUDES EPIDEMIOLOGIQUES INDISPENSABLES

De nombreux pays ont procédé à des études épidémiologiques concluant à toute une cascade d'effets sanitaires :

« Environmental noise is emerging as one of the major public health concerns of the twenty-first century. »

source : World Health Organisation. Night noise guidelines for Europe. Copenhagen. 2009.

<http://www.noiseandhealth.org/article.asp?issn=1463-1741;year=2012;volume=14;issue=60;spage=237;epage=243;aulast=Nissenbaum>

Wind turbines and health: An examination of a proposed case definition

Robert J. McCunney, Peter Morfeld, W. David Colby, and Kenneth A. Mundt

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4900481/>

A Review of the Possible Perceptual and Physiological Effects of Windturbines

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6081752/>

Science.gov (United States) <https://www.science.gov/>

1993-07-09 DTIC Science & Technology

Threshold shift as a function of A- weighted sound exposure and years of exposure time. Inasmuch as this standard is based totally upon epidemiological ...small and the amount of annoyance is hardly related to the sound level. Nevertheless, residents around a windturbine site do not appreciate flexible...394018, Voronezh, Plehanovskay ul. 12 ,apt.

Tatsuya Ishitake

L'épidémiologie au Japon (Tatsuya Ishitake)

Journal Nippon Hygiène / Volume 73 (2018) 3 / Bibliographie

Mini numéro spécial sur la production d'énergie éolienne au Japon, Problèmes concernant le cadre de vie et la santé

Effets sur la santé du bruit et du bruit ultra-basse fréquence générés par les installations de production d'énergie éolienne

<https://www.env.go.jp/policy/kenkyu/suishin/kadai/.../5-1307.pdf>

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjh/73/3/73_298/article/-char/ja/

[Wind Turbine Noise and Health Effects].

Abstract

We investigated whether long-term exposure to low-frequency noise generated by wind power facilities is a risk factor for sleep disorders. We performed an epidemiological study of the living environment and health effects of such noise by surveying 9,000 residents (≥20 years of age) living in areas with operational wind power facilities. Sleep disorders were assessed using the Athens Insomnia Scale. To assess environmental noise in residential areas near wind turbines, infrasound and low-frequency sound exposure levels were measured at 50 community centers of a town. The prevalence of sleep disorders was significantly higher among residents who reported subjectively hearing noise (by approximately twofold) than among those who did not. Moreover, the reported prevalence of sleep disorders was significantly higher (by approximately twofold) among residents living at a distance of ≤1,500 m from the nearest wind turbine than among residents living at a distance of ≥2,000 m, suggesting a dose-response relationship. The attitudes of residents towards wind power facilities strongly affected their responses regarding sleep disorder prevalence. It is highly likely that

audible noise generated by wind power facilities is a risk factor for sleep disorders. Obtaining a satisfactory consensus from local residents before installing wind power facilities is important as for more amenable their attitudes towards such facilities.

Références dont les titres ont été francisés :

(1) Organisation pour le développement des nouvelles énergies et technologies industrielles (NEDO). La situation de la production d'énergie éolienne au Japon.

<http://www.nedo.go.jp/library/fuuryoku/state/1-01.html> (2018.2.25)

(2) Farboud A, R Crukhorn, Trinidad A. «Syndrome d'éolienne: fait ou contradiction?», J. Laryngol Otol 2013; 127: 222-226.

(3) Ministère de l'environnement. Soumission de l'avis du ministre de l'Environnement à la préparation de l'étude d'impact sur l'environnement du projet de production d'énergie éolienne d'Ukushima (Information) 2015. <https://www.env.go.jp/press/100207.html> (2018.2.25)

(4) McCunney, R. Mundt, D. Colby, R. Dobie, K. Kaliski, Blais M. L'éolienne et la santé: un examen critique de la littérature scientifique, J Occup Environ Med 2014; 56: e 108 - e 130.

(5) Jeffery RD, CM Krogh, Horner B. Éoliennes industrielles et effets néfastes sur la santé, Can J Rural Med 2014; 19: 21-26.

Nissenbaum

<http://www.noiseandhealth.org/article.asp?issn=1463-1741;year=2012;volume=14;issue=60;spage=237;epage=243;aulast=Nissenbaum>

VIII L'EQUIPEMENT DES PARCS EOLIENS EN SONOMETRES

Références :

Wind Turbine Infra and Low-Frequency Sound: Warning Signs that Were Not Heard
Peer Reviewed Article

ERIC Institute of Education Sciences

James, Richard R.

2012 Bulletin of Science, Technology & Society

DOI: 10.1177/0270467611421845

Keywords: Energy, Power Technology, Acoustics, Health

Industrial wind turbines are frequently thought of as benign. However, the literature is reporting adverse health effects associated with the implementation of industrial-scale wind developments. This article explores the historical evidence about what was known regarding infra and low-frequency sound from wind turbines and other noise sources...

The French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety (ANSES) reiterates that wind turbines emit infra-sounds (sound below 20 Hz) and low-frequency sounds. There are also other sources of infra-sound emissions that can be natural (wind in particular) or anthropogenic (heavy-goods vehicles, heat pumps, etc.).

<https://worldwidescience.org/wws/desktop/en/results.html#>

Assessment of the health effects of low-frequency sounds and infra-sounds from wind farms.
ANSES Opinion. Collective expertise report.

<https://worldwidescience.org/wws/desktop/en/service/link/track?redirectUrl=https%3A%2F%2Ffinis.iaea.orgsearchsinglerecord.aspx%3FrecordsFor%3DSingleRecord%26RN%3D48064588&collectionCode=IAEA-INISDB-EN&searchId=eb678a73-7d3c-4654-9204-65bfb24df35&type=RESULT&signature=19e83afb2d5fd6f26553cadf5756fd06a2c51e51fe0c543637182cb2adc6b2b0>

Energy and environmental intolerance: electromagnetic hypersensitivity, wind turbine syndrome.

What is the reality? [https://worldwidescience.org/wws/desktop/en/service/link/track?](https://worldwidescience.org/wws/desktop/en/service/link/track?redirectUrl=http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1684%2Fers.2017.0971&collectionCode=IAEA-INISDB-EN&searchId=eb678a73-7d3c-4654-9204-65bfb24df35&type=RESULT&signature=9c331ed7c04ae9f5a0f7ed4857ce4fd82bae3c58eab063f2e60f1c55bae7e098)

[redirectUrl=http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1684%2Fers.2017.0971&collectionCode=IAEA-INISDB-EN&searchId=eb678a73-7d3c-4654-9204-65bfb24df35&type=RESULT&signature=9c331ed7c04ae9f5a0f7ed4857ce4fd82bae3c58eab063f2e60f1c55bae7e098](https://worldwidescience.org/wws/desktop/en/service/link/track?redirectUrl=http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1684%2Fers.2017.0971&collectionCode=IAEA-INISDB-EN&searchId=eb678a73-7d3c-4654-9204-65bfb24df35&type=RESULT&signature=9c331ed7c04ae9f5a0f7ed4857ce4fd82bae3c58eab063f2e60f1c55bae7e098)

Proceedings of the International Congress/Actes du 6eme Congres International (6th) Held in Nice, France on 5-9 July 1993: Noise as a Public Health Problem. Volume 2

<https://worldwidescience.org/wws/desktop/en/service/link/track?redirectUrl=http%3A%2F>

<https://www.dtic.mil/docs/citations/FADA278217&collectionCode=SCIGOV-EN&searchId=1898f4a1-a515-4846-b523-c0c518276415&type=RESULT&signature=4062a1d715626e8d6cd8d3bdf6ee489c00da5970a3f87e349ade6ba7ec531b93>

Noise and Infrasonic Noise at Workplaces in a Wind Farm

https://worldwidescience.org/www/desktop/en/service/link/track?redirectUrl=https%3A%2F%2Ffsl-bfs.summon.serialssolutions.com%2F2.0.0%2Flink%2F0%2FeLvHCXMwtV3da9RAEF-0UhCh1C88rbIv7UvImWyy2eShD_XaIoJFuR76FvazHPaSktxRvL--s5tckp4i-iAc4RjCkJvfZPc3s3MzCEVkhPhba4KgiYK9WaSCxVpRTTjhsLclEvi8oMKmJWez6Ox7fPHV9n7elOr0sv8KPMgAevtH2n8Av1MKAvgOLgBXcAK4_pUbXJTzWrdFv6bitRt40wqXLIXeVWV5HNYIuPGcV4shZx02pz2RpRv_NRhHX81X9dr7cq1F72if7MEAV2W97sL98nBCDz9MdMG96YJf1Dz5MOYRsK-VwCv5brX7aJo626sWb3oy9tVeOy2GeMmL-UM3mwFo7GOQ7gU8SNz29W3xjMnCyaLCSxs0Or19WeOqaYfCS-82TBZQc2S7pCzWXy2Nd-LPpQ_SIRElmCzyzb5-7jFsAVJC50XLd07VNV0Hn-3sa75OUPvLYu3U1DEpfNb_Sb_jXu6jvTaGwCcN2k_RA108Q7uullfWzxFz8GLAHPeY41a4xD3meF5gji3m2GL-As3Ozy4nH_12PoYvSRpSnxuiQwM7nRRMAnPVBBrhbIlXEIBQkVdQkmYl1SIVkGOVhAm9cLBMDvCU0kWbRS7RTIIV-hbAR2rKZTMWKwYdxBnEm11qLLBWKZSN0tDFiftO0QcIt-AiWy8FyubVcbi03Qgcbc-Xta1Dn9qg2SLMgYyMUb5lwcNfv9AHbB094_Wetb9Dj3k0P0M6yWum3aNfU176ozTvnBneCp mk9&collectionCode=WWS-FSLC&searchId=1898f4a1-a515-4846-b523-c0c518276415&type=RESULT&signature=92a33cd48693ded2c8e06b1d3937c268026b66be6c8aedaececc924540324bd3

Comme on peut le voir, des dispositifs épidémiologiques se sont développés en Amérique du nord, au Japon, en Australie mais peu en Europe ou la CEE met peu d'efforts à élucider la question des infrasons en raison de ses positions idéologiques sur l'éolien.

Des quelques cas concrets répertoriés en France tels les parcs de Freycenet Latour ou de Ally en Haute-Loire, il manque l'essentiel des remontées des effets des infrasons faute d'une organisation des services de santé départementaux et d'une absence des capteurs d'infrasons autour des parcs.

IX Les déficiences des maîtres d'ouvrage et des cabinets d'expertises

1- Aussi surprenant que ce soit, rien dans aucune pièce des dossiers ne précise d'information sur la question des infrasons dans les études d'impact: « Ambiance sonore actuelle » de l'Etude d'impact où il est indiqué que les infrasons commencent à 20hz et que les mesures sont stipulées plutôt en dBa en sous-entendant une équivalence des deux mesures.

On rappelle le contexte réglementaire paragraphe 3.2.1.2. « Contexte réglementaire » qui s'appuie sur des normes AFNOR 31010, 31015 et 31114 version 2011. Ces normes arrangent les questions d'acoustique dans les exposés ICPE sans que la nouvelle norme AFNOR 31114 soit réellement utilisée dans sa version de 2014 et non de 2011 qui bien que toujours en vigueur est objectivement obsolète.

Cela constitue une tentative de tromperie d'un lecteur ou d'une autorité non avertie.

2- On voit donc apparaître, tout au long des dossiers, des dBa qui concernent les sons audibles du point de vue de leurs qualités musicales et communicantes, mais rien a voir avec leurs paramètres de santé publique et encore moins avec les infrasons, la différence entre les deux à 10hz étant de 70dB, ce qui est considérable. Aucune mention de ces questions n'est évoquée nulle part dans aucun dossier déposé en particulier partout où on parle de dBa c'est à dire L'étude d'Impacts, L'étude d'Impacts Annexe volume II, et Description de la demande.

Les éoliennes émettent bien des infrasons sans que cela soit jamais évoqué alors que la communauté scientifique, qui bruisse de catastrophes sanitaires sur tous les continents, ne peut ignorer les textes que je viens de citer.

X L'IDENTIFICATION DES SOURCES SONORES

Pour les voisins d'un parc éolien se plaignant des infrasons (ou pour toute personne en ayant les symptômes sans en être voisin), il est intéressant de tenter de trouver l'origine des infrasons incommodants.

Il n'est pas question de procéder comme pour les signatures sonores des bateaux comme le font les sous-marinières car les signaux sonores des aérogénérateurs viennent des pales et non des turbines.

La solution reste néanmoins simple qui consiste à lire l'analyse spectrale de l'infrason incommodant et à le comparer aux infrasons émis par le parc éolien contrôlé.

Il faut donc disposer simultanément de deux sonomètres, l'un sur le site du parc éolien suspecté et l'autre sur le site du plaignant. On a pu comprendre dans les chapitres précédents que l'infrason incriminé pouvait venir de n'importe quelle direction et de n'importe quelle distance jusqu'à 20 à 50 km selon que le vent porte favorablement.

En effet, la signature spectrale du parc éolien contrôlé correspond à des multiples ou sous-multiples de la vitesse de rotation des pales. Pour un parc de plusieurs éoliennes, on disposera donc d'un ensemble de raies d'émission à un moment donné qui correspondront à l'ensemble des raies spectrales relevées sur le site du plaignant, au décalage du temps de propagation du train d'onde près. Comme le vent local ne sera jamais le même pour chaque parc émetteur suspecté, on est certain de pouvoir les discriminer et de repérer, avec le temps, le ou les fauteurs de trouble.

Cette situation rappelle l'intérêt que certains juristes prônent de mettre les parcs éoliens sur le même pied que les aéroports et de les doter de sonomètres permanents.

En conclusion :

Pour protéger les activités de l'industrie éolienne, l'Etat et les gouvernements successifs se sont attaché à nier les effets des infrasons des aérogénérateurs au point de ne pas donner suite à des demandes d'études épidémiologiques sérieuses et non partisans telles celles de l'Académie de Médecine chaque année ou de l'ANSES dans sa co-saisine du ministre de l'écologie et de la santé du 30 mars 2017, de retarder la sortie de la norme AFNOR 31114 dans sa version 2014 sur les mesures d'infrasons.

La réalité des effets multiples des éoliennes sur la santé humaine, le bétail et la faune sauvage par au moins les émissions d'infrasons est largement démontrée dans la communauté scientifique internationale. Elle constitue objectivement les préliminaires d'un futur scandale sanitaire équivalent à celui du sang contaminé ou de l'amiante. Vous ne pourrez plus dire que vous ne saviez pas.

Les associations peuvent donc faire quatre choses :

- 1- De faire promouvoir auprès de vos autorités de tutelle, l'accélération des procédures AFNOR évoquées.
- 2- D'exiger des autorités concernées d'adopter pour les parcs éoliens le même dispositif de contrôle sonore appliqué pour les aéroports y compris et surtout pour les infrasons.
- 3- De faire promouvoir la mise en place généralisée des études épidémiologiques des phénomènes de santé publique tant humains que d'élevage.
- 4- Demander donc d'appliquer le principe de précaution au sens de l'article R1334-31 du Code de la Santé Publique, de l'article L.110-1 du code de l'environnement, et, tant en droit et qu'en leur âme et conscience.

Les particuliers, de leur côté, peuvent prendre leurs précautions :

Dans le cas de soupçon d'infrasons présents, les citoyens doivent se faire faire des prises de sang afin d'analyser leur teneur sanguine en cortisol, molécule pouvant confirmer l'effet des infrasons sur leur santé ainsi que les catécholamines (voir en annexe).

Les catécholamines sont un indicateur de la présence de tumeurs.

Dans le cas de menace d'infrasons par des éoliennes avant leur installation, ils peuvent prendre date en mesurant leur cortisol de manière à préparer, ex ante, une future action en justice.

Le cortisol s'analyse dans le plasma sanguin et les catécholamines dans le sang pour les mesures instantanées ou dans les urines pour les hormones émises et stockées pendant 24 heures.

Source : http://docnum.univ-lorraine.fr/public/BUPHA_MAUDIO_2014_BISMUTH_DAVID.pdf

ANNEXES I

Traçeurs chimiques des infrasons

Les catécholamines

La famille des catécholamines comprend la dopamine, l'adrénaline (épinéphrine) et la noradrénaline (norépinéphrine).

Elles forment un groupe d'hormones similaires produites par la zone médullaire (portion centrale) des glandes surrénales. Les glandes surrénales sont de petits organes triangulaires situés au-dessus de chaque rein. Ces hormones sont libérées dans la circulation sanguine en réponse à un stress physique ou émotionnel.

En temps normal, les catécholamines et leurs métabolites sont présents dans le corps en petites quantités variables, qui n'augmentent de façon importante que pendant une période de stress, et restent ensuite brièvement augmentées. Les phéochromocytomes, les neuroblastomes et les autres tumeurs neuro-endocrines, en revanche, peuvent produire de grandes quantités de catécholamines, ce qui a pour conséquence des concentrations d'hormones et métabolites largement augmentées, à la fois dans le sang et dans les urines. Ceci peut être à l'origine d'une hypertension artérielle persistante, et/ou de crises d'hypertension majeure (pression artérielle très élevée), s'exprimant par des maux de tête sévères, des palpitations, des sueurs, une sensation de malaise et d'anxiété, des picotements dans les doigts et les orteils.

Environ 90 % des phéochromocytomes sont situés dans les glandes surrénales. Bien que certains soient cancéreux, la plupart sont bénins, c'est-à-dire qu'ils ne s'étendent pas au-delà de leur localisation première, bien que la plupart continuent de croître. Sans traitement, les symptômes peuvent empirer avec la croissance de la tumeur, et, après quelque temps, l'hypertension artérielle causée par le phéochromocytome peut endommager les organes tels le rein et le cœur, et augmenter le risque d'accident vasculaire cérébral ou de crise cardiaque. Les examens sanguins et urinaires de catécholamines peuvent être utilisés pour détecter les phéochromocytomes. Il est important de diagnostiquer et de traiter ces tumeurs rares car elles représentent une forme potentiellement guérissable d'hypertension artérielle. Dans la plupart des cas, la tumeur peut être enlevée chirurgicalement et/ou traitée pour réduire la quantité de catécholamines produites, réduisant ou faisant disparaître les symptômes et les complications. L'examen des catécholamines mesure la quantité d'adrénaline, de noradrénaline, et de dopamine dans le plasma ou l'urine. Les métabolites de ces hormones peuvent également être examinés séparément : métanéphrines urinaires ou plasmatiques, et/ou examen urinaire d'HMMA.

Les hormones ainsi que leurs produits de dégradation (métabolites) sont éliminés dans les urines.

L'examen des catécholamines plasmatiques mesure la quantité d'hormones présentes au moment du prélèvement, alors que l'examen urinaire mesure la quantité excrétée sur 24 heures.

Le cortisol

Le cortisol est un indicateur de stress. On le trouve dans les urines mais aussi dans les cheveux et donc sur longue durée.

Ainsi le stress provoqué par le bruit permanent ou bien la crainte du bruit permanent (effet nocebo) provoque à son tour une montée du taux de cortisol dans le sang. Cette substance pas vraiment dangereuse en soi est à l'origine, en cas de taux permanents, des dégradations génomiques que l'on retrouve ensuite dans l'apparition de tumeurs ou de cancers ainsi que dans des transformations épigénétiques.

Le stress est géré par le gène NR3C1. Il est altéré en cas de mauvais traitements dans l'enfance ou en cas d'accidents de la vie.

Cortisol et tumeurs cancéreuses

Les carcinomes épithéliaux sont des cancers qui touchent les parois épithéliales des organismes.

Cortisol et épigénétique

Rappel : l'épigénétique est une branche de la génétique qui traite de la régulation de l'activité des gènes sans modifier l'ADN lui-même. Ainsi l'épigénétique traite de la variabilité des caractères au sein d'une même famille cherchant à expliquer les variations des ressemblances au sein d'une même fratrie ou le long d'une même lignée. Ainsi, la présence des yeux bleus chez l'homme est purement héritée de l'ADN, tandis que l'aptitude à certaines capacités est purement épigénétique. C'est ainsi le cas, comme pour le mal de mer, des symptômes éoliens, acquis ou provoqués.

Source : Mathias Germain, Inverser les effets du stress, La Recherche, juin 2019 p. 43

Le cortisol provoque à la longue la déméthylation certaines cellules sanguines comme les lymphocytes. On observe alors une dégradation de la partie de l'ADN appelée zone épigénétique. Le stress accélère « l'horloge épigénétique ».

Source : Edith Heard, Nous établissons les bases moléculaires de l'épigénétique, La Recherche, juin 2019, p.34.

La séquence d'ADN s'enroule par fragments autour de protéines particulières les histones qui forment alors la chromatine. Ce sont sur ces groupes d'histones que se fixent les marqueurs méthyles ou acétyles.

Les séquences d'ADN qui se transcrivent sont celles qui ne sont pas enroulées. Lors de la reproduction, les marqueurs s'effacent par méthylation. L'information épigénétique héritée des gamètes n'est pas conservée sauf quelques séquences propres à chaque individu.

La déméthylation forcée des histones provoque donc, dans certaines conditions, ici le stress, des dérèglements fonctionnels dans certaines cellules.

ANNEXE II

LES INFRASONS: HYGIENE ET SECURITE

INRS - Hygiène et sécurité du travail -
Cahiers de notes documentaires - 2e trimestre 2006 - 203 / 68

GÉNÉRATION

Les sources infrasonores sont nombreuses, qu'elles soient naturelles ou artificielles.

Les sources naturelles sont les mouvements violents de l'air (vents, tempêtes, jusqu'à 135 dB à 100 km/h), les fluctuations rapides de la pression atmosphérique (< 1 Hz à 100 dB), les mouvements de l'eau (vagues océaniques, < 1 Hz) et les vibrations du sol provoquées par des éruptions volcaniques ou des tremblements de terre, qui comportent des composantes basse fréquence à leur tour ré-émises dans l'air.

De même, les sources émettant sur une large bande de fréquence (tonnerre, chutes d'eau) peuvent émettre des composantes de haute énergie se situant dans la partie infrasonore du spectre.

Tous les moyens de transport (automobiles, camions, hélicoptères, avions, bateaux, trains) sont des sources de bruit comportant souvent des composantes vibratoires basse-fréquence et infrasonores [8]. Les passagers d'une automobile ou d'un train peuvent être soumis à des niveaux de 120 dB entre les fréquences 1 Hz et 20 Hz et les niveaux peuvent atteindre de 115 à 150 dB, pour la même gamme de fréquence, dans une cabine d'hélicoptère.

En milieu industriel, ce sont principalement les machines tournantes lourdes qui sont connues pour leur émission infrasonore [9]. Les ventilateurs, pompes, compresseurs, machines à sécher, machines à air conditionné, broyeurs, centrifugeuses à béton, etc. produisent couramment des niveaux élevés d'infrasons.

Le développement des éoliennes comme source d'énergie électrique renouvelable a amené récemment des polémiques sur leur potentialité à produire des infrasons dangereux pour la santé. Les rares données provenant de mesurage [10] montrent que les niveaux émis sont de l'ordre de ceux des sources naturelles (vent).

Les sources impulsives (explosions, chocs) peuvent aussi émettre des composantes de haute énergie se situant dans la partie infrasonore du spectre. De plus, certaines sources cohérentes émettant deux fréquences pures non-infrasonores assez proches peuvent provoquer l'apparition d'infrasons par des battements à la fréquence différence (différence entre les deux fréquences de départ) en raison des non-linéarités du milieu.

On peut citer aussi des sources d'infrasons moins répandues comme celles servant à des applications thérapeutiques (massages) ou militaires (armes non létales [11]). Les niveaux de ces dernières sources ne sont pas publiés.

PROPAGATION

Comme les bruits audibles, les infrasons sont des ondes sonores se propageant dans un milieu élastique fluide (air) ou dans les solides (sol, structures). Leur gamme de fréquence très basse fait que l'absorption par les milieux traversés est relativement faible.

Par exemple, dans l'air, l'énergie d'une onde infrasonore de fréquence 10 Hz diminue seulement de l'ordre de 0,1 dB par kilomètre, à comparer avec une absorption de l'ordre de 10 dB par kilomètre pour un son de fréquence audible à 1 kHz.

L'atténuation due à la propagation en ondes sphériques (- 6 dB par doublement de la distance) s'applique aussi aux infrasons et représente souvent le seul terme significatif de diminution de l'énergie des ondes infrasonores avec la distance.

La localisation des sources infrasonores est rendue difficile par la faible absorption : les sources peuvent être très éloignées du lieu où la nuisance est mesurée (plusieurs centaines de mètres). De plus, la gamme de fréquence implique de grandes longueurs d'onde, de l'ordre de 34 m, par exemple, à 10 Hz.

La directivité d'une source étant liée à sa grandeur mesurée en longueur d'onde, beaucoup de sources industrielles sont petites devant la longueur d'onde. Elles émettent alors des infrasons dans toutes les directions de l'espace avec une énergie à peu près équivalente : les sources infrasonores sont généralement omnidirectionnelles.

Ces caractéristiques font qu'il sera souvent illusoire de vouloir se protéger des infrasons par des procédés classiques d'isolement et d'absorption acoustique. Une réduction du niveau d'émission à la source sera souvent la seule solution possible pour diminuer les niveaux d'exposition.

PERCEPTION

Seuil d'audition en basse fréquence

De nombreuses expérimentations récentes ou plus anciennes font état de la sensibilité de l'oreille à des fréquences inférieures à 20 Hz [12]. Cette sensibilité existe pour tous les sujets en bonne santé, même si elle est très inférieure à celle connue aux fréquences moyennes du spectre qualifié d'audible.

Cette constatation remet même en cause le concept usuel d'infrasons puisque des sons puissants de fréquence inférieure à 20 Hz ne sont pas inaudibles.

La Figure 1, adaptée de Møller [12], montre :

-1 au-dessus de 20 Hz, les seuils d'audition décrits par la norme ISO 226 : 2003 [13].

-2 dans la gamme de fréquence [1 Hz – 20 Hz], la moyenne de relevés de seuils d'audition pour des sujets variant en âge et en sexe, selon différents auteurs.

Les écarts-types relevés lors de ces expérimentations sont de l'ordre de 3 à 8 dB, alors que le seuil d'audition des sujets les plus sensibles se trouve à plus de 10 dB en dessous de la moyenne,

Les deux parties de la courbe, de part et d'autre de 20 Hz, montrent une variation continue des seuils.

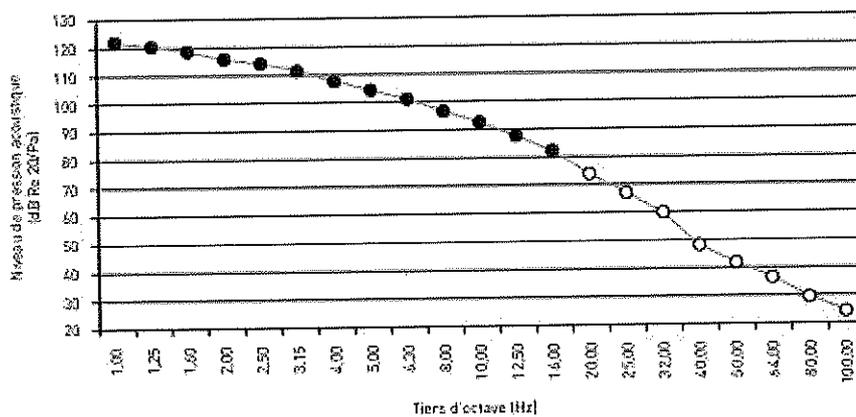
Accroissement de la sensibilité

Écoute binaurale : pour les infrasons, il a été montré qu'une écoute binaurale augmentait la sensibilité de 3 dB par rapport à une écoute monaurale, comme pour les fréquences classiquement qualifiées d'audibles [12].

Augmentation de la sensation sonore : les courbes isosoniques données par la norme ISO 226 : 2003 [13] montrent qu'en basse fréquence, la sensation sonore augmente plus vite quand le niveau de pression acoustique s'accroît, comparativement à ce qui se passe aux fréquences audibles. Par exemple, une augmentation du niveau de pression de 20 dB(Lin) provoque une augmentation de la sensation d'environ 40 phons à 20 Hz, contre 20 phons à 1 kHz (par définition).

Figure 1

Seuil d'audition en basses fréquences
Hearing Threshold in low frequency



- Seuil d'audition normalisé au-dessus de 20 Hz (ISO 226 : 2003) et
- Moyenne des résultats de recherches récentes couvrant les fréquences jusqu'à 20 Hz [12]
- Standardized hearing threshold above 20 Hz (ISO 226 : 2003) and
- Average results from recent investigations covering frequencies up to 20 Hz [12]

Perception vibrotactile

Une étude conduite avec des sujets sourds [14] a montré que la perception pouvait exister pour des niveaux suffisamment élevés par d'autres moyens que celui de l'audition. Cette étude a précisé que cette perception qualifiée de « vibrotactile » apparaît pour des niveaux de l'ordre de 124 dB à 4 Hz (contre 107 dB pour l'audition) ou 116 dB à 16 Hz (contre 82 dB pour l'audition).

Une perception vibrotactile peut amener des confusions de sensation.

Les personnes exposées aux infrasons peuvent se croire exposées à des vibrations issues d'une seule transmission solidienne. Il est donc important d'être capable d'identifier les couplages entre la nuisance physique ressentie et la source afin de différencier les problèmes purement vibratoires des problèmes d'ondes élastiques dans l'air (infrasons).

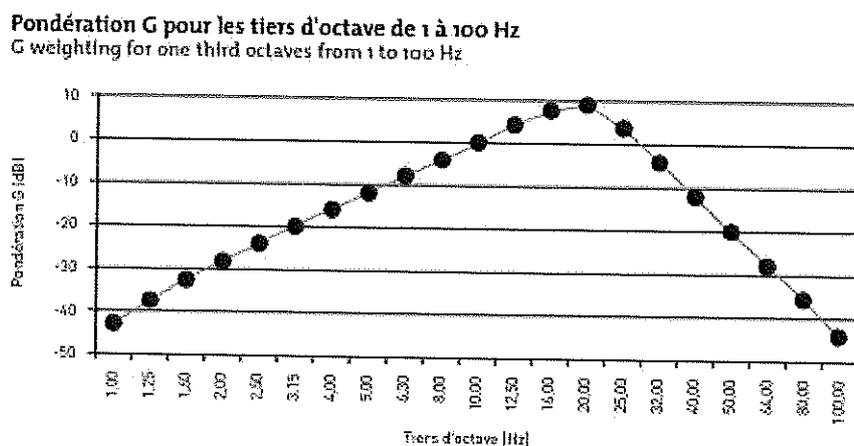
INADÉQUATION DE LA PONDÉRATION A– PONDÉRATION G

Il est courant d'utiliser la pondération A, adaptée à la réponse de l'oreille, pour estimer l'exposition sonore aux bruits audibles. Les sonomètres de classe 1 qui utilisent la pondération A ont des tolérances de mesures définies dans une bande de fréquence comprise entre 16 Hz et 16 kHz [15]. Pour les sons basse fréquence et les infrasons, certains auteurs ont montré que l'utilisation de la pondération A pour estimer la nuisance de composantes basse fréquence conduit à les sous-estimer [16, 17].

D'autres auteurs mettent en évidence que les niveaux de gêne sont plus proches des seuils d'audition en basse qu'en haute fréquence [18].

Le normalisateur a tenu compte de ces difficultés et a défini une pondération fréquentielle spécifique pour le mesurage des infrasons, la pondération dite G [4].

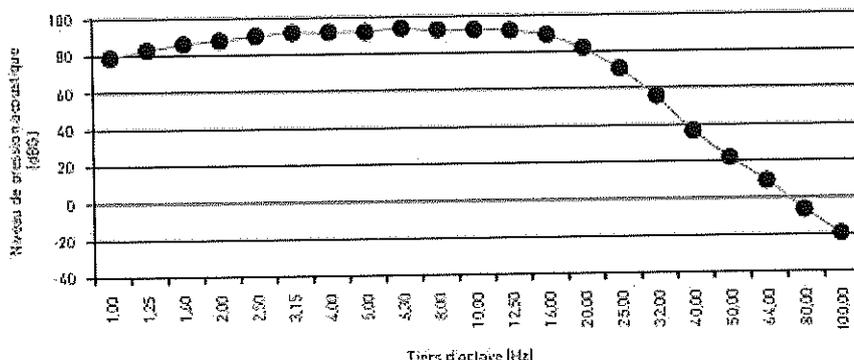
Figure 2



La Figure 2 montre l'allure de cette pondération pour les tiers d'octave de 1 Hz à 100 Hz. L'utilisation de cette pondération sur les seuils d'audition montrés sur la Figure 1 conduit à la courbe de la Figure 3.

Figure 3

Seuils d'audition de la Figure 1 pondérés G
Figure 1 hearing thresholds with G weighting applied



Dans le domaine des fréquences comprises entre 1 Hz et 100 Hz, l'usage de cette pondération sur les seuils d'audition tirés de Møller [12] conduit à un niveau (intégré sur la bande de fréquence) de perception auditive de l'ordre de 102 dB(G).

Si on réduit l'intervalle d'intégration aux fréquences comprises entre 1 Hz et 20 Hz, ce résultat reste identique car les valeurs des coefficients de la pondération G décroissent très rapidement de 20 Hz à 100 Hz. La norme ISO 7196 : 1995 [4] confirme ce résultat en affirmant que, dans le domaine des fréquences comprises entre 1 Hz et 20 Hz, des sons tout juste perceptibles par un auditeur moyen, donneront, après pondération, des niveaux de pression acoustique proches de 100 dB(G).

EFFETS PHYSIOLOGIQUES

Les effets physiologiques des infrasons, comme ceux de tous les bruits, dépendent du niveau reçu. À faible niveau, autour du seuil d'audition, des réactions de fatigue, de dépression, de stress, d'irritation, d'asthénie, de mal de tête, de troubles de la vigilance ou de l'équilibre et des nausées (« mal de mer ») ont été décrits [14, 19, 20].

Ces réactions peuvent être dues à la mise en vibration de certains organes digestifs, cardiovasculaires, respiratoires ou des globes oculaires [21].

Au seuil d'audition, des expériences faites sur des sujets sourds et entendant ont montré que des changements de l'état de vigilance des sujets étaient bien dus à une stimulation cochléaire [22].

À des niveaux plus élevés, les symptômes précédents s'amplifient et peuvent devenir insupportables si les durées d'exposition sont trop importantes.

La rémanence des symptômes a été notée, alors que la source est supprimée, les sensations de malaise peuvent perdurer quelque temps. Cette constatation est expliquée par les expériences au cours desquelles la pression artérielle ou le rythme cardiaque des sujets ont été modifiés.

La sensibilité de chaque individu étant très variable, les sensations de gêne ou de désagrément peuvent apparaître, pour certains individus très sensibles, à des niveaux inférieurs aux seuils

d'audition.

Certains auteurs notent un effet possible de masquage [14, 23]. Les symptômes dus à des infrasons de faible niveau sont atténués dès que le sujet est baigné dans un bruit audible de plus fort niveau. Pour finir, l'hypothèse d'une sensibilisation aux infrasons a été émise par certains, mais elle est contestée [19].

LIMITES D'EXPOSITION

Recommandations dans différents pays étrangers

En l'absence de réglementation nationale ou européenne sur les limites d'exposition aux infrasons, plusieurs références donnent des indications sur les niveaux considérés comme étant pénibles ou dangereux [24, 25].

L'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)

recommande, à l'exception des bruits impulsifs de durée inférieure à 2 s, que le niveau dans chaque tiers d'octave pour les fréquences de 1 à 80 Hz ne dépasse pas 145 dB(Lin), et que le niveau total ne dépasse pas 150 dB(Lin). Aucune indication de durée d'exposition n'est précisée.

Le New Zealand Occupational Safety and Health Service (NZOSHS)

préconise que le niveau de pression infrasonore soit inférieur à 120 dB(Lin), niveau global intégré dans la bande de fréquence de 1 à 16 Hz, pour 24 heures d'exposition.

Le Danish Environmental Protection Agency (DEPA) [26]

recommande, pour les infrasons environnementaux, que les niveaux d'exposition des citoyens soient inférieurs de 10 dB au seuil d'audibilité des infrasons. Dans cette publication, le seuil d'audition est réputé être égal, pour les sujets les plus sensibles, à environ 95 dB(G). Le DEPA recommande donc de ne pas dépasser une limite de 85 dB(G), niveau moyen pondéré G intégré jusqu'à 20 Hz.

Le « Eidgenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit » (EKAS - Suisse) [27]

Au stade actuel des connaissances acquises, il n'y a pas de risque à redouter des infrasons tant que leur niveau acoustique pondéré ¹, calculé sur une journée de travail de 8 h, ne dépasse pas 135 dB et lorsque la valeur maximale se situe en dessous de 150 dB. Des perturbations du bien-être peuvent se manifester lorsque le niveau moyen dépasse 120 dB.

La norme ISO 7196:1995 [4]

affirme que, dans le domaine des fréquences comprises entre 1 Hz et 20 Hz, des sons tout juste perceptibles par un auditeur moyen donnent des niveaux de pression acoustique proches de 100 dB(G). Elle ajoute que les niveaux inférieurs à 90 dB(G) ne sont généralement pas significatifs du point de vue de la perception par l'homme.

L'INRS en 1992 [28]

utilise une publication de Pimonow [29] pour classer les niveaux des bruits de fréquence inférieure à 20 Hz dans quatre zones différentes. Si L_p est le niveau de bruit intégré sans pondération pour

¹ En l'absence d'autre indication et vu les niveaux indiqués, il faut sans doute comprendre « pondéré A ».

les bandes de fréquence inférieure à 20 Hz, les quatre zones sont les suivantes :

- $L_p \leq 120$ dB(Lin) : niveau pour lequel une exposition de quelques dizaines de minutes ne conduirait généralement pas à des effets nuisibles. On admet que l'on ne connaît ni les actions psychologiques de tels niveaux, ni les conséquences à des expositions prolongées ;

- 120 dB(Lin) < $L_p \leq 140$ dB(Lin) :
niveau pour lequel l'apparition de troubles psychologiques passagers est appréciable mais la fatigue supportable par des personnes en bonne condition physique, même dans le cas d'une exposition de plusieurs heures ;

- 140 dB(Lin) < $L_p \leq 155$ dB(Lin) :
niveau pour lequel l'apparition de troubles psychologiques est appréciable et la fatigue supportable par des personnes en bonne condition physique, dans le cas d'une exposition courte (2 minutes) ;

- $L_p > 180$ ou 190 dB(Lin) :
niveau léthal (déchirure des alvéoles pulmonaires).

Les chercheurs du « Centralny Instytut Ochrony Pracy » (CIOP, Pologne), dans une publication récente [25], font un point relativement complet sur les différentes recommandations internationales et sur la bibliographie disponible. Cette publication conclut qu'il est souhaitable que les niveaux d'exposition aux infrasons ne dépassent pas 102 dB(G) en niveau moyen pondéré G intégré sur la gamme de 2 Hz à 50 Hz, pour 8 heures de travail. Pour les bruits impulsionnels dans ces gammes de fréquences infrasonores, cette publication recommande une limite de 145 dB(Lin).

Discussion et conclusion

Les indications du paragraphe précédent ne sont pas immédiatement comparables entre elles à cause de l'usage de différentes pondérations, des bornes d'intégration en fréquence ou de la diversité de la prise en compte de la durée d'exposition.

Pourtant, quand les niveaux sont donnés en dB(Lin), l'INRS, l'ACGIH ou le NZOSHS donnent des recommandations relativement proches : il est indiqué que les expositions de plusieurs heures à des niveaux inférieurs aux seuils de 120 à 150 dB(Lin) ne conduiraient qu'à des troubles passagers.

Quand les niveaux sont donnés en dB(G), la norme ISO 7196 : 1995 ou le DEPA indiquent que des valeurs inférieures à 85 ou 90 dB(G) seraient toujours en deçà des seuils de sensation ou de gêne.

Sur toute la gamme de fréquence de 2 à 50 Hz, le CIOP recommande un niveau moyen maximal de 102 dB(G).

On a montré que la pondération G était bien adaptée aux seuils d'audition des sujets moyens dans la gamme de fréquence de 1 à 20 Hz et que ce seuil était de l'ordre de 102 dB(G) (il reste identique de 1 à 100 Hz).

La valeur maximale d'une exposition à des bruits infrasonores (de 1 Hz à 20 Hz) et basse fréquence (de 1 Hz à 100 Hz) continus pendant 8 heures peut donc être estimée à la limite du seuil d'audition

pour la plupart des sujets, c'est-à-dire 102 dB(G).

L'exposition à des bruit impulsionnels inférieurs à 145 dB(Lin) semble aussi être une limite prudente.

Pour les bruits continus, une diminution de la durée de l'exposition permettrait d'augmenter ces seuils de 3 dB par diminution de la durée par un facteur 2, comme les principes d'énergie équivalente le permettent pour le bruit audible.

Le Tableau I résume les valeurs limites proposées :

Valeurs limites proposées pour l'exposition aux infrasons aériens
Suggested limit values for exposure to airborne infrasound

INFRASONS CONTINUS	
Calcul de l'exposition	<ul style="list-style-type: none"> * Utilisation de la pondération G * Sommaton des énergies reçues entre les tiers d'octave compris entre 1 Hz et 100 Hz
Valeur limite d'exposition en dB(G) sur une durée de 8 heures	102 dB(G)
Si la durée d'exposition est diminuée par un facteur 2	Augmentation de la valeur limite de + 3 dB
INFRASONS IMPULSIONNELS	
Calcul de l'exposition	Pas de pondération
Valeur limite d'exposition	145 dB(Lin)

METROLOGIE

La mesure des infrasons doit s'effectuer conformément à la norme ISO 7196:1995 qui définit la pondération G et donne des indications sur les prescriptions générales relatives à l'appareillage utilisé.

En particulier :

- La réponse fréquentielle du microphone utilisé doit être constante ou bien définie sur l'intervalle des fréquences allant de 0,25 Hz à 160 Hz ;
- Le reste de la chaîne de mesure doit avoir une réponse fréquentielle ayant au moins les mêmes spécifications que le microphone, le facteur précision étant par ailleurs réputé être crucial, une tolérance de ± 1 dB est demandée ;
- Le temps d'intégration devrait être de 10 secondes pour des bruits continus, jusqu'à une minute pour des bruits fluctuants.

Le mesurage doit s'effectuer en plusieurs points du local dans lequel les infrasons sont soupçonnés ou ressentis.

En particulier, à cause des ondes stationnaires pouvant exister dans un local de géométrie relativement régulière, il est nécessaire de considérer des points de mesure proches des cloisons, plancher ou plafond, là où des ventres de pression seraient susceptibles d'exister. D'autres points de mesure sont nécessaires dans le local, à 1 mètre ou 1,5 mètre du sol, puisqu'il n'est pas rare que des ondes stationnaires provoquent des variations de niveau, d'un point à l'autre d'un local, de plus de 30 dB.

Le niveau infrasonore est calculé par sommation des niveaux pondérés G dans les différents tiers d'octave. Cette sommation pondérée G est alors comparée aux valeurs limites recommandées dans le paragraphe précédent.

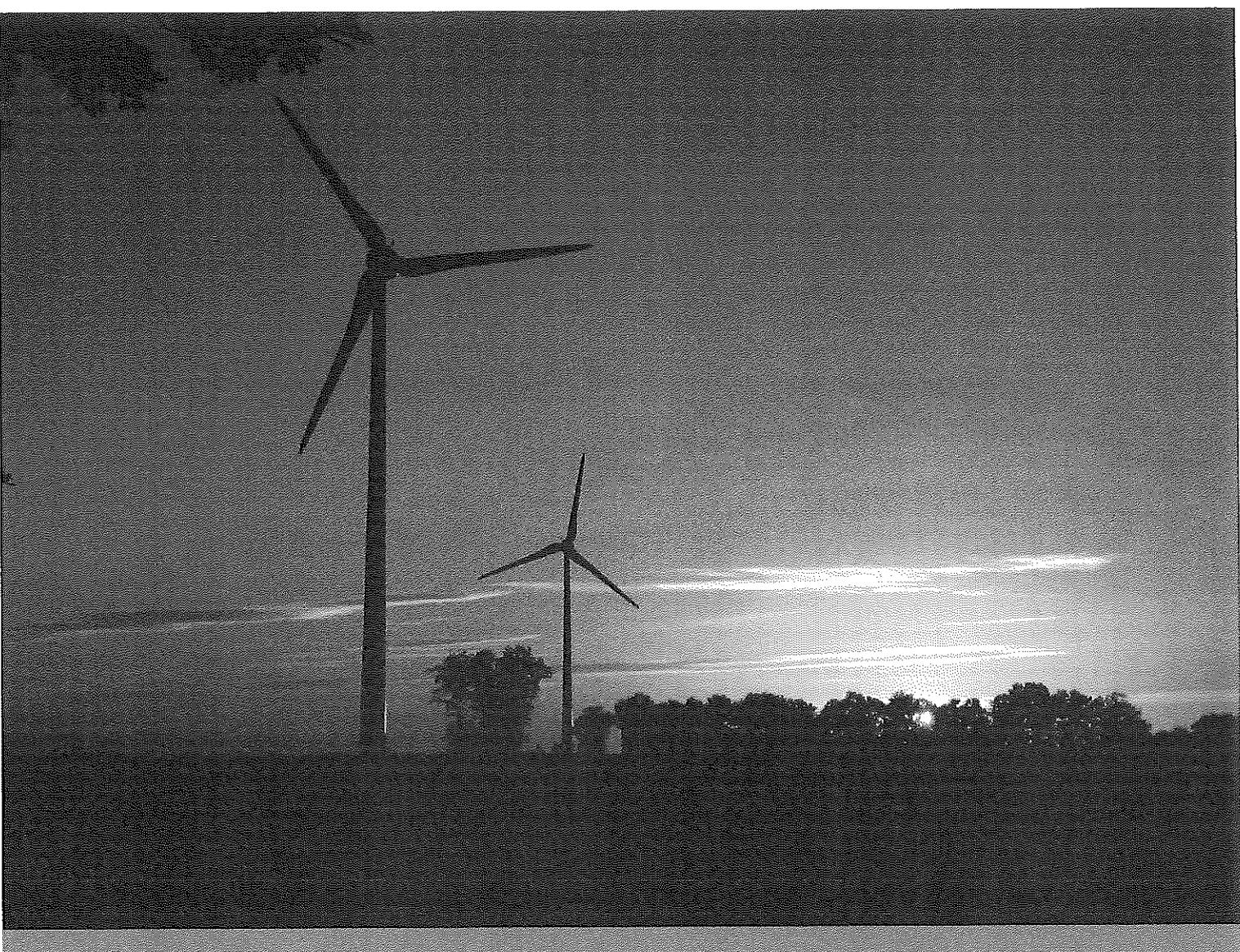
MESURES DE PROTECTION

Les mesures de protection contre les infrasons sont peu efficaces puisque ces ondes sont très peu atténuées durant leur trajet dans l'air ou les matériaux isolants acoustiques classiques [30].

Les propriétés acoustiques des matériaux isolants ou absorbants ne sont généralement pas définies en deçà de l'octave 125 Hz. Pour la plupart d'entre eux, ils sont très probablement beaucoup moins efficaces pour la gamme des fréquences inférieures à cette octave.

Les équipements de protection individuelle ne sont pas qualifiés en deçà de l'octave 63 Hz et des essais sur des bouchons d'oreille [31] ont prouvé leur inefficacité pour des fréquences en deçà de 50 Hz. De toute façon, les autres sensations corporelles transmises par les vibrations du corps ne peuvent pas être atténuées par ces protecteurs.

Par la diminution du niveau à la source (changement des composants, augmentation des vitesses de rotation des machines tournantes, etc.), on offrira probablement une protection plus efficace que par l'isolation des personnes exposées.



DIAGNOSTIC CHIROPTÉROLOGIQUE DES PROJETS ÉOLIENS TERRESTRES

Actualisation 2016 des recommandations de la SFEPM
Version 2.1 (février 2016)



Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères

Diagnostic chiroptérologique des projets éoliens terrestres

Actualisation 2016 des recommandations de la SFEPM

Version 2.1 (février 2016)

Rédaction : Groupe de travail éolien du Groupe Chiroptères de la SFEPM



Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères

c/o Muséum d'Histoire Naturelle, Les Rives d'Auron - 18000 Bourges

Tél : 02 48 70 40 03

www.sfepm.org

Proposition pour citation :

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 pages + annexes.

Photographie de la page de garde : Julien Sudraud ©

Sommaire

Introduction	3
1- Les principaux impacts des parcs éoliens	5
1.1 Destruction des individus	5
1.1.1 Préambule	5
1.1.2 Les espèces sensibles à la mortalité	5
1.1.3 Saisonnalité de la mortalité.....	6
1.1.4 Les projets éoliens mortifères	6
1.2 Destruction des habitats.....	7
1.3 Phénomènes d'aversion.....	8
2- Sensibilités des Chiroptères	9
2.1 Des populations naturellement fragiles.....	9
2.2 Tendances évolutives des populations.....	9
2.3 Statuts de conservation des espèces à l'échelle nationale et européenne	10
3- Diagnostic	12
3.1 Objectifs du diagnostic	12
3.2 État initial	14
3.2.1 Inventaires à mettre en œuvre	14
3.2.2 Conditions météorologiques	16
3.2.3 Pression d'observation des inventaires acoustiques	17
3.2.4 Fréquence d'observation	19
3.2.5 Analyse des données acoustiques et présentation des résultats.....	24
3.3 Évaluation des impacts	26
3.4 Mesures d'Évitement, de Réduction et de Compensation	27
3.4.1 Rappels sur la doctrine ERC.....	27
3.4.2 Préambule sur l'application de la doctrine ERC à l'éolien	27
3.4.3 Mesures d'évitement	28
3.4.4 Mesures de réduction	29
3.4.5 Mesures de compensation	30
3.4.6 Mesures d'accompagnement.....	31
Conclusion.....	32
Annexes	33

Introduction

Le développement de l'éolien n'étant pas sans conséquences sur la biodiversité, notamment pour les chauves-souris, le Groupe Chiroptères de la SFEPM s'est saisi de cette thématique depuis plus de 10 ans. En effet, le principal impact de l'éolien en phase de fonctionnement est la mortalité, parfois très importante. Or la dynamique des populations de chauves-souris étant basée sur un rythme de reproduction lent (faible taux de reproduction), la destruction d'individus peut s'avérer problématique pour la conservation des populations.

Les chauves-souris et leurs habitats sont intégralement protégés au niveau national par le code de l'environnement et par les arrêtés ministériels (23 avril 2007 et 15 septembre 2012) et au niveau européen par la directive 92/44/CEE dite directive Habitats Faune Flore. Des engagements internationaux, ratifiés par la France, visent aussi la conservation des chauves-souris (conventions de Bonn et de Berne, accord EUROBATS).

Plusieurs législations européennes ou nationales encadrent la prise en compte de l'environnement, et en particulier les chauves-souris, dans le cadre du développement de l'éolien, notamment :

- ✓ la directive européenne 92/44/CEE (notamment l'article 6),
- ✓ la protection stricte des espèces (articles L 411-1 et L 411-2, et L 415-3 du code de l'environnement),
- ✓ le régime des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE),
- ✓ l'évaluation des incidences des projets sur l'environnement (directive 85/337/CEE) et notamment le régime des études d'impact (articles L 122-1 à L 122-3 du code de l'environnement).

En parallèle, l'État s'est fixé comme objectif, dans le cadre notamment du Grenelle de l'Environnement, puis de la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte, de développer fortement l'énergie produite par l'exploitation du vent. L'objectif annoncé est une puissance installée de 25 000 MW d'énergie éolienne en 2020. Fin décembre 2014, celle-ci était de 9 143 MW pour 1 312 installations¹. Il convient d'ajouter que plus de 500 projets terrestres (6 428 MW) et 8 projets offshore (3 100 MW) sont actuellement en développement ou en attente de raccordement.

Considérant le double constat, celui d'un impact potentiel fort sur les populations de Chiroptères si elles ne sont pas prises en compte dans le cadre de ces projets et, en même temps, celui d'une volonté de développer l'éolien, il est primordial que les chauves-souris soient correctement prises en considération dans les diagnostics des études d'impact pour que le développement éolien ne remette pas en cause leur état de conservation en France. En outre, il est indispensable que les projets éoliens s'accompagnent de politiques publiques et d'initiatives privées en faveur de la sobriété énergétique. En effet, multiplier à excès les parcs éoliens pour permettre à notre société de consommer davantage d'énergie ne peut être soutenable pour la biodiversité (dont les chauves-souris) et l'environnement.

L'objectif du présent document est de préciser comment les expertises chiroptérologiques doivent être menées au regard des connaissances actuelles, dans les diagnostics des études d'impact des projets éoliens.

¹CGDD, 2015. - Tableau de bord éolien - photovoltaïque, 4^e trimestre 2014. MEDDE. *Chiffres et Statistiques n°611*, 6 pages.

Le document s'appuie sur les travaux déjà menés et cités ci-dessus ainsi que sur des retours d'expériences récents (publications scientifiques notamment). Il transpose en partie les recommandations d'EUROBATS (actualisation 2014), publiées en mars 2015², au contexte national.

Il est articulé en trois parties:

- ✓ rappels sur l'impact des éoliennes sur les populations des Chiroptères,
- ✓ rappels sur l'état de conservation des Chiroptères,
- ✓ les préconisations en conséquence dans le cadre des études d'impacts.

Comme le rappelle la loi (article R122-5 du code de l'environnement), « *le contenu de l'étude d'impact est proportionné à la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, à l'importance et la nature des travaux, ouvrages et aménagements projetés et à leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine* », ainsi les préconisations présentées dans la partie 3 de ce document peuvent être amenées à être appliquées différemment en fonction de la nature du projet. Par exemple dans le cas de projets prenant place dans des zones à fortes valeurs écologiques pour les chauves-souris et pour lesquelles des impacts attendus seront élevés, cas des parcs éoliens en forêt, il conviendra de réaliser davantage d'inventaires que ceux présentés dans ce document.

Dans tous les cas, il conviendra au porteur de projet de démontrer que les inventaires menés dans le cadre de l'état initial sont suffisants et permettent d'identifier les impacts du projet, pour apporter des mesures en conséquence. Ainsi, si le **pré-diagnostic réalisé** (étape préalable à l'étude d'impact) démontre que les enjeux sont élevés, alors la **pression de suivi de l'état initial devra être supérieure à celle préconisée pour un site plus « classique »**.

Les recommandations présentées ici ne sont pas exhaustives tant les sites d'étude, les projets et leurs impacts peuvent être divers. Il est de la **responsabilité du porteur de projet de démontrer la suffisance et la complétude de ses études** (cf par exemple partie 3.2.3).

²http://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/publications/publication_series/pubseries_no6_english.pdf

1- Les principaux impacts des parcs éoliens

1.1 Destruction des individus

1.1.1 Préambule

La mortalité est le principal impact des parcs éoliens sur les chauves-souris. La mortalité peut avoir lieu, soit directement par collision avec les pales, soit par barotraumatisme (implosion interne des tissus, par modification brutale de la pression de l'air provoquée par les pales en mouvement). L'intensité et la chronicité de la mortalité sont très variables selon les parcs éoliens (cf. 1.1.4).

A ce jour, il n'existe aucune étude menée en France sur l'impact réel de la mortalité sur la dynamique des populations. Toutefois, du fait de leur faible dynamique de reproduction (cf. 2.1), il y a lieu de s'inquiéter lors d'une augmentation de la mortalité pour les populations de ces espèces.

1.1.2 Les espèces sensibles à la mortalité

Les retours des suivis de la mortalité montrent qu'au moins 18 espèces de chauves-souris sont concernées par la mortalité en France (cf annexe I). Toutefois le niveau de sensibilité dépend fortement de leur biologie, et de leur écologie comportementale en vol. Ainsi, schématiquement les espèces de haut-vol (sérotones et noctules) et les espèces dites « de lisières » (pipistrelles notamment) seront davantage susceptibles d'être impactées, *a contrario* des espèces volant à faibles hauteurs en milieux encombrés (comme les petits *Myotis*).

Les espèces migratrices étant parmi les espèces les plus impactées, cela pose la question de l'échelle d'évaluation de l'état de conservation des populations mobiles ainsi impactées à travers l'Europe³.

EUROBATS 2015 propose une hiérarchisation des niveaux de sensibilités par groupes d'espèces, appliqués aux espèces présentes en France.

Tableau 1 : niveaux de sensibilité à la mortalité liée aux éoliennes pour les espèces de chiroptères présentes en France, d'après EUROBATS 2015 (* dans le cas de projet éolien dans ou à proximité de zones humides, le Murin des marais présente une sensibilité moyenne)

Élevé	Moyen	Faible
Noctules spp	Sérotones spp.	Murins spp.*
Pipistrelles spp.	Barbastelle d'Europe	Oreillards spp.
Vespertilion bicolore		Rhinolophe spp.
Vespère de Savi		
Minioptère de Schreibers		
Molosse de Cestoni		

³Voir par exemple : Voigt C., Popa-Lisseanu A. G., Niermann I. & Kramer-Schadt S., 2012. The catchment area of wind farms for European bats: A plea for international regulations. *Biological Conservation* 153 : 80–86

Ainsi, dans les inventaires des études d'impacts, une attention particulière devra être portée aux espèces à fort niveau de sensibilité théorique. Ceci étant, le calcul du risque d'impact à l'échelle du projet dépendra aussi de l'activité de l'espèce sur le site (modalités de fréquentation dans l'espace et dans le temps), de sa patrimonialité (statuts de protection et de conservation) et de la configuration du projet. Autrement dit, si le projet se situe à proximité directe de certains sites d'importance pour l'espèce ou si son niveau de patrimonialité est très élevé, le risque d'impact ne doit pas être considéré comme potentiellement faible pour des espèces à faible sensibilité générique.

1.1.3 Saisonnalité de la mortalité

La mortalité peut s'observer tout au long du cycle d'activité de vol des chauves-souris, la collision étant impossible par nuits où les chauves-souris sont en léthargie (essentiellement en hiver en France, bien que des vols puissent être notés à cette saison en période de redoux ou entre les différents gîtes d'hibernation).

Toutefois, on observe des périodes de mortalités plus élevées au printemps et à l'automne qui correspondent aux pics de migrations et à la dispersion des individus, ainsi qu'au cours de l'été impactant alors plutôt les populations locales et sédentaires.

1.1.4 Les projets éoliens mortifères

La mortalité se produit généralement par épisodes ponctuels dans le temps, dépendants d'une combinaison de paramètres météorologiques et topographiques, de l'abondance des chiroptères et des voies de migration.

Une mortalité chronique et exacerbée est généralement observée pour les projets éoliens se situant sur les voies migratoires, et là où une activité importante d'espèces à haut-vol ou de lisières est notée. C'est ainsi le cas pour les parcs éoliens situés sur le littoral, dans des contextes de grandes zones humides, le long des vallées alluviales et au niveau de cols.

Les parcs où des éoliennes survolent des éléments arborés (bocages, boisements) ou des zones humides (rivières, plans d'eau), milieux très favorables à l'activité des chauves-souris, sont aussi parmi les plus mortifères.

Le parc le plus meurtrier au niveau mondial connu à ce jour est situé en France à Saint-Martin-de-Crau (13), bois de Leuze, où les études démontrent une mortalité catastrophique comprise entre 70 et 90 chiroptères par machine et par an (AVES 2009). Aux variations interannuelles près, faibles sur ce site (Biotope 2013), cela représenterait un minimum de 15 750 chiroptères tués directement par le parc pour 25 ans de fonctionnement. Cette mortalité considérable était prévisible à l'origine du projet.

A l'inverse, les parcs éoliens situés dans des milieux peu favorables aux chauves-souris comme par exemple les paysages d'openfields céréaliers ont généralement un plus faible impact par mortalité. Toutefois, EUROBATS(2015) mentionne le cas de projets éoliens sur des sites défavorables aux chauves-souris ou non situés sur des voies migratoires où des mortalités importantes et occasionnelles ont été observées.

Enfin, même dans des milieux peu favorables aux chiroptères, on ne peut jamais considérer qu'un parc est totalement sans impact par mortalité sur les chauves-souris. Il convient donc de prendre en compte l'effet cumulé des faibles mortalités d'autres projets éoliens à différentes échelles, régionales ou nationales, sur les populations de chiroptères.

En conséquence, par défaut, la conception de mesures de réduction de la mortalité directe est nécessaire dès l'étude de diagnostic afin de rédiger une étude d'impact suffisante (cf § 3.1.).

1.2 Destruction des habitats

L'arrêté ministériel fixant les modalités de protection des chauves-souris du 23 avril 2007 précise que : « sont interdites [...] la destruction, l'altération ou la dégradation des sites de reproduction et des aires de repos des animaux. » Ainsi tous les gîtes utilisés par les chauves-souris sont protégés : gîtes d'hibernation, de repos et de transit, d'accouplement et de mise-bas.

Il précise aussi que « ces interdictions s'appliquent aux éléments physiques ou biologiques réputés nécessaires à la reproduction ou au repos de l'espèce considérée, aussi longtemps qu'ils sont effectivement utilisés ou utilisables au cours des cycles successifs de reproduction ou de repos de cette espèce et pour autant que la destruction, l'altération ou la dégradation remette en cause le bon accomplissement de ces cycles biologiques ».

Or, comme pour tous grands travaux, la phase chantier d'un projet éolien (défrichements, terrassements, excavations, fondations, etc. au niveau des voies d'accès, plateformes, postes de livraison, raccordement électrique, etc.) peut induire une destruction directe des habitats de chauves-souris, qu'il s'agisse des gîtes, des habitats de chasse, voire des éléments physiques (haies par exemple) utilisés lors des déplacements ou comme habitat d'alimentation. Précisons d'ailleurs que la destruction de gîtes suppose aussi la destruction d'individus si les gîtes sont occupés au moment des travaux.

L'article R122-3 du code de l'environnement précise par ailleurs que l'étude d'impact présente notamment une « analyse des effets directs et indirects, temporaires et permanents du projet sur l'environnement, et en particulier sur la faune et la flore [...] »

Dans le cas de projets éoliens, les risques de destruction ou d'altération d'habitats peuvent en effet aussi être indirects, par exemple si la phase de travaux induit des effets sur l'équilibre hydrobiologique des zones humides (ruissèlement de matières en suspension, pollution, drainage...) et donc sur leurs fonctionnalités écologiques pour les chiroptères (abreuvement, production d'une ressource alimentaire en insectes...).

L'impact sera d'autant plus important que le projet entraînera des destructions importantes (par exemple, défrichements de bois et forêts) et que les enjeux de conservation ou les fonctionnalités des habitats concernés sont élevés (ex : zones humides, habitats plus ou moins isolés, à fonctionnalités plurispécifiques et inter saisonnières).

EUROBATS (2015) rappelle par ailleurs que même une petite diminution du potentiel alimentaire peut avoir des effets à long terme, comme une diminution de la survie et la capacité de reproduction des individus, et donc pose la question du maintien de populations, en particulier pour les espèces migratrices.

1.3 Phénomènes d'aversion

Une perturbation de l'utilisation des habitats par les chauves-souris est souvent décrite dans les différents documents de cadrage : perte des corridors de vol et répulsion des habitats à proximité des éoliennes, effarouchement, « effet barrière » par exemple... Ce type d'impacts est avéré pour certaines espèces d'oiseaux, mais souvent énoncé comme non démontré dans la littérature spécialisée pour les chiroptères et n'est donc pas toujours pris en compte.

Rappelons ici, l'article 5 de la Loi constitutionnelle, charte de l'environnement de 2004, qui précise que :
« Lorsque la réalisation d'un dommage, bien qu'incertaine en l'état des connaissances scientifiques, pourrait affecter de manière grave et irréversible l'environnement, les autorités publiques veillent, par application du principe de précaution et dans leurs domaines d'attributions, à la mise en œuvre de procédures d'évaluation des risques et à l'adoption de mesures provisoires et proportionnées afin de parer à la réalisation du dommage. »

2- Sensibilités des chiroptères

2.1 Des populations naturellement fragiles

Pour la plupart des espèces, les femelles donnent naissance à un seul jeune par an et ont une maturité sexuelle tardive (à l'âge de deux ans). La longévité est généralement élevée. La dynamique de population est donc fortement dépendante de la survie des adultes. Cette stratégie implique donc de faibles capacités de renouvellement des populations.

Pour les espèces migratrices, les femelles donnent naissance en général à des jumeaux et la maturité sexuelle peut être précoce (parfois dès l'âge d'un an). Mais cette plus forte fécondité naturelle compense une mortalité élevée du fait des distances à parcourir pendant la migration (à l'image des oiseaux migrants transsahariens par exemple).

Cette stratégie rend donc les chauves-souris particulièrement fragiles aux agressions et perturbations sur les individus et leurs habitats.

Il convient à l'heure actuelle d'être très vigilant et de s'assurer que le développement éolien en France ne vienne pas remettre en cause la pérennité des populations de chauves-souris au niveau national mais aussi au niveau européen, en fragilisant davantage un cycle biologique déjà largement tributaire d'autres facteurs.

2.2 Tendances évolutives des populations

Actuellement, il n'existe pas ou peu de monitoring sur l'état des populations de chauves-souris en France.

Toutefois, les populations de certaines espèces de chauves-souris auraient diminué de moitié entre 2006 et 2013 en France⁴. Si cette tendance annoncée doit être prise en compte avec précaution, il n'en reste pas moins que ces **populations montrent globalement une diminution forte de leurs effectifs**. Le suivi coordonné par le MNHN tend à démontrer que la **Pipistrelle commune, la Sérotine commune et la Noctule de Leisler - trois espèces par ailleurs sensibles à l'éolien - ont subi une diminution de 30 % de leurs populations** dont les causes ne sont pas connues.

Le tableau ci-après présente les différences de tendances évolutives entre les espèces.

Il convient donc d'être là encore vigilant pour que l'augmentation du développement de l'énergie éolienne ne vienne pas accroître les pressions sur les populations de chiroptères, même pour des espèces jugées abondantes jusqu'à présent mais pour autant sensibles à l'éolien et protégées.

⁴ONB, <http://indicateurs-biodiversite.naturefrance.fr/indicateurs/evolution-des-populations-de-chauves-souris>

Tableau 2 : Tendances évolutives des populations de chiroptères en France selon les régions à dire d'expert (d'après Tapiero, 2015)⁵ (en gras, espèce à risque élevé selon EUROBATS, cf tableau 1)

Attention les tendances notées sont données sur un pas de temps court (2009-2013), les populations en augmentation apparente n'ont pas retrouvé leur état d'origine avant effondrement

Espèce	Tendance	Espèce	Tendance
Barbastelle d'Europe	Augmentation	Noctule commune	Inconnue
Grand Murin	Augmentation	Noctule de Leisler	Diminution
Grand Rhinolophe	Augmentation	Oreillard gris	Inconnue
Grande Noctule	Inconnue	Oreillard montagnard	Inconnue
Minioptère de Schreibers	Diminution	Oreillard roux	Inconnue
Molosse de Cestoni	Inconnue	Petit Murin	Diminution
Murin à moustaches	Inconnue	Petit Rhinolophe	Augmentation
Murin à oreilles échancrées	Augmentation	Pipistrelle commune	Diminution
Murin d'Alcathoe	Inconnue	Pipistrelle de Kuhl	Augmentation
Murin de Bechstein	Inconnue	Pipistrelle de Nathusius	Inconnue
Murin de Brandt	Inconnue	Pipistrelle pygmée	Inconnue
Murin de Capaccini	Augmentation	Rhinolophe de Méhely	Inconnue
Murin de Daubenton	Inconnue	Rhinolophe euryale	Augmentation
Murin de Natterer	Inconnue	Vespertilion bicolore	Inconnue
Murin des marais	Diminution	Sérotine commune	Diminution
Murin du Maghreb	Diminution	Sérotine de Nilsson	Inconnue
Murin d'Escalera	Inconnue	Vespère de Savi	Inconnue

2.3 Statuts de conservation des espèces à l'échelle nationale et européenne

Le tableau de la page suivante reprend les statuts de conservation des espèces de chiroptères à l'échelle nationale, européenne et mondiale. A noter que l'évaluation des statuts de conservation commence à être assez ancienne (2007 à 2009), et ne prend pas en compte les informations concernant les tendances négatives de certaines espèces publiées depuis.

Les porteurs de projets devront également se reporter à des listes rouges régionales ou à tout autre document local sur les statuts de conservation, par exemple des listes prioritaires ou de responsabilité pour la conservation des chauves-souris.

Une attention très importante devra être portée aux espèces dont les statuts de conservation sont défavorables (espèces quasi-menacées, menacées et en danger), et pour lesquelles des enjeux importants sont notés à proximité du projet.

Parmi les espèces sensibles à l'éolien (mortalité), trois ont un statut de conservation défavorable : la Noctule de Leisler, la Noctule commune et la Pipistrelle de Nathusius. A celles-ci s'ajoute la Grande Noctule qui présente un statut de conservation « quasi-menacé » à l'échelle mondiale, mais dont le faible nombre de cadavres retrouvés en France est d'avantage lié à une population à faibles effectifs qu'à une sensibilité réellement faible.

⁵Tapiero A., 2015. - *Bilan technique du Plan Nation d'Action Chiroptères 2009 - 2013. Diagnostic 34 espèces*. Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels, DREAL Franche-Comté, 95 pages.

Tableau 3 : évaluation de l'état de conservation des Chiroptères dans le monde⁶, en Europe⁷ et en France⁸.
 Avec LC : Préoccupation mineure ; NT : quasi menacé ; VU : vulnérable ; CR : en danger critique d'extinction ; DD : données insuffisantes ;
 NA : non applicable

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Monde	Europe	France
Petit Rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	LC	NT	LC
Grand Rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	LC	NT	NT
Rhinolophe euryale	<i>Rhinolophus euryale</i>	NT	VU	NT
Rhinolophe de Méhely	<i>Rhinolophus mehelyi</i>	VU	VU	CR
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	LC	LC	LC
Murin de Capaccini	<i>Myotis capaccinii</i>	VU	VU	VU
Murin des marais	<i>Myotis dasycneme</i>	NT	NT	NA
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	LC	LC	LC
Murin de Brandt	<i>Myotis brandtii</i>	LC	LC	LC
Murin d'Alcathoe	<i>Myotis alcathoe</i>	DD	DD	LC
Murin de Bechstein	<i>Myotis bechsteinii</i>	NT	VU	NT
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	LC	LC	LC
Murin d'Escalera	<i>Myotis escaleraei</i>	-	-	DD
Murin à oreilles échanquées	<i>Myotis emarginatus</i>	LC	LC	LC
Grand Murin	<i>Myotis myotis</i>	LC	LC	LC
Murin du Maghreb	<i>Myotis punicus</i>	NT	NT	VU
Petit Murin	<i>Myotis blythii</i>	LC	NT	NT
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	LC	LC	NT
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	LC	LC	NT
Grande Noctule	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	NT	DD	DD
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	LC	LC	LC
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	LC	LC	LC
Vespertilion bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	LC	LC	DD
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC	LC	LC
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	LC	LC	LC
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	LC	LC	NT
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	LC	LC	LC
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	LC	LC	LC
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>	LC	LC	LC
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	LC	LC	LC
Oreillard montagnard	<i>Plecotus macrobullaris</i>	LC	NT	DD
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	NT	VU	LC
Minioptère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i>	NT	NT	VU
Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i>	LC	LC	LC

⁶The IUCN Red List of Threatened Species 2008 <http://www.iucnredlist.org/>

⁷Temple H.J. & Terry, A. (coord), 2007. - *The Status and Distribution of European Mammals*. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg, 45 pages.

⁸UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2009. - *La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Mammifères de France métropolitaine*. Paris, France, 12 pages.

3- Diagnostic

3.1 Objectifs du diagnostic

Le diagnostic chiroptérologique s'inscrit dans le cadre réglementaire de l'étude d'impact nécessaire pour obtenir les autorisations d'exploiter et les permis de construire. Au-delà d'une simple obligation réglementaire, il doit permettre aux porteurs de projet d'assurer l'insertion environnementale de leur projet et ainsi prendre en compte la biodiversité dans le cadre d'une production d'énergie s'inscrivant dans le « développement durable ».

Toutes les informations nécessaires à l'analyse du diagnostic doivent figurer (au moins en annexe) afin de pouvoir si nécessaire réaliser de nouvelles analyses ou reproduire les inventaires réalisés. La rédaction doit être neutre et la plus objective possible. En effet, trop souvent, des contradictions sont présentes dans les rapports, témoignant d'une relecture et de corrections visant à réduire les enjeux ou les impacts. L'expertise menée doit prendre en compte le retour d'expérience récent sur les chauves-souris et les impacts des éoliennes sur celles-ci⁹. Cela suppose que le chiroptérologue en charge de l'étude soit compétent et effectue une veille régulière de l'état de l'art en la matière à l'échelle nationale et internationale.

Les étapes du diagnostic et leur contenu sont présentés dans le tableau de la page suivante.

L'évaluation des impacts résulte d'un processus progressif et structuré. Si dès la première étape, l'analyse de l'état initial est insuffisante, alors toutes les étapes suivantes seront faussées. L'évaluation des impacts est alors sous-estimée et les mesures sous-dimensionnées. Et ce n'est que lorsque le parc est en fonctionnement que l'on constate l'ampleur de l'impact. C'est souvent le cas lorsque les inventaires sont incomplets.

Dans un contexte réglementaire ICPE soumis à un permis de construire, mais aussi à une autorisation d'exploiter renouvelée en phase d'exploitation, le porteur de projet doit avoir conscience de l'importance de l'effet d'une sous-évaluation initiale des impacts sur la viabilité de son projet. En effet, un impact significatif sur les chiroptères qui serait constaté après construction du parc doit induire la mise en œuvre de mesures correctrices à la charge du porteur de projet et en proportion de l'impact constaté (notamment de régulation voire d'arrêt des machines pour les chiroptères). Les pertes de production d'énergie et les incidences économiques non anticipées qui en résultent exposent alors clairement les capacités de retours sur investissement. En d'autres termes, une bonne analyse de l'état initial chiroptérologique est un préalable essentiel non seulement pour le respect des populations de chauves-souris, mais aussi pour l'exploitant.

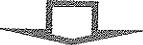
Les recommandations concernant le suivi des impacts ne sont pas présentées ici. Il conviendra de se reporter notamment aux recommandations EUROBATS (2015) et à celles de la SFPEM (actualisation 2016¹⁰).

Aucun parc en fonctionnement n'étant exempt de mortalité directe sur les chiroptères, l'un des objectifs du diagnostic est de concevoir des mesures de réduction de la mortalité pour une éventuelle régulation. Cela signifie que le *business plan* de tout projet éolien doit intégrer le coût possible de ces mesures.

⁹Voir par exemple synthèse bibliographique de G. Marx de la LPO France sur le site : www.eolien-biodiversite.com

¹⁰Groupe Chiroptères de la SFPEM, 2016. – Suivi des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de Chiroptères, Version 2 (février 2016). Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Paris, 17 pages.

Tableau 4 : étapes du diagnostic et questions auxquelles il doit répondre

État initial	<ul style="list-style-type: none"> ✓ quelles sont les espèces présentes dans les aires d'étude rapprochée, locale et régionale, et quels sont leurs niveaux de patrimonialité ? ✓ quels sont les niveaux d'activité des espèces recensées et comment varient ces niveaux d'activité dans l'espace et au cours de l'année ? ✓ comment les chauves-souris exploitent les différents habitats du site de projet (aire d'étude rapprochée) et de l'aire d'étude plus éloignée (locale) ? ✓ comment l'activité des chauves-souris évolue-t-elle sur un gradient altitudinal (hauteurs de vol) selon les espèces, les saisons et les conditions climatiques ? le site est-il notamment concerné par des pics ponctuels d'activité et sous quelles conditions ?
	
Évaluation des impacts	<ul style="list-style-type: none"> ✓ au regard de la configuration du projet et de l'analyse de l'état initial, quels sont les types et les niveaux d'impacts attendus du projet sur les chauves-souris et leurs habitats (avant mesures d'évitement et de réduction, par espèces et par phases de leur cycle biologique) ? ✓ au regard des autres aménagements humains et projets d'aménagements environnants, quels sont les impacts cumulatifs et cumulés attendus ? ✓ quels sont les impacts attendus au regard des corridors biologiques à l'échelle locale ou régionale ?
	
Mesures ERC	<ul style="list-style-type: none"> ✓ quelles mesures d'évitement et de réduction seront mises en place en proportion des impacts attendus ? ✓ quels niveaux d'impacts résiduels sont attendus après mesures d'évitement et de réduction ? ✓ sont-ils significatifs ? Si oui, quelles mesures compensatoires seront mises en place ? Permettent-elles de garantir l'équilibre des populations à moyen ou long terme ?
	
Suivi des impacts	<ul style="list-style-type: none"> ✓ quels protocoles utiliser pour s'assurer de l'absence d'impact et /ou pour dimensionner d'éventuelles mesures correctives <i>a posteriori</i> ?

3.2 État initial

3.2.1 Inventaires à mettre en œuvre

Chacune des trois méthodes présentées ci-après sont indissociables : un diagnostic omettant l'un de ces volets serait réglementairement insuffisant.

Les inventaires en continu et en altitude sont en particulier indispensables pour la conception des éventuelles mesures de régulation.

a. Inventaires des gîtes

L'identification des gîtes de transit, de parturition (mise-bas), de regroupements automnaux (« swarming ») et d'hibernation, à proximité du projet éolien, est une étape indispensable. Elle permet de comprendre l'utilisation du site du projet et ses fonctionnalités pour les populations concernées.

Phase 1 : recherche de données de gîtes

Les chauves-souris pouvant effectuer d'importantes distances, même pour les populations sédentaires, **cette étape doit être réalisée dans un rayon minimal de 10 km**. Dans le cas où des espèces potentiellement présentes sur le site de projet effectuent des distances supérieures à 10 km¹¹ ou lorsque des gîtes importants (notamment regroupements automnaux) sont pressentis, **la zone doit être portée jusqu'à au moins 25 km**.

Cette étape de l'inventaire des gîtes est normalement réalisée lors du pré diagnostic. Elle consiste à contacter, en premier lieu, les associations naturalistes locales qui, en général, connaissent les principaux gîtes. Cela permet d'éviter de perturber inutilement les chauves-souris et les propriétaires des sites, et d'avoir une vision la plus exhaustive possible du contexte chiroptérologique local. Des inventaires de « porter à connaissance » ou de la bibliographie doivent aussi être utilisés pour compléter ces informations.

Il convient aussi de consulter les documents de déclinaison régionale du Plan National d'Actions Chiroptères qui donnent des informations sur l'importance relative des gîtes à l'échelle régionale, à condition que ceux-ci soient à jour ou récents.

L'importance des gîtes identifiés pour la conservation des chiroptères doit être clairement mentionnée¹².

Dans le cas où des gîtes présents sont intégrés au réseau Natura 2000, il conviendra alors de se référer aux documents d'objectifs et aux rapports d'activité s'ils existent, pour connaître les enjeux et les objectifs de conservation, ainsi que de s'assurer auprès de l'animateur du site ou des associations locales que les FSD sont complets et que les informations contenues dans les DOCOB sont à jour.

¹¹Cas par exemple pour le Grand Murin, le Miniopère de Schreibeis, etc.

¹²Voir Guide méthodologique de hiérarchisation des sites protégés et à protéger de Chiroptères, réalisé par la SFPEM, dans le cadre du PNA Chiroptères pour la FCEN.

Phase 2 : recherche complémentaire de gîtes sur le terrain

Les informations recueillies précédemment doivent être complétées par une **phase de recherche de gîtes poussée** dans un rayon proche du site du projet. EUROBATS (2015) **recommande un rayon de 2 km**, tout en indiquant que cette distance varie en fonction des habitats et des espèces. Les préconisations nationales SER-FEE, LPO et SFEPM de 2010¹³ évoquaient déjà une « aire d'étude locale » positionnée comme zone élargie entre 200 m et 2 km de l'aire d'étude rapprochée. Ces inventaires peuvent être réalisés de différentes manières : recherche de gîtes arboricoles systématiques, porte-à-porte pour les gîtes en bâtis, recherche par méthode acoustique en début et fin de nuit, etc.

b. Inventaires acoustiques en hauteur

L'inventaire acoustique en hauteur et en continu apparaît comme le principal outil permettant de quantifier précisément le risque de mortalité pour les chauves-souris et de définir les paramètres et seuils de régulation proportionnés.

C'est en effet le seul moyen d'apprécier objectivement l'évolution de l'activité à hauteur de rotor, de la dissocier de l'activité des chauves-souris proches du sol et de déterminer finement les conditions climatiques qui sont liées à cette activité à risque. Si l'activité des chauves-souris au sol est très hétérogène dans le temps et soumise aux conditions climatiques, elle l'est d'autant plus en hauteur. L'expérience montre que sur les parcs éoliens les plus mortifères, les surmortalités interviennent souvent de façon massive et concentrées dans le temps (plusieurs cadavres retrouvés sous les mêmes éoliennes sur quelques jours consécutifs). Elles découlent alors de pics d'activité tout aussi importants et ponctuels. Aussi, seul un suivi d'activité en hauteur en continu, sur chaque nuit de la période d'activité (sans échantillonnage temporel) peut permettre de détecter et de caractériser finement ces pics d'activité à risque. Inversement, tout protocole ou outil d'analyse statistique qui tend à simplifier et à lisser ces pics d'activité (utilisation de moyennes d'activité sans écart type, inventaires limités à la présence / absence d'une espèce...) limite les capacités à détecter et caractériser le risque.

Idéalement les stations d'enregistrements doivent couvrir, pour chaque nuit du cycle d'activité de vol et pendant toute la durée des nuits, **la partie basse de la hauteur moyenne balayée par le rotor d'une éolienne** (zone supposée de risque maximal). Elles peuvent être placées sur des éoliennes (en cas d'extension ou de repowering), sur des mâts de mesure anémométriques ou sur des mâts pneumatiques. EUROBATS (2015) préconise de proscrire l'utilisation de ballons en raison des biais de cette méthode (variation de la hauteur au cours de la nuit notamment).

Les paramétrages, la sensibilité du microphone, etc. doivent être indiqués dans le rapport de diagnostic. La sensibilité des microphones doit être vérifiée et recalibrée au moins chaque année.

Dans le cas où le projet est développé dans une zone à risque pour les chauves-souris, malgré les différentes recommandations à l'échelle nationale qui le déconseillent, le porteur de projet devra multiplier le nombre de stations d'enregistrement en hauteur, pour prédire l'impact par mortalité en fonction des différents types d'habitats et zones du projet. **C'est le cas notamment des projets éoliens en forêt, où les espèces chassant au-dessus de la canopée ou dans le feuillage sont rarement contactées depuis le sol.**

¹³ SER-FEE, SFEPM et LPO, 2010 – Protocole d'étude chiroptérologique sur les projets de parcs éoliens. Première étape : document de cadrage. 8 p.

c. Inventaires acoustiques au sol

Les inventaires acoustiques au sol sont la principale méthode qui permet de caractériser l'utilisation des habitats du site de projet par les différentes espèces de chauves-souris.

Les méthodes d'inventaires ultrasonores utilisant uniquement le principe d'hétérodynage sont à proscrire car elles ne sont pas assez précises. Le système de détection utilisé doit couvrir les fréquences de toutes les espèces ou groupes d'espèces de chauves-souris qui peuvent être présentes et doit permettre leur détermination.

Les points d'écoute et/ou les transects doivent être répartis sur l'ensemble de la zone de projet (aire d'étude rapprochée) et celle-ci doit être prospectée à différents moments du cycle biologique d'activité de vol des chauves-souris. Ils doivent être **répétés à l'identique** pour analyser l'utilisation des différents types de milieux en fonction des différentes phases biologiques. Aussi, **tous les milieux et les topographies** (cas par exemple des cols de montagne) **doivent être étudiés et cela dans une zone d'étude de 1 km autour du site de projet** (au sein de l'aire d'étude locale).

Le nombre et la durée des points d'écoute doivent être justifiés.

L'emplacement prévu des éoliennes doit aussi être échantillonné (s'il est connu au moment des inventaires).

Pour chaque espèce inventoriée, l'indice d'activité doit être mentionné en fonction des dates ou périodes biologiques, de la zone prospectée et des milieux présents. Le comportement de vol des chauves-souris doit aussi être indiqué (alimentation ou transit).

En parallèle des points d'écoutes ou transects, au moins un enregistreur automatique à ultrasons doit être installé dans la zone d'étude pour surveiller l'activité des chauves-souris en continu, pendant toute la saison d'activité de vol des chauves-souris (suivi passif). En fonction du nombre d'éoliennes, la taille et la diversité d'habitats de la zone d'étude, des détecteurs supplémentaires peuvent être nécessaires, soit en continu (suivi passif) ou bien en complément du détecteur manuel sur des points fixes d'une nuit (suivi semi-passif), pour les nuits de suivis par points d'écoute et transects. **Les paramétrages des appareils doivent être indiqués dans l'étude. La sensibilité des microphones doit être vérifiée et recalibrée au moins chaque année.**

La présentation des résultats bruts en annexe de l'étude est un gage de sérieux et permettra par la suite de pouvoir comparer les résultats de cette étude avec un éventuel suivi des impacts post-implantation.

3.2.2 Conditions météorologiques

L'activité de vol des chauves-souris est étroitement liée aux conditions météorologiques et lunaires. Les paramètres suivants doivent être relevés et mentionnés dans l'étude, pour chacune des nuits d'inventaire en hauteur et sur chaque point d'écoute ou transect :

- ✓ température
- ✓ force du vent
- ✓ direction du vent
- ✓ nébulosité
- ✓ heures de lever et coucher de lune

- ✓ phase de la lune

Par mauvaises conditions météorologiques, les chauves-souris ne volant pas, il est inutile de réaliser des inventaires au sol. **En réaliser mènerait à sous-évaluer délibérément les enjeux d'un site.**

Nous recommandons la réalisation des inventaires acoustiques au sol dans des conditions météorologiques appropriées :

- ✓ absence de pluie et de brume ou brouillard,
- ✓ vent faible inférieur à 5m/s, au-delà l'activité diminue considérablement,
- ✓ température > 10°C (dans les régions les plus froides, température > 8°C), en-deçà l'activité diminue considérablement,
- ✓ hors phases de pleine lune.

Après une période prolongée de brouillard ou de vent violent, il est important d'inventorier les cols ou autres voies de passage avec un détecteur-enregistreur autonome pour mettre en évidence les axes de déplacement et/ou de migration.

3.2.3 Pression d'observation des inventaires acoustiques

a- Limites de la méthode

Les inventaires acoustiques sont des méthodes d'échantillonnage. Les chauves-souris étant très mobiles, leur émission d'ultrasons d'intensité variable (fonction des espèces) et étant donné les capacités de détection faibles des microphones des enregistreurs, ces inventaires doivent être répétés et doivent être réalisés sur un temps le plus long possible. En effet, si on réduit la durée des analyses ou de l'acquisition sonore (par exemple à une heure sur deux), on « échantillonne une méthode d'échantillonnage » et donc *de facto* on augmente artificiellement les biais, réduisant l'intérêt de l'utilisation de ces méthodes.

Dans le cadre des inventaires au sol, une « séance d'inventaires » doit être constituée de plusieurs nuits si la zone à couvrir est importante

b- Calendrier

Le cycle biologique d'activité des chauves-souris est intimement lié aux saisons et aux conditions météorologiques. Selon la situation géographique, les variations entre les débuts et les fins de saisons interfèrent parfois sur le cycle d'activité et devront être prises en compte :

- ✓ **plaines et piémonts du sud** de la France : l'activité s'étale de **fin février à fin novembre**,
- ✓ **nord de la France et massifs montagneux** : l'activité s'étale de la **mi-mars à fin octobre**.

Le tableau ci-dessous reprend les différentes phases du cycle d'activité en France et les périodes d'inventaires en fonction des régions. Il est donné à titre indicatif et il doit être affiné en fonction des contextes locaux et des espèces.

Tableau 5 : cycle d'activité et périodes d'inventaires (en bleu foncé, périodes favorables ; en bleu clair, périodes potentiellement favorables). NB : lors de la recherche de gîte en période potentiellement favorable (bleu clair), la présence de chauves-souris doit être contrôlée obligatoirement en période favorable (bleu foncé)

	Phases du cycle	Recherche de gîtes	Mesures de l'activité	
			sud	nord
janvier	<i>période d'hibernation</i>			
février				
mars	<i>début du transit des gîtes d'hibernation vers les gîtes de mise-bas ; migration</i>			
avril				
mai	<i>mise bas et élevage des jeunes</i>			
juin				
juillet				
août				
septembre	<i>transit des gîtes de mise bas vers les gîtes d'hibernation et/ou les gîtes de regroupement automnal ; migration</i>			
octobre				
novembre	<i>fin du transit et migration, début de l'hibernation</i>			
décembre				
	<i>période d'hibernation</i>			

3.2.4 Fréquence d'observation

a. Exemple des recommandations EUROBATS (2015)

Concernant l'échantillon de visites à mener au sol, et à titre d'information, EUROBATS, s'appuyant sur ce qui est appliqué dans les études d'impact d'autres pays européens et le retour d'expérience, a considérablement augmenté la pression d'échantillonnage nécessaire (cf. tableau 6).

Tableau 6 : calendrier de mesures de l'activité au sol recommandé par EUROBATS (2015) pour l'Europe

Période	Fréquence	Modalité
15 février au 15 avril	1 sortie tous les 10 jours, soit 6 sorties	Première moitié de la nuit (du coucher du soleil, pendant 4 heures)
15 avril au 15 mai	1 sortie tous les 10 jours, soit 3 sorties	Première moitié de la nuit pour les deux premières sorties et une nuit entière en mai
15 mai au 31 juillet	1 sortie toutes les 2 sem., soit 5 sorties	Toute la nuit
1 ^{er} au 31 août	1 sortie tous les 10 jours, soit 3 sorties	Rechercher en parallèle les sites d'accouplement (places de chant d'espèces migratrices)
1 ^{er} sept. au 31 oct.	1 sortie tous les 10 jours, soit 6 sorties	Toute la nuit en septembre. 1 ^{ère} moitié de la nuit en octobre. Une sortie doit être consacrée à la recherche de sites d'accouplement.
1 ^{er} nov au 15 déc.	1 sortie tous les 10 jours, soit 4 à 5 sorties	Première moitié de la nuit (d'une demi-heure avant le coucher du soleil, jusqu'à deux heures après celui-ci).

Pour rappel, en France, les recommandations SFPEM de 2012 étaient de réaliser au minimum 6 sorties par an. Dans les faits, les études les plus sérieuses sont basées sur plus d'une douzaine de passages, contrairement à d'autres qui ne sont basées que sur 3 ou 4 visites. Une pression d'observation insuffisante peut être fortement préjudiciable à la qualité du diagnostic (notamment si aucun suivi en continu n'est engagé en parallèle). Nous avons vu qu'elle ne permettait pas de mettre en évidence certains phénomènes, comme les pics d'activité (cf. figure 1, page 21) qui peuvent se dérouler sur quelques nuits, ou la variabilité d'activité est parfois très importante d'une nuit à l'autre.

b- Recommandations SFPEM (2015)

Au regard des éléments précédents, les préconisations de la SFPEM en terme de pression d'échantillonnage pour les visites au sol (méthode des points d'écoute et transects) seront à adapter selon l'utilisation ou non d'autres outils et méthodes d'inventaire en continu et en hauteur.

c- Cas d'un suivi d'activité basé uniquement sur un échantillon de visites au sol

Gardons à l'esprit que les inventaires doivent permettre de caractériser les modalités de fréquentation des milieux par les espèces et leur évolution saisonnière, mais aussi de détecter des phénomènes d'activité à risque en hauteur parfois très ponctuels.

Or nous avons vu que les inventaires d'activité au sol étaient mal adaptés pour ce deuxième objectif (échantillonnage statistique à l'aveugle et risques en hauteur non dissociés). Seule une forte pression d'inventaire peut alors permettre de limiter une sous-évaluation des enjeux en l'absence d'autres méthodes d'inventaires pour l'ensemble des parcs éoliens en Europe.

Dans le cas où ces recommandations ne sont pas respectées, il conviendra alors au porteur de projet de démontrer que ses inventaires sont suffisants (cf. paragraphe 3.2.4 page 23).

Au regard du contexte chiroptérologique national, nous proposons deux calendriers en fonction de la situation géographique (cf. tableau 5). Ils sont proposés dans les tableaux suivants (tableaux 7 et 8). Ils peuvent être adaptés au regard du contexte et des problématiques locales.

Tableau 7 : calendrier de mesures de l'activité au sol recommandé si absence de suivi en continu en hauteur dans les plaines et piémonts du sud de la France, d'après les recommandations d'EUROBATS (2015)

Période	Fréquence	Modalité
15 février au 15 avril	1 sortie tous les 10 jours, soit 6 sorties	Première moitié de la nuit (du coucher du soleil, pendant 4 heures)
15 avril au 15 mai	1 sortie tous les 10 jours, soit 3 sorties	Première moitié de la nuit pour les deux premières sorties et une nuit entière en mai
15 mai au 31 juillet	1 sortie toutes les deux semaines, soit 5 sorties	Toute la nuit
1 ^{er} au 31 août	1 sortie tous les 10 jours, soit 3 sorties	Rechercher en parallèle les sites d'accouplement (places de chant d'espèces migratrices)
1 ^{er} sept. au 31 oct.	1 sortie tous les 10 jours, soit 6 sorties	Toute la nuit en septembre. 1 ^{ère} moitié de la nuit en octobre. Une sortie doit être consacrée à la recherche de sites d'accouplement.
1 ^{er} au 30 nov.	1 sortie tous les 10 jours, soit 3 sorties	1 ^{ère} moitié de la nuit (de 30 min. avant le coucher du soleil, jusqu'à deux heures après celui-ci).

Tableau 8 : calendrier de mesures de l'activité au sol recommandé si absence de suivi en continu en hauteur dans le nord de la France et les massifs montagneux, d'après les recommandations d'EUROBATS (2015)

Période	Fréquence	Modalité
1 mars au 15 avril	1 sortie tous les 10 jours, soit 4 à 5 sorties	Première moitié de la nuit (du coucher du soleil, pendant 4 heures)
15 avril au 15 mai	1 sortie tous les 10 jours, soit 3 sorties	Première moitié de la nuit pour les deux premières sorties et une nuit entière en mai
15 mai au 31 juillet	1 sortie toutes les deux semaines, soit 5 sorties	Toute la nuit
1 ^{er} au 31 août	1 sortie tous les 10 jours, soit 3 sorties	Rechercher en parallèle les sites d'accouplement (places de chant d'espèces migratrices)
1 ^{er} sept. au 31 oct.	1 sortie tous les 10 jours, soit 6 sorties	Toute la nuit en septembre. 1 ^{ère} moitié de la nuit en octobre. Une sortie doit être consacrée à la recherche de sites d'accouplement.

d- Cas d'un suivi d'activité basé sur des méthodes complémentaires d'échantillon de visites au sol et de suivi en continu et en hauteur

L'utilisation en parallèle des méthodes complémentaires de suivi d'activité par échantillonnage de visites au sol (points d'écoute / transects) et de suivi en continu en hauteur apparaît comme la solution la plus pertinente. Dans ce cas,

- **l'échantillon de visites au sol est alors surtout utilisé pour apprécier les fonctionnalités des habitats** pour les espèces et l'évolution inter saisonnière de leur exploitation. Il permet de compléter, dans de nombreux cas, l'inventaire des espèces fréquentant l'aire d'étude, en facilitant la détection des espèces à faible intensité d'émission mais surtout en garantissant des enregistrements de qualité permettant d'identifier les différentes espèces de *Myotis* contrairement à de nombreux enregistreurs automatiques qui souvent « écrêtent » les hautes fréquences. **Il permet également de rechercher les secteurs de gîtes au sein et autour du projet ;**
- **le suivi en continu et en hauteur apporte une vision fine d'évolution de l'activité à hauteur de rotor** tout au long de la période d'activité, **met en évidence l'existence ou non de pics d'activité à risques et permet de comprendre sous quelles influences ils se forment.**

Alors le croisement entre ces deux perceptions complémentaires de l'état initial permet d'aboutir à une caractérisation globale et fine, dans l'espace (géographique et altitudinal) et dans le temps, des notions d'enjeux et de risques d'impacts pour les chauves-souris.

Ainsi, dès lors qu'au moins un point de suivi en continu et en hauteur est exploité sur l'ensemble de la période d'activité des chauves-souris (mars à novembre) et dans le cas où le projet ne prend place dans une zone à forte activité pour les chauves-souris (forêts par exemple), la pression de suivi au sol pourra alors être limitée à minima aux prescriptions du tableau suivant.

Tableau 9 : calendrier de mesures de l'activité au sol recommandé par la SFPEM si le suivi est également basé en parallèle sur au moins un point de suivi en continu et en hauteur (2015)

Période	Fréquence	Modalité
15 mars au 15 mai	1 sortie tous les 20-25 jours, soit 3 sorties	Première moitié de la nuit (du coucher du soleil, pendant 4 heures)
15 mai au 31 juillet	1 sortie tous les 10-15 jours, soit 5-6 sorties	Première moitié de la nuit pour suivi via transects et points d'écoute (3 sorties) Début et/ou fin de nuit pour la recherche de gîtes de mise-bas (2-3 sorties)
1 ^{er} août au 15 oct.	1 sortie tous les 20-25 jours, soit 4 sorties	Toute la nuit en septembre. 1 ^{ère} moitié de la nuit en octobre. Une sortie doit être consacrée à la recherche de sites d'accouplement.

e- Étudier si le site de projet est concerné par un passage migratoire, ou autre phénomène de pic d'activité

Les premiers résultats des études sur la migration des chauves-souris montrent que les passages migratoires semblent s'opérer de façon très concentrée sur quelques jours, mais s'étalent en France d'août à fin octobre voire novembre en fonction des années. Si une seule sortie ponctuelle de suivi est réalisée dans chacun des mois potentiels de migration, la probabilité de détecter si le site est concerné par un passage migratoire est très faible (fig. 1).

Ainsi, la plupart des inventaires menés jusqu'ici ne permettent pas de détecter ce phénomène, ce qui est d'autant plus grave que les projets éoliens concernés par des passages migratoires semblent parmi les plus mortifères.

Il est par ailleurs probable que d'autres types de phénomènes soient aussi à l'origine de pics d'activité à risque (sortie ponctuelle et massive de gîtes d'hibernation pour certaines espèces, exploitation ponctuelle en groupe et en altitude d'une opportunité alimentaire localisée...). La situation est alors comparable à celle des phénomènes migratoires.

Si comme nous le recommandons, des détecteurs autonomes en continu (au sol et en hauteur) sont utilisés, alors ces pics d'activité à risques peuvent être détectés, à condition que l'ensemble de la période soit couverte (printemps, été et automne, nuit complète).

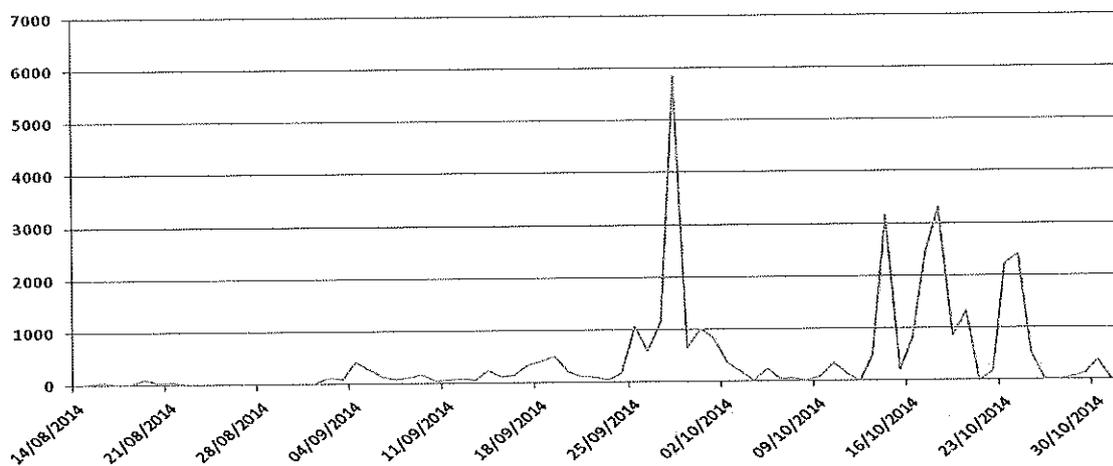


Figure 1 : exemple d'activité mesurée pour la Pipistrelle de Nathusius sur un site littoral de l'ouest de la France (nombre de contact de 5 secondes, en ordonnées) du 14 août au 30 octobre 2014 (sources : E. Ouvrard, GCPDL, LPO 85 et LNV). L'importance du flux migratoire n'est notée que sur 17 % de la période potentielle de migration.

f- Démontrer que les inventaires sont suffisants

En écologie, des courbes d'accumulation ou de raréfaction sont habituellement utilisées pour analyser si les inventaires sont suffisants. Un exemple théorique est présenté ci-dessous.

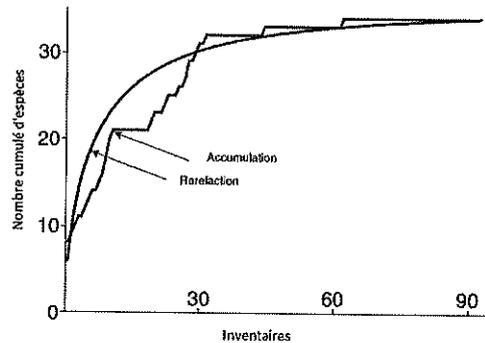


Figure 2 : exemple de courbes d'accumulation et de raréfaction (modifié d'après Gotelli & Colwell, 2001¹⁴)

Plus le nombre de passages sur site est important, plus le nombre d'espèces inventoriées augmente. A partir d'un certain seuil de sorties, le nombre d'espèces n'augmente plus fortement (à partir de 30 dans cet exemple théorique). Au-delà, le nombre de sorties nécessaires pour contacter de nouvelles espèces est plus important. L'inventaire exhaustif du peuplement est atteint théoriquement à 90 sorties, à l'asymptote de la courbe.

En zone méditerranéenne, on obtient seulement 60 % du peuplement à partir de six nuits d'inventaires (Haquart, 2013)¹⁵. Une quinzaine de nuits est nécessaire pour un inventaire satisfaisant, sans pour autant inventorier les espèces rares (et donc sans avoir atteint l'asymptote). Le nombre de nuits nécessaires pour obtenir un inventaire exhaustif est alors beaucoup plus important (cf figure ci-après).

Précisons que l'obtention d'un inventaire le plus complet possible est d'autant plus important dans le cadre d'un projet éolien que nous avons vu que les risques de mortalité étaient souvent liés à des événements rares et ponctuels à l'échelle d'un cycle biologique annuel (phénomènes migratoires, opportunités alimentaires...).

Ailleurs en France et en Europe, on obtient des chiffres similaires, avec *grosso modo*, plus d'une quinzaine de nuit de prospection pour obtenir sur une zone donnée un inventaire satisfaisant (sans les espèces rares ou anecdotiques). Un minimum de quinze sessions¹⁶ d'écoutes actives au sol (en dehors des enregistreurs en continu) doit être réalisé dans n'importe quelle étude d'impact en France.

Ainsi, dans le cadre des études d'impacts, si les recommandations d'EUROBATS ne sont pas suivies, le porteur de projet doit justifier ce choix et présenter les courbes d'accumulation ou de raréfaction de ses inventaires, pour l'ensemble de la zone d'étude et par milieu du site de projet.

¹⁴ Gotelli N. J. & Colwell R. K., 2001. - Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4 : 379-391

¹⁵ Haquart A., 2013. - *Actichiro : référentiel d'activité des Chiroptères. Éléments pour l'interprétation des dénombrements de Chiroptères avec les méthodes acoustiques en zone méditerranéenne française*. Mémoire d'EPHE. Biotope, École pratique des hautes études, 99 pages.

¹⁶ Pour rappel, dans le cas où le projet est important, la session d'inventaire doit être composée de plusieurs nuits d'enregistrement.

Si cette analyse démontre que les inventaires sont insuffisants, l'état initial sera alors incomplet, et de ce fait les analyses des enjeux et des impacts seront faussées.

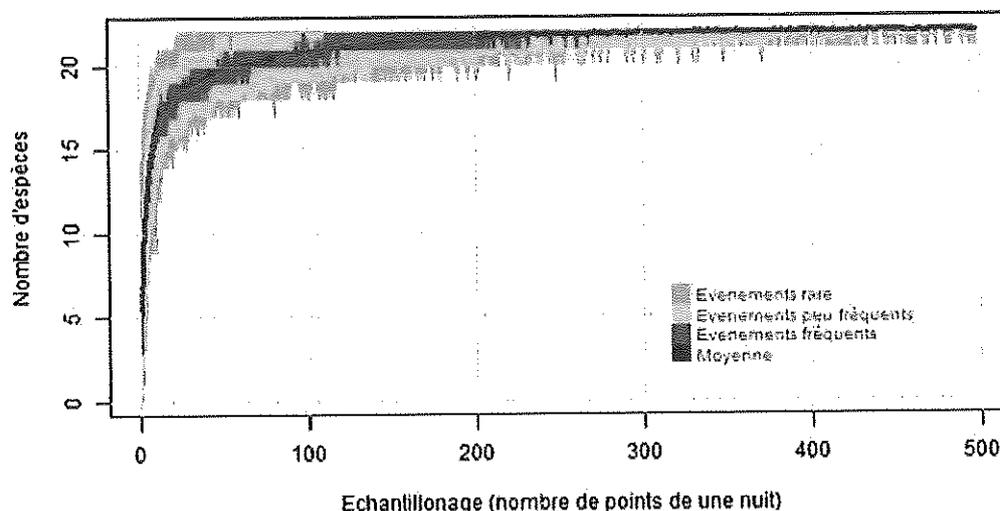


Figure 3 : Modélisation du nombre d'espèces contactées en fonction de l'effort d'échantillonnage sur l'aire méditerranéenne (Haquart, 2013).

3.2.5 Analyse des données acoustiques et présentation des résultats

L'analyse des données acoustiques enregistrées doit être faite par des personnes formées et expérimentées et à l'aide de logiciels adaptés. Les enregistrements doivent être sauvegardés sur le long terme pour permettre une éventuelle contre-expertise *a posteriori*.

La forme de représentation des résultats (nombre de contacts par unités de temps, durée d'activité cumulée...) doit être homogène pour l'ensemble du suivi annuel.

Des coefficients de correction de la détectabilité ont été mis en place pour tenter de corriger le biais de la différence d'intensité d'écholocation entre espèces. Ils doivent être utilisés¹⁷ (cf annexe 3) et peuvent être complétés.

Pour chaque espèce inventoriée, l'indice d'activité doit être mentionné en fonction des dates ou périodes biologiques, de la zone prospectée et des milieux présents. Les niveaux d'activité relevés doivent être comparés à des référentiels cohérents (mêmes formats et unités) et adaptés aux outils et protocoles utilisés (détecteurs manuels en points d'écoute au sol, ou enregistreurs autonomes en suivi passif en hauteur).

Le comportement de vol des chauves-souris doit être aussi indiqué (alimentation, transit, cris sociaux).

A propos des cumuls de données importants recueillies à l'aide des enregistreurs autonomes fonctionnant sur le long terme, des logiciels d'identification semi-automatisés ont été développés ces dernières années et

¹⁷Voir par exemple : Barataud M., 2012. - *Écologie acoustique des Chiroptères d'Europe. Identification des espèces, étude de leurs habitats et comportement de chasse*. Collection Inventaires & Biodiversité, Biotope – MNHN, Paris, 344 pages.

facilitent le traitement de l'information. Toutefois, ceux-ci peuvent démontrer de très fortes limites¹⁸. Il s'agit d'outils d'aide à l'identification, qui facilitent l'organisation et le tri préalable des données par indices de confiance, mais qui ne peuvent pas se substituer totalement à une identification manuelle. Leur utilisation à l'aveugle est donc à proscrire. Il convient de réellement faire vérifier -corriger chacun des enregistrements par des experts, sans quoi l'analyse des enjeux sera fortement entachée d'erreurs. De façon générale, **chaque chiroptérologue doit être parfaitement conscient des limites de ses propres outils, doit adapter sa méthode en conséquence et doit rendre compte de la pertinence de ses choix vis-à-vis des objectifs de l'étude.**

Les résultats de ces inventaires doivent être analysés par rapport à une cartographie fine des habitats présents à l'échelle des aires d'étude rapprochée, locale et régionale et leur fonctionnalité pour les chauves-souris. Ils doivent être mis en rapport avec le contexte chiroptérologique (migration potentielle, présence de gîtes d'importance, zones de chasse d'importance, etc.).

Une cartographie de synthèse des enjeux ainsi identifiés doit être réalisée, dans laquelle l'emplacement des éoliennes prévues doit être clairement indiqué.

Dans le cas de projets éoliens en forêt, une modification importante du paysage sera réalisée par l'ouverture des milieux (plateformes, aires de grutage...) et la formation de corridors de lisières (chemins forestiers). L'équilibre initial des populations de chauves-souris forestières peut ainsi être déstructuré au profit notamment des espèces de lisières et de haut-vol, espèces considérées comme sensibles à la mortalité liée aux éoliennes. L'analyse doit donc obligatoirement prendre en compte ce changement majeur de conditions d'enjeux et de risques entre la situation de l'état initial et celle supposée après ouvertures des milieux.

¹⁸ Fauvel B., Darnis T. & Tillon L., 2014. - Le SM2Bat, un outil d'avenir à condition de définir rapidement une méthodologie. *L'Envol des Chiros* 16 :14-15

3.3 Évaluation des impacts

Les résultats des inventaires doivent permettre d'analyser les impacts potentiels du projet. Ceux-ci doivent être clairement énoncés et identifiés dans l'étude, avant et après mesures d'évitement et de réduction.

L'évaluation doit tenir compte des variations locales et régionales des statuts de protection et de conservation. Elle doit aussi tenir compte des sensibilités des espèces au regard des différents types d'impacts éoliens (mortalité, perte de gîtes si destruction d'habitats, etc.) (cf parties 1 et 2).

Pour chaque implantation d'éolienne (et ses infrastructures associées), une analyse des risques et des impacts doit être réalisée, en identifiant précisément les habitats détruits, dégradés ou altérés, et l'impact potentiel par mortalité des espèces concernées.

Si le projet modifie le paysage du site (défrichement par exemple), l'analyse doit prendre en compte obligatoirement cette modification qui, notamment dans le cas de projets en forêt, augmentera l'activité des chauves-souris à proximité des éoliennes et donc augmentera le risque de mortalité. Les impacts indirects doivent aussi être pris en compte, comme ceux induits par exemple par la création d'infrastructures linéaires (voies d'accès) qui entraînent un changement de pratiques agricoles sur les parcelles attenantes au parc. En effet, il est fréquent que des prairies soient mises en cultures après la création des voies d'accès, facilitant le machinisme agricole.

Il n'existe à ce jour aucune donnée fiable concernant la taille des populations des espèces de chauves-souris, au niveau européen voire national. L'impact de l'éolien par mortalité sur les populations ne peut donc être mesuré. Toutefois, du fait de leur faible taux de reproduction, il est évident que n'importe quelle augmentation de mortalité peut être critique pour ces populations.

Avec l'augmentation de la puissance installée de l'éolien en France, les effets cumulés (notamment la mortalité) doivent être pris en compte vis-à-vis des autres parcs et projets éoliens environnants (projets ayant bénéficié d'un avis de l'autorité environnementale).

3.4 Mesures d'Évitement, de Réduction et de Compensation

3.4.1 Rappels sur la doctrine ERC

L'État a produit un certain nombre de documents¹⁹ permettant d'appliquer et de faciliter la mise en place de la séquence « Éviter Réduire et Compenser » (ERC), où notamment il est rappelé que, pour ne citer que quelques extraits :

« Les atteintes aux enjeux majeurs doivent être, en premier lieu, évitées. L'évitement est la seule solution qui permet de s'assurer de la non-dégradation du milieu par le projet. [...]

Au sein de la séquence « éviter, réduire, compenser », la réduction intervient dans un second temps, dès lors que les impacts négatifs sur l'environnement n'ont pu être pleinement évités [...]

Enfin, si des impacts négatifs résiduels significatifs demeurent, il s'agit, pour autant que le projet puisse être approuvé ou autorisé, d'envisager la façon la plus appropriée d'assurer la compensation de ses impacts. »

Pour un impact donné, cela signifie qu'il doit dans un premier temps être évité. Après cette étape, si des impacts résiduels demeurent prévisibles, alors ils doivent être réduits. Et dans un dernier temps, si les impacts résiduels persistent, il s'agit de revoir le bienfondé du projet, ou, le cas échéant compenser ces impacts résiduels de façon proportionnée et de façon à garantir la pérennité de l'équilibre des populations à moyen et long terme.

3.4.2 Préambule sur l'application de la doctrine ERC à l'éolien

Les connaissances acquises pendant l'étude d'impact doivent permettre de déterminer les mesures appropriées pour éviter, réduire et compenser. Ces mesures seront également déterminées par les caractéristiques de l'éolienne. **Ainsi, ces mesures devront toujours être propres au site et propres aux espèces.**

Il convient de respecter la doctrine ERC²⁰, et notamment la hiérarchisation d'application des mesures. Ainsi, par exemple, les mesures d'évitement consistant par exemple à déplacer ou abandonner l'implantation d'une éolienne à impact potentiel élevé doivent être privilégiées par rapport à des mesures de réduction (régulation des machines notamment).

De plus, si l'état initial chiroptérologique aboutit sur l'estimation d'impacts potentiels trop élevés (notamment concernant la mortalité), le projet doit être abandonné ; les mesures ne pourront éviter, réduire ou compenser l'ensemble des impacts. En dérogeant à cette règle, le projet éolien pourrait alors, par exemple, remettre en cause l'état de conservation d'une espèce, ce qui est contraire aux réglementations ou aux engagements nationaux ou internationaux.

¹⁹ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/doctrineERC-vpost-COPIL6mars2012vdef-2.pdf>

²⁰ Voir par exemple : CGDD DEA, 2013. *Lignes directrices nationales sur la séquence éviter réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels*. Collection Références, SEIIDD-CGDD. 229 pages
http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/ref_-_lignes_directrices-2-1.pdf

L'efficacité des mesures retenues doit d'abord être justifiée par un retour d'expérience (analyse bibliographique) puis mesurée ensuite dans le cadre des suivis. Elles devront être réajustées le cas échéant par des mesures correctrices si des impacts négatifs importants et imprévus sont détectés.

A noter que certains professionnels de l'éolien mettent en place des mesures expérimentales. Il est important que celles-ci ne soient pas appliquées dans le cadre des mesures ERC, car seules des mesures éprouvées ont montré leur efficacité. Celles expérimentales doivent être développées dans d'autres cadres (par exemple en phase de « recherche et développement »).

Si des impacts significatifs sur les gîtes, les territoires de chasse et des corridors de déplacement, sont attendus, les mesures ERC doivent être conçues pour les annuler.

Les recommandations qui suivent sont directement transposées de celles d'EUROBATS (2015), elles doivent être appliquées au cas par cas en fonction des projets. Les mesures décrites ci-après ne sont pas exhaustives.

3.4.3 Mesures d'évitement

Comme le précise le Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie²¹, **les mesures d'évitement sont prioritaires. Il peut s'agir « de faire ou ne pas faire », « faire moins », « faire ailleurs » ou « faire autrement ».**

Les projets éoliens les plus impactants sont logiquement ceux situés sur les zones à forte activité de chauves-souris. La mesure la plus efficace pour éviter les impacts d'un projet éolien est donc une planification préventive visant à un évitement géographique de ces zones. Les projets de parcs ou les implantations retenus dans des zones fortement favorables aux chauves-souris (comme la plupart des zones boisées, zones humides, corridors de déplacements, sorties de gîtes importants...) n'auront pas cherché à éviter l'impact. Ils doivent donc être abandonnés.

De plus, si une forte activité des chauves-souris est régulièrement enregistrée sur toute la zone de projet au cours des saisons, l'abandon du projet doit être envisagé pour éviter la nécessité des mesures ERC complexes et dont l'efficacité ne pourrait être garantie.

Comme le recommande EUROBATS (2015), lorsque des implantations d'éoliennes sont proposées dans ces zones de forte activité des chauves-souris, elles doivent être déplacées loin de ces zones. Si la réimplantation de ces éoliennes n'est pas possible, leur implantation doit être abandonnée.

Une distance de sécurité minimum de 200 m par rapport aux éléments arborés doit être respectée pour éviter tout survol d'éolienne. Cette distance préventive peut être modulée, mais sous réserve que les choix retenus s'appuient obligatoirement sur des études sérieuses sur les effets de chaque lisière sur l'activité des chauves-souris et que des mesures de réduction soient retenues (type régulation).

Une autre mesure d'évitement consiste à éviter la destruction des gîtes ou des habitats en phase de chantier. Ainsi, les éoliennes et ses structures connexes ne doivent pas prendre place sur ces habitats. L'étude d'impact doit proposer des périodes appropriées pour les travaux d'aménagement (et toutes les autres activités qui peuvent affecter les chauves-souris), au cas par cas. Ces mesures d'évitement doivent figurer dans tous les projets éoliens développés en France.

²¹<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/01-71.pdf>

Une vigilance des services de l'État doit être portée à ce qu'aucun élément paysager ne soit détruit au cours de l'étude d'impact afin de faciliter l'implantation d'éolienne. Il arrive en effet fréquemment que, par exemple, des haies soient arrachées pendant cette phase. Afin d'éviter toute opération de destruction, seule la cartographie initiale des habitats doit faire foi.

3.4.4 Mesures de réduction

Comme le rappelle le ministère de l'environnement¹⁸, « les mesures de réduction ou de compensation n'interviennent que lorsque cet impact négatif n'a pu être respectivement totalement supprimé ou réduit » par les mesures d'évitement.

Ainsi, s'il n'existe pas de mesures d'évitement d'impacts, des mesures de réduction ou de compensation ne peuvent être mises en place car le projet doit être abandonné.

Rappelons que le retour d'expériences de la mise en place des mesures de réduction en Europe et en Amérique du Nord démontre que la mortalité ne peut être totalement éliminée par ces mesures. **Il convient donc de privilégier les mesures d'évitement consistant à s'éloigner des zones à risque pour les chauves-souris.**

Aussi, si après l'application des mesures d'évitement et de réduction, les impacts résiduels prévisibles demeurent significatifs alors, des procédures de demandes de dérogations au regard de la réglementation des espèces protégées doivent être engagées²².

a- Réduction de la mortalité

L'activité des chauves-souris est significativement corrélée avec la vitesse du vent et d'autres variables météorologiques telles que la température, l'humidité relative, la pluie et le brouillard. Une proportion importante des mortalités se produit pour des vitesses de vent relativement faibles et des températures élevées. Il est alors possible de réduire la mortalité en réduisant le fonctionnement des éoliennes :

- ✓ par la mise en drapeau des éoliennes pour les conditions climatiques les plus défavorables aux chauves-souris,
- ✓ par l'augmentation du seuil minimal de vitesse de vent pour le démarrage des éoliennes après une période d'arrêt.

Il s'agit actuellement des mesures de réduction les plus efficaces, qui induisent par ailleurs une perte faible de rendements pour les producteurs d'énergie.

Certains modèles d'éoliennes tournent librement à de très faibles vitesses de vent alors que ces conditions ne permettent pas la production d'énergie. Or ces conditions peuvent encore causer de nombreuses mortalités de chauves-souris. La mise en drapeau ou le blocage du rotor doivent donc être mis en œuvre de façon automatique pour toutes les éoliennes pour les très faibles vitesses de vent et ce, jusqu'au seuil nécessaire à la machine en question (selon le modèle et le dimensionnement) pour commencer à produire de l'électricité.

²² Par exemple : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_Eolien_especes_protgees-2.pdf
http://www.midi-pyrenees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Memento_finalMAJ2014-07_cle0f3f87.pdf

Les **seuils fiables et efficaces** pour limiter le fonctionnement des éoliennes en fonction de la vitesse du vent et de la température (ou algorithmes basés sur ceux-ci et d'autres variables climatiques, des modèles spatiaux et temporels de l'activité des chauves-souris et des espèces présentes) **doivent être déterminés au cas par cas**, à la suite des résultats obtenus lors de l'étude d'impact (via le suivi en continu et en hauteur) et indiqués dans celle-ci. Un suivi des impacts rigoureux sera alors prévu en phase d'exploitation, appliquant les recommandations EUROBATS (2015) et celles de la SFPEM (2015), pour corriger les seuils s'ils sont insuffisants.

b- Réduction des phénomènes d'attraction

La réduction des phénomènes d'attraction des infrastructures est une mesure qui doit figurer dans tous les projets éoliens développés en France :

- ✓ les nacelles doivent être conçues, construites et entretenues de manière à ce que les chauves-souris ne puissent y gîter (tous les interstices doivent être rendus inaccessibles aux chauves-souris) ;
- ✓ les environs immédiats de l'éolienne (plateforme, parking, etc.) doivent être gérés et entretenus de manière à ne pas créer un nouvel habitat attractif pour les chauves-souris ;
- ✓ un éclairage qui n'attire pas les insectes, et l'utilisation d'un éclairage seulement quand nécessaire, sauf s'il est obligatoire pour des raisons de sécurité ;
- ✓ les plantations d'arbustes ou d'arbres ne doivent pas être autorisées comme mesures de compensation à proximité directe des éoliennes (moins de 200 m).

3.4.5 Mesures de compensation

Contrairement aux impacts sur l'habitat qui peuvent être compensés par la protection ou la restauration d'habitats hors-site, compenser la mortalité est difficile voire impossible (EUROBATS, 2015).

Les effets à long terme de la mortalité sur les populations de chauves-souris sont encore mal évalués. Le développement d'une compensation adéquate et mesurable n'est donc pas possible vis-à-vis des populations. C'est notamment le cas pour les espèces migratrices au long cours ; il s'agirait d'améliorer leurs taux de natalité et de survie à des centaines de kilomètres du site de développement du projet, à large échelle et avant la phase opérationnelle d'un parc éolien.

La mortalité doit donc être évitée ou atténuée autant que possible. Cependant, comme le rappellent les recommandations d'EUROBATS, étant donné qu'une mortalité peut encore se produire même après des mesures d'évitement et de réduction, des mesures relatives à la protection et à l'amélioration des habitats doivent être mises en œuvre, afin d'augmenter les taux de survie des populations touchées pour les espèces sédentaires (adultes et juvéniles).

La nature de la compensation doit être durable, concrète, réaliste et de mise en œuvre garantie sur une durée limitée (achat de foncier, travaux sur terrains publics, gestion d'habitats, protection de sites, création de corridors de haies / lisières compensatoires, restauration de zones humides...). Elle ne peut concerner des études seules, des financements pour des fonctionnements de structures sans objectif concret, etc. Des indicateurs précis permettant de mesurer l'efficacité des mesures pour la protection de la nature doivent être définis.

Les mesures de compensation doivent être mises en œuvre en dehors du site du projet, et doivent en premier lieu concerner les populations locales impactées.

La maîtrise foncière doit être confiée à des organismes dont l'objet est la protection de la biodiversité (conservatoires, associations de protection de la nature...) et la gestion des terrains acquis doit aboutir à une plus-value pour la biodiversité, autant pour les espèces cibles que pour la biodiversité en général. Les mesures contractuelles "type MAE" ont malheureusement fait la preuve de leur difficulté de mise en œuvre, de leur non pérennité et par la même de leur inefficacité. Ceci est dû à des cahiers des charges issus de compromis entre la volonté de production agricole et la préservation de la biodiversité.

Or, la mesure compensatoire ne peut pas se contenter d'un compromis. L'expérience des mesures contractuelles, leur mode de gouvernance et leur objectif de s'adresser au plus grand nombre ne permettent pas d'assurer l'atteinte des objectifs « biodiversité ». De telles mesures ne peuvent donc garantir les obligations que doivent remplir les mesures compensatoires.

C'est la combinaison de la maîtrise foncière et du choix de l'agriculteur ou du gestionnaire d'espace naturel, si les enjeux de biodiversité ne sont pas agricoles, qui garantit la compensation pour la biodiversité. En outre, l'efficacité de la gestion sera d'autant plus pérenne que cette gestion est économe et ancrée dans le territoire. L'intégration de citoyens engagés, mais aussi d'agriculteurs pour qui la biodiversité est une vraie préoccupation est un gage de réussite de la mise en œuvre de la compensation par l'achat de foncier.

3.4.6 Mesures d'accompagnement

Nous tenons à rappeler que les mesures d'accompagnement et les suivis d'impact ne sont en aucun cas des mesures compensatoires. De plus, si des mesures d'accompagnement sont proposées pour compléter l'étude des enjeux ou l'analyse des risques, alors **le porteur de projet démontre la nullité des expertises menées au niveau de son étude d'impact.** Ces compléments doivent donc être réalisés avant l'obtention du permis autorisant la construction ou l'exploitation du projet éolien.

Enfin, au-delà des mesures d'intégration évoquées précédemment, les projets éoliens qui s'inscrivent dans une démarche ciblée sur la transition énergétique (rendue nécessaire par l'échéance du changement climatique et de la raréfaction des énergies fossiles) peuvent et doivent être des outils de développement de projets locaux sobres en énergie et respectueux de la biodiversité. Il s'agit de réfléchir, à l'échelle des territoires concernés, avec tous les acteurs locaux (associations, élus, simples citoyens), au financement d'initiatives qui permettront à la société de devenir responsable, plus économe en énergie et respectueuse des milieux naturels. Il peut s'agir par exemple de participer à l'installation de nouveaux agriculteurs soucieux des milieux naturels (ce qui peut parfaitement compléter des mesures compensatoires d'achat de terrains), à la création ou à l'appui de circuits courts, à la réflexion sur les modes de consommation et de circulation des biens et des personnes.

La plupart du temps, des expérimentations citoyennes locales existent ou sont en gestation. Il s'agit ici de les aider à émerger ou de les favoriser. Cette démarche globale et sociétale est d'autant plus intéressante qu'elle est également favorable à l'économie locale et aux liens sociaux, deux thématiques souvent chères aux élus locaux, ce qui facilite donc également l'acceptation sociale du projet.

Conclusion

Nombre des recommandations sont directement transcrites d'EUROBATS (2015). Il conviendra pour les problématiques suivantes, non ou peu abordées, comme le petit éolien, l'éolien offshore ou l'éolien en forêt de se référer au document d'origine.

Étant donnés les enjeux écologiques liés aux chauves-souris en France (parmi les pays européens avec les plus forts enjeux) et les objectifs de développement de l'énergie « éolienne », ces recommandations doivent être respectées. Elles constituent une base, un socle minimum, sur lequel la société civile, l'administration et les professionnels doivent s'appuyer.

Certains professionnels réalisant déjà des études où les préconisations présentées ici sont déjà utilisées, celles-ci devraient **logiquement être adoptées par l'ensemble de la profession.**

Ces recommandations ne sont pas figées et doivent être comprises de manière non dogmatique mais scientifique. Il est possible que dans de rares cas, elles ne soient pas directement applicables à certains projets. Ainsi il conviendra toujours, aussi bien pour les professionnels que pour l'administration, d'argumenter sur le choix ou le non choix de l'application de ces recommandations.

A l'inverse, dans d'autres cas, on pourra reprocher à un protocole d'une étude d'impact d'un projet donné d'être insuffisant, même si sa constitution est antérieure aux lignes directrices d'Eurobats ou du présent document. En effet, ces recommandations sont la conséquence du retour d'expériences des études sur l'impact, publiées dans la presse scientifique. Ainsi, n'importe quelle structure réalisant des études d'impact doit être en mesure de faire évoluer ses protocoles. C'est heureusement déjà le cas pour certaines études sérieuses qui ont anticipé les recommandations du présent document, comme par exemple le suivi de l'activité en continu en hauteur expérimenté depuis plusieurs années.

Ces recommandations sont le fruit du retour d'expérience de la communauté scientifique, essentiellement étrangère. Sur la recherche appliquée, il est important que la France puisse disposer de ses propres équipes scientifiques réalisant de telles études.

Enfin, des études seraient aussi nécessaires en France pour préciser l'état démographique des populations impactées par les éoliennes ou la compréhension du phénomène migratoire. Sans quoi on ne connaîtra jamais l'impact réel du développement de l'énergie éolienne sur les populations de chauves-souris. Rappelons qu'il s'agit d'une obligation réglementaire pour les porteurs de projet, celle de démontrer que leurs infrastructures ne remettent pas en cause l'état de conservation des populations d'espèces protégées, état qui est globalement peu favorable en France.

Annexes

Annexe I - Mortalité connue de chauves-souris par éoliennes en Europe à la fin 2015 (synthèse M.-J. Dubourg-Savage pour la SFPEM)

Mortalité de chauves-souris par éoliennes connue au 19/12/2015

Species	AT	BE	CH	CR	CZ	DE	ES	EE	FI	FR	GR	IT	LV	NL	NO	PT	PL	RO	SE	UK	Total
<i>Nyctalus noctula</i>	46				3	836	1			31	10										950
<i>Nyctalus lasiopterus</i>							21			6	1					8					36
<i>N. leisleri</i>			1		1	124	15			63	58	2				210	5				479
<i>Nyctalus spec.</i>							2			1						16					19
<i>Eptesicus serotinus</i>	1				7	43	2			23	1			1		0	3				81
<i>E. isabellinus</i>							117									1					118
<i>E. serotinus / isabellinus</i>							11									16					27
<i>E. nissonii</i>	1					3		2	6				13		1					8	35
<i>Vesperugo murinus</i>	2			7	2	103				8	1		1				1			7	139
<i>Myotis myotis</i>					2	2	2			3								7	7	1	7
<i>M. blythi</i>							4			1											5
<i>M. dasycneme</i>						3															3
<i>M. daubentonii</i>						7										2					9
<i>M. bechsteinii</i>										1											1
<i>M. emarginatus</i>							1			2											3
<i>M. brandii</i>						1															1
<i>M. mystacinus</i>						2					1										3
<i>Myotis spec.</i>						1	3														4
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	2	10		2	3	486	73			622		1		15		248	3	3	1		1469
<i>P. nathusii</i>	13	3		3	2	661				178	35	2	23	8			16	12	5		961
<i>P. pygmaeus</i>	4					54				125			1			33	1	2	1	1	222
<i>P. pipistrellus / pygmaeus</i>	1		1				483			29	54					35	1	2			606
<i>P. kuhlii</i>				66			44			130						39		4			283
<i>P. pipistrellus / kuhlii</i>																19					19
<i>Pipistrellus spec.</i>	8			37	2	49	20			134	1		2			87	2	4		3	349
<i>Hypsugo savii</i>	1			57		1	50			36	26	12				46					228
<i>Barbastella barbaeellus</i>						1	1			3											6
<i>Plecotus austriacus</i>	1					6															7
<i>Plecotus auritus</i>						6															6
<i>Tadarida teniotis</i>				2			23			1						22					48
<i>Miniopterus schreibersii</i>						2				5						3					10
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>						1															1
<i>Rhinolophus mehelyi</i>						1															1
<i>Chiroptera spec.</i>	1	1		14		48	320	1		192	6	1				103	3		30	8	728
Total	81	14	2	188	20	2437	1197	3	6	1594	194	18	40	24	1	888	58	39	47	12	6863

AT = Autriche, BE = Belgique, CH = Suisse, CR = Croatie, CZ = Rep. tchèque., D = Allemagne, ES = Espagne, EE = Estonie, FR = France, GR = Grèce, IT = Italie, LV = Lettonie, NL = Pays-Bas, NO = Norvège, PT = Portugal, PL = Pologne, RO = Roumanie, SE = Suède, UK = Royaume-Uni

3.5 Annexe II – Distance maximale (km) des zones d'alimentation d'après EUROBATS

Espèces	Distance maximale connue des habitats de chasse (km)
<i>Nyctalus noctula</i>	26
<i>Nyctalus leisleri</i>	17
<i>Nyctalus lasiopterus</i>	90
<i>Pipistrellus nathusii</i>	12
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	1,7 (moyen)
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	5,1
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Absence d'information
<i>Hypsugo savii</i>	Absence d'information
<i>Eptesicus serotinus</i>	5 à 7
<i>Eptesicus nilssonii</i>	4 à 5 km en période de reproduction ; plus de 30 par la suite
<i>Vespertilio murinus</i>	6,2 km pour les femelles ; 20,5 pour les mâles
<i>Myotis myotis</i>	25
<i>Myotis oxygnathus</i>	26
<i>Myotis punicus</i>	Moyen de 6, jusqu'à 16,5
<i>Myotis emarginatus</i>	12,5 ; 3
<i>Myotis bechsteinii</i>	2,5
<i>Myotis dasycneme</i>	34 ; 15 km des maternités, jusqu'à plus de 25 au printemps et automne
<i>Myotis daubentonii</i>	10 pour femelles, supérieure à 15 pour mâles
<i>Myotis brandtii</i>	10
<i>Myotis mystacinus</i>	2,8
<i>Plecotus auritus</i>	2,2 à 3,3
<i>Plecotus austriacus</i>	Habituellement 1,5, jusqu'à 7
<i>Barbastella barbastellus</i>	25
<i>Miniopterus schreibersii</i>	30 à 40
<i>Tadarida teniotis</i>	30 à 100

Annexe III – Intensité d'émissions sonar avec leur distance de détection (en m.) et le coefficient de détectabilité qui en découle. Valeur valable en contexte de milieux ouverts et forestiers, d'après M. Barataud, *op. cit.*

Milieux ouverts				Sous-bois			
Intensité d'émission	Espèces	Distance détection	Coefficient de détectabilité	Intensité d'émission	Espèces	Distance détection	Coefficient de détectabilité
Très faible à faible	<i>Rhinolophus hip.</i>	5	5	Très faible à faible	<i>Rhinolophus hip.</i>	5	5
	<i>Rhinolophus ferr/eur</i>	10	2,5		<i>Plecotus spp</i>	5	5
	<i>Myotis emarginatus</i>	10	2,5		<i>Myotis emarginatus</i>	8	3,1
	<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,5		<i>Myotis nattereri</i>	8	3,1
	<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,5		<i>Rhinolophus ferr/eur</i>	10	2,5
	<i>Myotis brandtii</i>	10	2,5		<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,5
	<i>Myotis daubentonii</i>	15	1,7		<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,5
	<i>Myotis nattereri</i>	15	1,7		<i>Myotis brandtii</i>	10	2,5
	<i>Myotis bechsteinii</i>	15	1,7		<i>Myotis daubentonii</i>	10	2,5
	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,7		<i>Myotis bechsteinii</i>	10	2,5
	<i>Myotis oxygnathus</i>	20	1,2		<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,7
	<i>Myotis myotis</i>	20	1,2		<i>Myotis oxygnathus</i>	15	1,7
	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	25	1		<i>Myotis myotis</i>	15	1,7
	Moyenne	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	30		0,83	Moyenne	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>
	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	30	0,83		<i>Miniopterus schreibersii</i>	20	1,2
	<i>Pipistrellus nathusii</i>	30	0,83		<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1
	<i>Miniopterus schreibersii</i>	30	0,83		<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1
	<i>Hypsugo savii</i>	40	0,71		<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1
forte	<i>Eptesicus serotinus</i>	40	0,71	Forte	<i>Hypsugo savii</i>	30	0,83
	<i>Plecotus spp</i>	40	0,71		<i>Eptesicus serotinus</i>	30	0,83
	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,5		<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,5
	<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,5		<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,5
Très forte	<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31	Très forte	<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31
	<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25		<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25
	<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17		<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17
	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17		<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17