

ANNEXE K

NOTIONS SUPPLÉMENTAIRES SUR LE BRUIT ET ÉTUDES DES EFFETS DES ÉOLIENNES SUR LA SANTÉ

ANNEXE K.1

ÉOLIENNES & IMPACT SONORE (ADEME)



éoliennes & impact sonore

• Quel bruit ?

• L'origine du bruit

• L'évaluation et la prévention du risque des nuisances sonores



Photo O. SEBART



Des bruits qui courent

Des éoliennes qui font un bruit de marteau piqueur ou de moissonneuse batteuse ?

D'autres personnes diront qu'à quelques centaines de mètres, dans certaines conditions climatiques, il est possible d'entendre un souffle.

On peut constater que la perception du bruit varie selon les individus.

La mesure du niveau sonore n'a de sens que si elle est associée à une distance.

Certaines informations, lues ou entendues, présentent le bruit généré par les éoliennes comme une nuisance majeure.

Les éoliennes modernes présentent en fait des niveaux sonores difficilement perceptibles à quelques centaines de mètres.

QUEL BRUIT ?

Deux éléments permettent de caractériser une émission sonore :

1 - La fréquence

Elle s'exprime en Hertz (Hz) et correspond au caractère aigu ou grave d'un son. Une émission sonore est composée de nombreuses fréquences qui constituent son spectre. Le spectre audible s'étend environ de 20 Hz à 20 000 Hz et se décompose comme suit :

- de 20 à 400 Hz : graves
- de 400 à 1 600 Hz : médiums
- de 1 600 à 20 000 Hz : aigus

2 - L'intensité

Elle s'exprime en décibels (dB) ou en décibels pondérés "A" notés dB(A).

L'oreille procède naturellement à une pondération qui varie en fonction des fréquences. Cette pondération est d'autant plus importante que les fréquences sont basses. Par contre, les hautes fréquences sont perçues telles qu'elles sont émises : c'est pourquoi nous y sommes plus sensibles.

Le dB(A) correspond donc au niveau que nous percevons (spectre corrigé de la pondération de l'oreille), alors que le dB correspond à ce qui est physiquement émis.

La mesure de pression sonore exprimée en dB ou en dB(A) à l'aide d'un sonomètre permet de quantifier le niveau sonore perçu à une distance donnée.



Photo C. SEBART

La puissance acoustique d'une source exprimée en watts est la capacité d'une source à émettre un son plus ou moins fort. C'est une grandeur qui se calcule à partir de mesures de pression sonore.

Une augmentation de 3 dB(A) équivaut à un doublement de la pression ou énergie acoustique et induit donc un changement de niveau sonore perceptible.

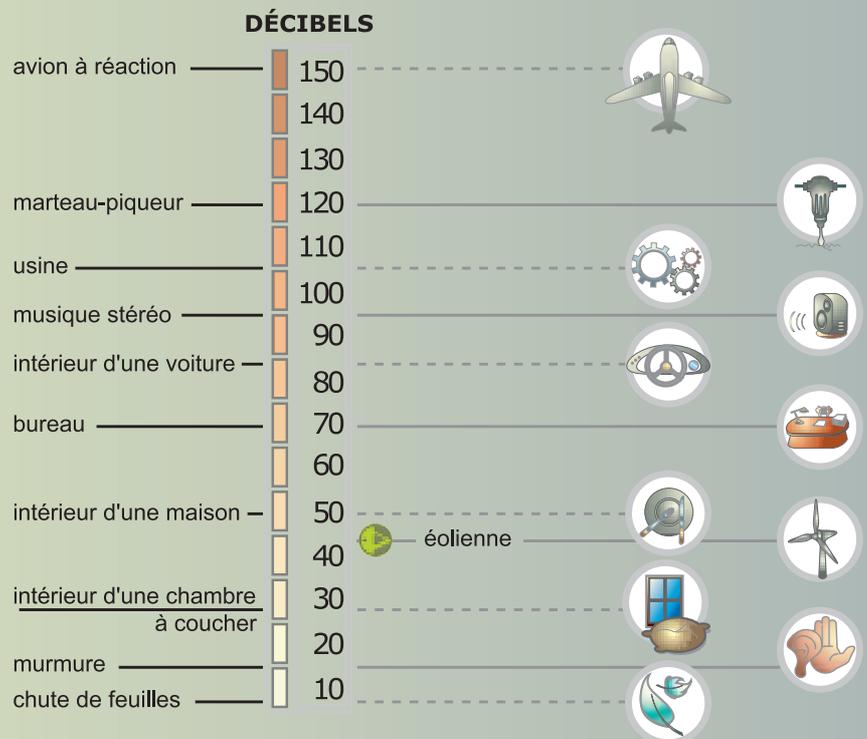


Figure 1 - source : EWEA

L'échelle des décibels permet de positionner un certain nombre d'émissions sonores connues par rapport au bruit moyen émis par une éolienne située à une distance de 250 mètres.

Le niveau de pression sonore diminue avec la distance. Plus on s'éloigne de la source et plus le bruit perçu diminue. Cela est valable pour les éoliennes comme pour n'importe quelle source sonore.

La courbe suivante (figure 2) illustre la décroissance du niveau sonore en fonction de la distance.

> Décroissance du niveau sonore (en dBA) en fonction de la distance

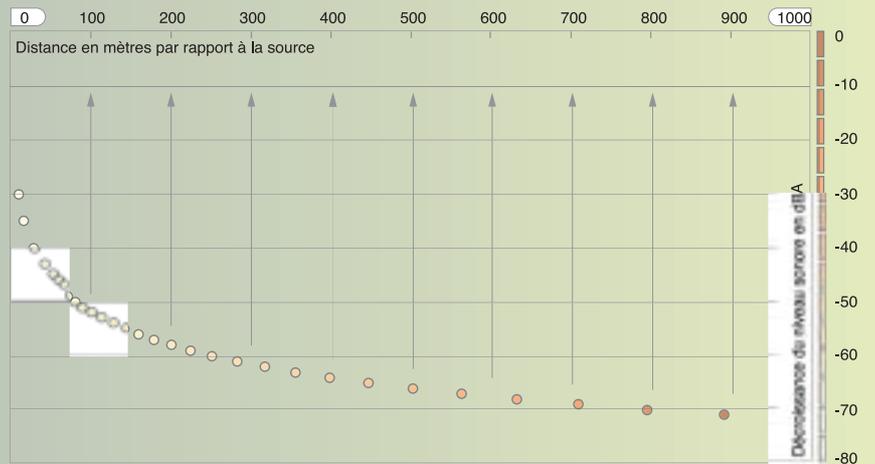


Figure 2

L'ORIGINE DU BRUIT

Le bruit a pu constituer un problème avec les éoliennes de première génération. Elles faisaient appel à des technologies aujourd'hui obsolètes.

Le bruit généré par une éolienne a deux origines : le bruit mécanique et le bruit aérodynamique.

1 - Le bruit mécanique

Le bruit mécanique est créé par les différents organes en mouvement (engrenages à l'intérieur du multiplicateur). Les éoliennes dites à axe horizontal sont majoritairement présentes sur le marché.

Comment fonctionnent-elles (figure 3) ?

Entraîné par les pales (1), un premier arbre dit lent (2) attaque un multiplicateur (3) (une sorte de boîte de vitesse). Ce dernier ajuste, à sa sortie, la vitesse d'un nouvel arbre (4), qualifié cette fois de rapide, aux caractéristiques de la génératrice (5) qui produit l'électricité.

Les éoliennes du début des années 80 laissaient percevoir ce type de bruit jusqu'à des distances relativement importantes. Ces dix dernières années, les émissions sonores des éoliennes

ont été réduites grâce à un certain nombre d'innovations technologiques :

- Les multiplicateurs actuels sont spécialement conçus pour les éoliennes contrairement à leurs aînés qui utilisaient des systèmes industriels standards. Par ailleurs, des éoliennes sans multiplicateur de vitesse sont aujourd'hui disponibles sur le marché ce qui réduit encore le bruit.
- L'analyse de la dynamique des structures permet de bien maîtriser les phénomènes vibratoires qui contribuent à amplifier le son émis par différents composants (c'est le cas également dans une voiture ou dans un train). Les ingénieurs ont en effet constaté que les pales, qui se comportaient comme des membranes, pouvaient retransmettre les vibrations sonores en provenance de la nacelle et de la tour. L'utilisation de modèles numériques permet de maîtriser ce phénomène. C'est la manière la plus efficace de réduire le niveau sonore de la machine.
- Le capitonnage de la nacelle permet de réduire les bruits centrés dans les moyennes et hautes fréquences.

> Intérieur de la nacelle

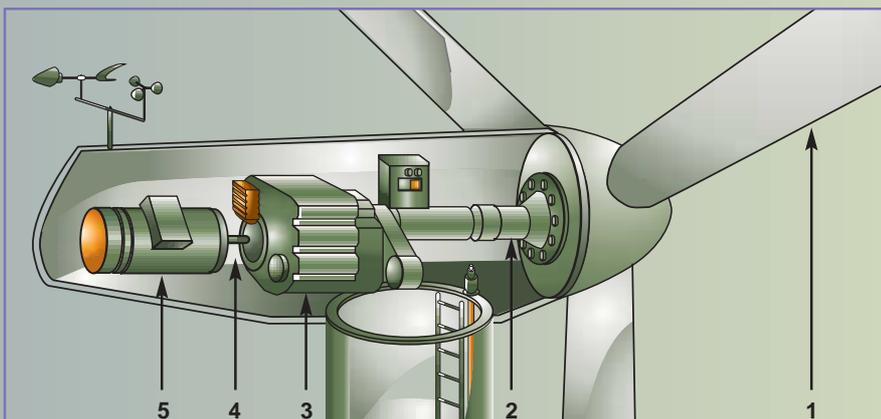


Figure 3

2 - Le bruit aérodynamique

Le freinage du vent et son écoulement autour des pales engendrent un son caractéristique, comme un souffle. Ce type de bruit est assimilé au mélange irrégulier de hautes fréquences générées par le passage du vent dans les arbres, les buissons ou encore sur les étendues d'eau. La plus grande partie du bruit a pour origine l'extrémité de la pale et dans une moindre mesure son bord de fuite. L'utilisation de profils et de géométries de pales spécifiques à l'éolien a permis de



Photo V. PETITJEAN

réduire cette source sonore. Les recherches se poursuivent, principalement pour des raisons de performance. Le passage des pales devant la tour crée un bruit qui se situe dans les basses fréquences. Dans le cas des

éoliennes, elles n'ont aucune influence sur la santé humaine (Voir fiche éolien & santé-sécurité). Le bruit peut aujourd'hui être considéré comme un problème secondaire si des précautions élémentaires sont prises.

3 - Bruits de fond et effet de masque

De manière générale, le silence n'existe pas dans l'environnement : les oiseaux, le bruit du vent dans les arbres, les activités humaines génèrent des sons. Un espace est rarement absolument calme, peut-être parfois à la campagne, la nuit, en l'absence de

vent. Dans ce cas, les éoliennes restent elles aussi silencieuses.

Le vent, en fonction de sa vitesse, participe à l'effet de masque. Une étude réalisée au Pays de Galles décrit la relation entre le niveau sonore ambiant d'un milieu agricole relativement ouvert, avec parcelles

boisées et la vitesse du vent (figure 4).

Le niveau sonore d'une éolienne se stabilise lorsque le vent atteint une certaine vitesse. Au-delà de cette vitesse, le niveau sonore du vent continue à augmenter alors que celui de l'éolienne reste stable. Le bruit du vent vient alors couvrir celui de l'éolienne.



Photo V. PETITJEAN



Photo V. PETITJEAN

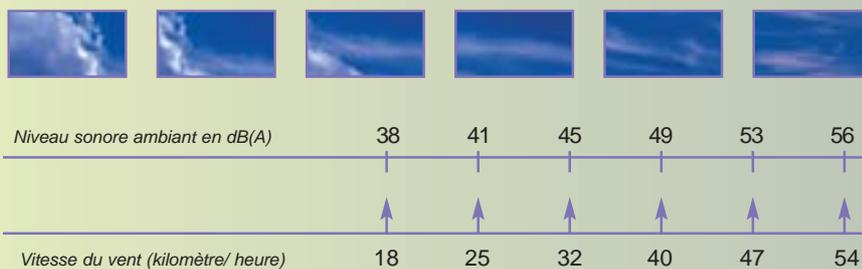


Figure 4 - Source : Bill Holey, Kenetech Windpower



Photo V. PETITJEAN

L'ÉVALUATION ET LA PRÉVENTION DU RISQUE DE NUISANCE SONORE

Il est possible de prévoir la propagation du son autour d'une éolienne ou de plusieurs éoliennes et de limiter ainsi tout risque de nuisances sonores.

L'anticipation de l'impact sonore est réalisée en comparant le bruit de la source calculé à proximité des habitations riveraines (niveau sonore différent selon la distance) et le niveau sonore ambiant enregistré au même endroit grâce à un sonomètre, appareil de mesures acoustiques très sensible (photo ci-contre).

L'émergence, valeur qui caractérise la nuisance sonore, correspond à l'éventuelle augmentation, imputable aux

éoliennes, du niveau sonore ambiant. D'un point de vue réglementaire, l'émergence maximale tolérée est de 3 dB(A) la nuit et de 5 dB(A) le jour à l'extérieur d'une maison d'habitation.

Des logiciels permettent de tracer les courbes isophoniques (d'égal niveau sonore) autour des éoliennes. Ces courbes matérialisent la propagation du son. Le modèle de calcul tient également compte de la topographie, de l'occupation du sol, de l'absorption acoustique du sol, de l'atténuation atmosphérique et des données météorologiques (rose des vents) enregistrées sur le site. La propagation du son est bien sûr plus



Photo Avel Pen Ar Bed

importante dans le sens des vents dominants (figure 5).

Dans certains cas, la modification du schéma d'implantation des éoliennes peut être rendue nécessaire après analyse des différentes simulations d'implantation.

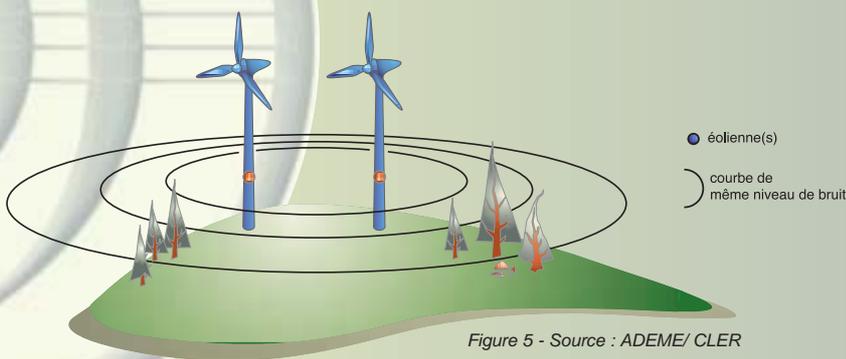


Figure 5 - Source : ADEME/ CLER



1 - Courbes isophoniques théoriques
2 - Influence du vent sur la propagation du son

Que se passe-t-il quand il y a plusieurs éoliennes ?

L'augmentation du niveau sonore n'est en aucun cas proportionnelle mais logarithmique. Cela signifie que la présence de deux sources sonores identiques n'entraîne pas un doublement de la perception de l'intensité sonore. Ainsi, une personne placée à égale distance de deux sources sonores identiques percevra une augmentation du niveau auditif

de 3 dB(A). Quatre sources identiques augmenteront le niveau de 6 dB(A). Il faudra dix sources sonores identiques placées à égale distance de l'auditeur pour que le niveau sonore augmente

de 10 dB(A), ce qui est très rarement le cas avec un parc éolien. Les simulations prennent en compte la présence sonore cumulée des éoliennes en fonctionnement.



Photo V. PETTJEAN



Photo V. PETTJEAN

Quelle distance conserver entre les éoliennes et les habitations ?

Au Danemark ou en Suède, les éoliennes ne sont généralement pas implantées à moins de 300 mètres des maisons d'habitation. En revanche, il n'est pas rare dans ces pays de voir des éoliennes installées à 150 mètres des exploitations agricoles.

Ce sont avant tout les analyses qui permettent d'affiner les distances à respecter. Les caractéristiques anémométriques propres à un site ou encore la présence d'un écran végétal peuvent permettre de réduire la distance entre l'habitat et les éoliennes, tout en respectant la réglementation en vigueur.



Photo V. PETITJEAN

CONCLUSION



Les éoliennes sont de plus en plus silencieuses et les nuisances sonores au niveau des habitations peuvent être évitées. Une étude scientifique danoise indique que les gens qui n'apprécient pas la vue des éoliennes les perçoivent alors comme des engins bruyants, sans même considérer le véritable niveau sonore perçu.



Photo O. SEBART

La visite d'un parc éolien constitue certainement le meilleur moyen de se forger une opinion sur le bruit des éoliennes en fonctionnement, en se plaçant à différentes distances des machines. Dans le cadre d'une démarche d'information du public, cela permet aux acteurs concernés, dans leur diversité, de vivre l'expérience collective de la perception sonore.

CONTACTS & RÉFÉRENCES

• ADEME
Centre de Sophia-Antipolis
500, route des Lucioles
06560 Valbonne
Tél : 04 93 95 79 00
Web : www.ademe.fr

RÉFÉRENCE :
• Manuel préliminaire de l'étude d'impact des parcs éoliens
ADEME Editions, 2001
• Décret n°95-408 du 18 avril 1995 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le code de la santé publique

• CLER
2 B, rue Jules Ferry
93100 Montreuil
Tél : 01 55 86 80 00
Mail : infos@cler.org
Web : www.cler.org

ANNEXE K.2

LE RETENTISSEMENT DU FONCTIONNEMENT DES ÉOLIENNES SUR LA SANTÉ DE L'HOMME

CLAUDE-HENRI CHOUARD
ACADÉMIE NATIONALE DE MÉDECINE (FRANCE)

RAPPORT

Le retentissement du fonctionnement des éoliennes sur la santé de l'homme

Claude-Henri CHOUARD**

L'Association APSA (Association pour la protection des Abers) a demandé par lettre du 7 mars 2005 au Ministre de la Santé et des Solidarités, que soit étudiée l'éventualité d'une action nocive des éoliennes sur la santé de l'homme. Elle en a adressé une copie pour information au Président de l'Académie nationale de médecine. Le Conseil d'Administration de celle-ci a jugé nécessaire, dans sa réunion du 15 mars 2005, de se saisir du problème, et d'en confier l'examen à un Groupe de Travail spécialement créé à cet effet.

1- Introduction

Le développement des parcs d'éoliennes en France est un des moyens de pallier la dépendance énergétique du pays. Cependant les populations vivant dans certains cas tout à côté des éoliennes expriment des doléances fonctionnelles diverses et se plaignent des bruits très particuliers de ce voisinage. Depuis une dizaine d'années, la réglementation concernant l'installation de ces engins comporte une étude d'impact sur l'environnement, sur la flore autant que sur la faune, ornithologique notamment. Mais, pour l'homme, l'éventualité de nuisances, notamment sonores, induites par le fonctionnement de ces engins a été minimisée, et son appréciation spécifique n'a pas été réglementée [1].

Cette carence faussement rassurante a été sans doute une des raisons de l'inquiétude de ces populations, et elle a eu pour effet de laisser se développer, pour expliquer les troubles ressentis, des rumeurs pathogéniques discutables, notamment celles qui concernent la responsabilité des infrasons. Ces rumeurs n'ont pu qu'amplifier l'importance des troubles fonctionnels.

On comprend que ces doléances et ces craintes aient été alors largement diffusées, parce qu'elles servaient d'arguments supplémentaires aux Associations qui s'opposent à l'installation de ces engins pour des motifs écologiques, esthétiques ou économiques, qui, eux, relèvent de la politique générale, et non des compétences de l'Académie.

Actuellement, dans la littérature scientifique, on retrouve très peu de données sur les dangers potentiels des éoliennes pour l'homme. Faire le point des connaissances actuelles et apprécier l'éventualité de cette nocivité a constitué la mission de ce groupe de travail, et l'a conduit à proposer au Conseil d'Administration un certain nombre de recommandations.

** Membre de l'Académie nationale de médecine

2- Les éoliennes

Les éoliennes, qu'elles soient isolées, ou regroupées en grand nombre en formations improprement appelées "fermes éoliennes", sont une source d'énergie "renouvelable" qui suscite un intérêt mondial. En France, malgré les polémiques induites par leur fonctionnement, ce "gisement" énergétique commence à se développer (voir Annexe A), car ces implantations bénéficient depuis plusieurs années d'incitations financières importantes. Celles-ci représentent un intérêt pécuniaire évident pour les particuliers et les communes accueillant ces engins.

Mais elles n'intéressent que les propriétaires qui louent le terrain nécessaire à l'implantation, sans que les habitants du voisinage plus ou moins proche en tire le moindre avantage. Quand il s'agit de petits propriétaires, souvent retraités qui, de plus, voient la valeur de leur modeste bien immobilier s'effondrer, ces derniers éprouvent un sentiment d'injustice, qui amplifie la nuisance du bruit auquel cette partie de la population est soumise. De plus, les actions menées par les industries privées, auxquelles est dévolue la responsabilité d'installer les éoliennes, relèvent du marketing, dont les techniques conduisent parfois, pour obtenir l'accord préalable des populations, à minimiser les inconvénients liés à la proximité de ces engins; mais la déception, ressentie après coup, de découvrir des nuisances insoupçonnées, majore sûrement le retentissement psychique de la gêne rencontrée.

Malgré l'article 98 dévolu aux éoliennes dans la loi du 2 juillet 2003, ces machines restent soumises à la simple réglementation des bruits de voisinage (article R 1336-8 et R 1336-9 du code de la santé publique, arrêté du 10 mai 1995 relatif aux modalités de mesure de ces bruits [2]), si bien que les procédures administratives, qui doivent être actuellement suivies pour obtenir le permis de construire une éolienne, n'imposent pas d'éloignement minimal des habitations. Dans certains cas, ces dernières se trouvent à moins de cinq cents mètres de ces engins.

Il est paradoxal de constater que jusqu'à présent les éoliennes, engins mécano électriques générateurs de taxes professionnelles pour les communes, n'aient jamais été considérées comme des installations industrielles : l'implantation de ces dernières est soumise à une réglementation spécifique destinée à prévenir les risques que leur fonctionnement peut induire, et notamment les conséquences des nuisances sonores infligées au voisinage.

Précisons enfin que la réglementation concernant la mesure des nuisances sonores des éoliennes varie d'un pays à l'autre. L'Union Européenne commence à s'intéresser à cette disparité et vient depuis peu d'uniformiser¹ les méthodes de mesure du bruit induit au voisinage d'une éolienne en fonctionnement. Mais, actuellement, cette réglementation européenne n'implique pas de mesures effectuées sur des périodes longues de plusieurs semaines.

3- Les plaintes, concernant leur santé, formulées par certaines personnes vivant à proximités des éoliennes.

Leur catalogue est difficile à établir, car les études exhaustives cliniques dépourvues de tout biais méthodologique sont rares dans la littérature scientifique.

Le bruit est la doléance la plus fréquente. Il est décrit comme lancinant, préoccupant, perpétuellement surprenant parce qu'il est irrégulier en intensité, mais comporte aussi des sonorités grinçantes et incongrues, qui détournent l'attention ou perturbent le repos. La survenue inopinée la

¹ Il s'agit de la directive ICE 61400-11 : <http://www.awea.org/standards/iec_stds.html#WG5>

nuit de ces bruits perturbe le sommeil, réveillant brusquement le sujet dès que le vent se lève, ou l'empêchant de se rendormir.

Les éoliennes ont été rendues responsables d'autres troubles ressentis par les personnes habitant dans leur proximité. Ils sont moins précis, moins bien décrits et consistent en manifestations subjectives (céphalées, fatigues, sensations d'ébriété passagères, nausées) parfois objectives (vomissements, insomnies, palpitations).

Signalons que les mouvements de l'ombre des pales en rotation ont été rendus responsables de distractions susceptibles d'entraîner des d'accidents de voiture, voire d'épilepsie.

4- Les modifications physiques de l'environnement dues au fonctionnement des éoliennes.

A- La **taille des éoliennes**, dont la hauteur atteint aujourd'hui souvent plus de cent mètres, et leur situation dans des sites fréquemment ventés, c'est-à-dire dégagés et/ou élevés, peuvent les rendre visibles à plusieurs kilomètres.

B- Cette modification de l'environnement est encore plus évidente lorsque s'y ajoute le **mouvement rotatoire des pales**, dont le diamètre à lui seul approche la centaine de mètres. Cette rotation des pales, qui a été accusée d'être dangereuse pour l'homme, peut blesser les oiseaux; la réglementation actuelle a pris ce risque en compte, afin que les zones de nidification ou de migration ne soient pas perturbées par l'implantation de ces engins.

C- Mais la modification de l'environnement la plus importante est sûrement, comme toute installation industrielle, la création de **vibrations du milieu ambiant**.

Que ces vibrations soient solidiennes ou aériennes, elles sont responsables, lorsqu'elles sont audibles, d'un **bruit**, dont les caractéristiques physiques n'ont de particulier que la variabilité de ses paramètres, et notamment de leur seuil d'audibilité par l'homme.

Ce bruit [3] est dû à la rotation des engrenages de la machinerie qui assure l'adéquation au vent de l'axe des pales, et de la dynamo qui produit l'électricité. Il est dû aussi au frottement du vent sur les pales et sur le bâti de l'éolienne. Ce bruit est variable et intermittent ; par temps calme les éoliennes sont au repos, ou peu bruyantes; mais, qu'il forcisse ou reste modéré, le vent le mieux installé est toujours irrégulier. Cette variabilité du bruit explique les controverses relatives à son intensité. Elle majore son impact sur l'homme en entraînant une mise en éveil répétitive et imprévisible.

Les caractères du bruit éolien n'ont été étudiés que tout récemment, peut-être en raison des doléances exprimées par les Associations. Ce bruit a été analysé dans le périmètre aérien immédiat de ces machines, ou plus à distance en milieu liquidien [4] dans les parcs d'éoliennes implantées dans la mer. De même les modalités de sa propagation à distance sont maintenant bien connues [5] : celle-ci dépend des conditions climatiques (température, humidité, orientation et vitesse du vent, etc), mais tout autant de la topographie et de l'environnement propre à chaque site. Un vallonnement, par exemple, peut faire écho et amplifier (ou masquer) ce bruit en certains endroits de manière très localisée. Inversement, les occupants d'habitations situées sur le bord de mer n'entendent pas des éoliennes pourtant toutes proches, parce qu'ils sont soumis, sans en être gênés, au bruit constant des vagues, du ressac et du vent du large. Cette variabilité est aussi illustrée par les récentes mesures de bruit effectuées avec une instrumentation moderne près des habitations,

entreprises à la demande des populations incommodées. Dans l'une d'entre elles, par exemple [6], les enregistrements furent effectués sur 9 sites différents ; ils objectivèrent 6 valeurs sans dépassement du bruit autorisé, et 3 valeurs hors normes; parmi les 6 premières, certaines éoliennes étaient à moins de 500 mètres des habitations, tandis que pour les 3 autres, l'éolienne responsable était à plus d'un kilomètre de l'habitation où était placé l'instrument de mesure ; ces différences étaient dues uniquement à la topographie des lieux. Pour les futurs projets, il serait souhaitable que pour chaque site envisagé, des simulations sonores artificielles, et leur enregistrement au niveau des habitations concernées, soient effectuées préalablement à toute construction. Il est nécessaire pour cela que ces simulations soient désormais intégrées dans l'étude d'impact de ces parcs d'éoliennes.

En France, la mesure du bruit de voisinage, notamment celui produit par les éoliennes, était soumise, depuis 1995, à la norme NF S 31-110, qui exigeait que les mesures de bruit soient effectuées avec des vents inférieurs à 20 km/h [7], car pour des vitesses supérieures "les sonomètres pourraient enregistrer des bruits parasites"...!. Cette situation réglementaire était d'autant plus étonnante que, d'une part techniquement il était facile déjà à cette époque de contourner cette difficulté, et d'autre part ce sont des vitesses de vent bien supérieures qui mettent habituellement en jeu ces machines. Son application explique sans doute la plupart des doléances exprimées aujourd'hui à leur propos.

La modification de cette norme est annoncée. Mais, dans les documents ministériels [8], la prévision des nuisances fait bien plus appel à des modélisations par logiciel, qu'à des mesures sur le terrain tenant compte sur une longue période de la variabilité du spectre des bruits, et des variations saisonnières de la vitesse et de l'orientation des vents. Elle risque donc d'être inefficace.

Tout cela conduit encore plus à déplorer que, lors de la rédaction de l'article 98 dévolu aux éoliennes dans la loi du 2 juillet 2003, ces engins électromécaniques, manifestement bruyants, n'aient pas d'emblée été considérés comme des établissements industriels. Certes, ils sont soumis à l'obligation d'un permis de construire à partir d'une certaine hauteur, et, au-delà d'une certaine puissance, ils sont soumis à une "étude d'impact". Mais celle-ci ne tient pas du tout compte de la spécificité du bruit de ces machines, qui continuent, en matière de bruit, à relever de la réglementation appliquée aux habitations ordinaires. En réalité, pour les éoliennes, une distance minimum de sécurité acoustique doit être définie, même si cette distance est propre à chaque implantation. Cette mesure est seule capable d'éviter toute nuisance sonore. Ce paramètre de bon sens a jusqu'ici été ignoré, au point qu'actuellement, ni les installateurs, ni les pouvoirs publics, ne peuvent fournir de statistique indiquant, pour chaque éolienne (ou parc d'éoliennes), privée ou publique, la distance séparant chaque engin de l'habitation la plus proche.

Les infrasons se définissent comme la zone la plus grave de l'environnement sonore (aérien, liquidien ou solidien), audible ou non par l'homme, dont la limite supérieure assez floue est aux environs de 20 Hz. Ils nécessitent une intensité considérable pour être audibles, et par conséquent ne doivent pas être inclus, sous peine de confusion, dans le plus vaste domaine des sons de basses fréquences largement représentées dans la perception des voyelles et de la musique auxquelles l'oreille humaine est sensible. Bien qu'inaudibles, les infrasons sont présents dans notre environnement le plus quotidien (voir Annexe B). Ils existent dans tout l'environnement industriel. A des intensités énormes, on les retrouve aussi dans les explosions, le tonnerre, les tremblements de terre. L'étude expérimentale de leur audibilité et de leurs effets sur l'homme ou l'animal exige des laboratoires très sophistiqués, en raison de leur grande longueur d'onde et de l'énormité des intensités qui doivent être générées pour qu'ils soient perceptibles.

D- Les effets physiopathologiques du bruit

La nature de leurs effets dépend de l'intensité [9].

Tous les bruits audibles, lorsqu'ils sont *très intenses*, peuvent entraîner plus ou moins vite des troubles fonctionnels, puis des lésions de l'oreille bien connues. Mais de telles intensités ne se rencontrent qu'à quelques mètres d'une éolienne en fonctionnement, auprès de laquelle aucun sujet n'habite ni ne travaille en permanence.

A des *intensités modérées*, les bruits chroniques n'entraînent pas de lésions de l'oreille. Mais leur perception peut provoquer des réactions de stress, dans la mesure où ils sont irréguliers et surtout mal vécus. Ce stress induit peut être responsable de différentes affections bien connues, détaillées plus loin. Leur prévention est théoriquement assurée grâce aux précautions mises en œuvre, par exemple, dans la construction des autoroutes ou des aéroports. La pathogénie des nuisances entraînées par le bruit généré dans les fréquences audibles par le fonctionnement intermittent des éoliennes sont de la même nature.

Les infrasons

Aux intensités auxquelles on les retrouve dans les sites industriels les plus bruyants, les infrasons, à peine audibles, n'ont aucun impact pathologique prouvé sur l'homme, au contraire des fréquences plus élevées du spectre auditif. Ce n'est que dans les explosions, naturelles ou générées par l'homme, qu'ils peuvent avoir une part de responsabilité dans les lésions souvent létales observées.

Au-delà de quelques mètres de ces engins, les infrasons du bruit des éoliennes sont très vite inaudibles. Ils n'ont aucun impact sur la santé de l'homme.

La nature fallacieuse de l'origine dite scientifique des rumeurs propagées à leur propos est détaillée [10] en Annexe B.

5- Les éoliennes sont-elles dangereuses pour l'homme ?

Dangers et risques sont bien connus et font déjà l'objet de mesures de prévention efficaces. Les autres sont moins bien définis, polymorphes, inconstants, et leur recensement clinique actuel souffre de biais méthodologiques.

A- Les premiers dangers comportent:

1. Tous les accidents de personnes dus à la préparation des sites, à l'installation (ou au démontage) des parcs d'éoliennes, puis à leur entretien. Ce sont des accidents du travail dont la réglementation actuelle, pourvu qu'elle soit appliquée, est suffisante pour en assurer la prévention.
2. Le fonctionnement des éoliennes comporte un danger de traumatismes dus aux projections à distance de pièces plus ou moins volumineuses se détachant accidentellement de ces engins à la suite d'une avarie matérielle. Leur prévention relève de la création d'un *no man's land* suffisant, dont il existe des estimations en fonction de la taille des engins, mais qui n'est pas défini dans la réglementation actuelle. Notons que cette mesure de précaution, quand elle est prise, est souvent enfreinte ou contestée par les propriétaires des terrains.

3. Les mêmes dangers persistent pendant des décennies dans certains cimetières d'éoliennes anciennes, devenues obsolètes et abandonnées sans avoir été démontées pour des raisons financières.

La prévention de tous ces dangers est prévue de manière explicite par la réglementation récente, notamment celle qui concerne ces sites à l'abandon.

B- Les risques hypothétiques des éoliennes

On retrouve souvent cité parmi les doléances, le retentissement psychique, voire neurologique, de **l'effet stroboscopique** entraîné par l'observation soutenue de la rotation des pales, notamment si elle se fait dans la direction d'un soleil bas sur l'horizon. La crainte d'un effet épileptogène des éoliennes a été souvent évoquée. Cependant, si dans d'autres circonstances le rôle épileptogène d'une stimulation lumineuse répétitive est bien démontré, nous n'avons retrouvé dans la littérature aucune observation incriminant les éoliennes dans cette pathologie: cette crainte n'est étayée par aucun cas probant. Notons, de plus, qu'il faudrait que les globes oculaires du sujet soient exceptionnellement fixes, et pendant suffisamment longtemps, pour qu'ils puissent transmettre aux centres cérébraux les variations d'un faisceau lumineux aussi étroit et lointain que celui fourni par la rotation d'une éolienne.

C- Le vrai risque des éoliennes : le bruit.

Qu'il soit très intense, ou qu'il représente une pollution sonore plus modérée, le bruit est le grief le plus fréquemment formulé à propos des éoliennes [11]. Il peut avoir un impact réel, et jusqu'ici méconnu, sur la santé de l'homme (voir Annexe B).

Rappelons que le traumatisme sonore est dangereux de deux manières. Il peut entraîner des lésions de l'oreille interne si l'intensité et la durée de l'exposition au bruit atteignent des valeurs élevées. Mais ces intensités n'ont jamais été observées au niveau des habitations proches des éoliennes.

A des intensités modérées, le bruit peut entraîner des réactions de stress, perturber le sommeil et retentir sur l'état général. Il est démontré qu'une agression sonore permanente ou intermittente, telle celle qu'on peut rencontrer dans certains ateliers, ou au voisinage des aéroports ou des autoroutes, augmente le risque d'hypertension artérielle [12] et d'infarctus du myocarde [13]. De même des troubles neuroendocriniens [14] ont été décrits, avec une augmentation de la sécrétion noradrénergique, d'ACTH, et d'hormone somatotrope. Enfin, les troubles du sommeil sont particulièrement fréquents dans les zones d'habitation situées près des grands moyens de communication, en sachant que les aéroports, par l'aspect intermittent du bruit qu'ils engendrent, sont les plus redoutables. On admet que le sommeil est perturbé [15] si le bruit ambiant dépasse 45 dB pour la Communauté européenne, mais seulement 35 dB pour l'Organisation mondiale de la santé.

Il a semblé licite à certaines Associations d'extrapoler aux éoliennes ces risques observés au voisinage de certains aéroports, bien qu'il n'existe aucune étude comparable ayant porté sur les populations proches de parcs éoliens. Mais, malgré les difficultés méthodologiques qu'une telle enquête devrait surmonter, une étude épidémiologique sérieuse est indispensable, car éoliennes et aéroports constituent deux sources sonores très différentes.

L'agression sonore est majorée lorsque le bruit présente d'importantes irrégularités stimulant l'attention de l'individu. A contrario, ce bruit est mieux supporté s'il est continu [16]. Cependant, même si l'habitation à ces irrégularités peut diminuer leur impact, cette habitation est d'autant plus difficile à s'installer que le sujet se sent la victime de ce bruit. Le stress et ses conséquences dépendent du vécu du bruit. Dans le cas des éoliennes, l'impact de cette nuisance pourrait dépendre de la manière dont elle est infligée au sujet. S'il en tire un intérêt immédiat, qui le plus souvent est matériel, les risques d'en être importuné seront vraisemblablement plus faibles.

De toutes manières, la prévention de ces risques repose sur le simple éloignement de la source sonore. Mais, il est théoriquement difficile de définir a priori une distance minimale des habitations, qui serait commune à tous les parcs, car la propagation du son, c'est-à-dire l'étendue de cette zone de nuisance, dépend des éléments topographiques et environnementaux propres à chaque site.

Cependant, tant que l'étude épidémiologique de ces nuisances sonores n'a pas été réalisée, et compte tenu des résultats des récentes mesures de bruit effectuées avec des moyens modernes, il serait souhaitable, par précaution, que soit suspendue la construction des éoliennes d'une puissance supérieure à 2,5 MW situées à moins de 1500 mètres des habitations. Une distance de 1500 mètres pourrait être dès maintenant proposée à titre conservatoire.

6- Discussion des mécanismes permettant d'expliquer les troubles ressentis

1- La plupart des troubles fonctionnels objet de doléance peuvent être interprétés comme des conséquences générales du **bruit chronique** évoqué plus haut.

2- Mais d'autres ont été mis sur le compte des **infrasons**, en arguant qu'ils pourraient être générés par les éoliennes à une intensité suffisante pour entraîner des manifestations de nature vestibulaire (fatigabilité, nausées, céphalées). Cette interprétation doit être discutée, en rappelant :

- Les niveaux très faibles d'intensité des infrasons mesurés au proche voisinage des éoliennes
- Les niveaux d'intensité plus de mille fois plus élevés que devraient présenter ces infrasons pour être seulement audibles, et encore plus de mille fois plus élevées pour qu'apparaissent les discrètes et transitoires réactions vestibulaires parfois observées expérimentalement. Cette crainte des infrasons produit par les éoliennes est donc sans fondement.

7- Conclusions

Le Groupe de Travail réuni à cet effet a étudié, parmi les réticences suscitées par l'installation des éoliennes, celles qui intéressent la santé de l'homme.

Il estime :

1. que la production d'infrasons par les éoliennes est, à leur voisinage immédiat, bien analysée et très modérée : elle est sans danger pour l'homme ;
2. qu'il n'y a pas de risques avérés de stimulation visuelle stroboscopique par la rotation des pales des éoliennes ;
3. que les risques traumatiques liés à l'installation, au fonctionnement et au démontage de ces engins sont prévus et prévenus par la réglementation en vigueur pour les sites industriels, qui s'applique à cette phase de l'installation et de la démolition des sites éoliens devenus obsolètes.

Il constate:

4. que les vrais risques du fonctionnement des éoliennes sont liés à l'éventualité d'un traumatisme sonore chronique, dont les paramètres physiopathologiques de survenue sont bien connus, et dont l'impact dépend directement de la distance séparant l'éolienne des lieux de vie, ou de travail, des populations riveraines.

Il observe

5. que la réglementation actuelle, relative à l'impact sur la santé du bruit induit par ces engins [17], ne tient pas compte :
 - ni de leur nature industrielle,
 - ni de la grande irrégularité des signaux sonores émis par ces machines ;
 - des progrès techniques dans la simulation et l'enregistrement au long cours des impacts sonores.
6. que ni les installateurs d'éoliennes, ni les pouvoirs publics, ni les Associations n'ont établi de statistique indiquant, pour chaque éolienne (ou parc d'éoliennes), privée ou publiques, la distance séparant chaque engin de l'habitation la plus proche ;

8- Recommandations

Pour faire la preuve de l'éventuelle nocivité du bruit éolien pour l'homme, l'Académie estime indispensable que soient entreprises deux types d'études comportant:

- la mise au point d'une procédure réalisant l'enregistrement, sur une période longue de plusieurs semaines, du bruit induit par les éoliennes dans les habitations, puis son analyse à différentes échelles temporelles, afin d'appliquer cette expertise aux populations intéressées.
- une enquête épidémiologique sur les conséquences sanitaires éventuelles de ce bruit éolien sur les populations, qui seront corrélées avec la distance d'implantation de ces engins, et les résultats des mesures proposées ci-dessus.

En attendant les résultats de ces études, l'Académie recommande aux pouvoirs publics que, dès maintenant :

- à titre conservatoire soit suspendue la construction des éoliennes d'une puissance supérieure à 2,5 MW situées à moins de 1500 mètres des habitations,
- l'article 98 de la loi du 2 juillet 2003 soit modifié comme il se doit, pour que les éoliennes, dès qu'elles dépassent une certaine puissance, soient considérées comme des installations industrielles, et que leur implantation soit désormais soumise à une réglementation spécifique tenant compte des nuisances sonores très particulières qu'elles induisent.

Annexe A

Les éoliennes : éléments techniques et économiques

Production d'énergie éolienne dans le monde

Au niveau mondial, les énergies renouvelables se développent (+1,4 % par an), mais leur part dans la production d'électricité diminue : 18,1 % en 2002 contre 20,5 en 1993, car la consommation augmente tous les ans.

L'hydraulique reste la filière prépondérante (90,4 %), mais sa croissance est très faible, de l'ordre de 1% par an. Par contre, si l'éolien ne représente dans le monde que 0,33 % de la production d'électricité, sa croissance est devenue très vive. Dans l'Union Européenne, où elle a progressé de 37,8 % depuis 1993, 1,5 % de l'électricité est aujourd'hui produite par des éoliennes.

Production d'énergie éolienne en France

En France, 14 % de l'électricité est d'origine « renouvelable ». Bien qu'en augmentation très rapide (+ 59 % par an) en raison d'incitations financières très attractives, la production éolienne reste globalement marginale avec un peu plus de 200 MW installés².

Théoriquement, les possibilités de la France sont importantes : elle dispose du deuxième gisement éolien européen après le Royaume Uni. Il est situé sur le littoral ouest (de la Mer du Nord à La Rochelle), dans le couloir rhodanien et en Languedoc-Roussillon. Les trois parcs éoliens réalisés en 2004 ont une puissance totale de 43 MW.

L'ambition française affichée est de 10 000 MW éoliens en 2010³.

Les éoliennes installées en France ont une puissance variable. Par exemple, et parmi les plus grandes et les plus récentes, les 8 éoliennes du Parc de Bouin en Vendée, installées en 2003, ont une puissance de 2,5 MW chacune. Elles mesurent 102 m de haut (pales de 40 m comprises), soit la hauteur d'un immeuble de 30 étages. Leur production globale est estimée à 40 GWh (40 millions de kilowatt heure) soit une « disponibilité » d'environ 25 %. Cette production représente la consommation électrique hors chauffage de 20 000 foyers et rapporte 200 000 euros de taxes professionnelles par an à la commune de Bouin.

Avantages de l'énergie éolienne

L'énergie électrique éolienne est naturellement renouvelable, non polluante et ne génère pas de gaz à effet de serre (hors processus de construction).

En France, utilisée en base, l'énergie éolienne permet de diminuer le recours aux centrales nucléaires et donc de réduire le volume des déchets nucléaires⁴.

Elle permet une production délocalisée de l'électricité convenant très bien à des zones sans infrastructures de transport de l'électricité, en particulier dans les pays en voie de développement.

² -Par comparaison, chacun des 58 réacteurs nucléaires a une puissance de 900 à 1300 MW.

³ -Compte tenu des oppositions locales que rencontrent les projets de fermes éoliennes, cet objectif, qui nécessiterait d'implanter près de 4000 éoliennes, paraît très optimiste.

⁴ -Si 10 000 MW éoliens étaient installés, la réduction des déchets serait d'environ 5 %.

Inconvénients de l'énergie éolienne

Par rapport aux autres formes de production de l'énergie électrique (hydraulique, thermique à flamme ou nucléaire) l'énergie éolienne est nettement plus onéreuse. Le « combustible » est gratuit, mais une éolienne de 2,5 MW coûte environ 3 millions d'euros pour une puissance électrique moyenne réelle de 0,6 MW.

La production est aléatoire, très corrélée d'une éolienne à l'autre : les chutes de vent affectent toutes les installations d'une même zone⁵. Cela entraîne des instabilités du réseau de transport qui peut être déséquilibré, avec risque de panne, si la proportion d'éoliennes est trop importante. La capacité de 10 000 MW éolien est une limite pour la France.

Aussi les incitations financières à leur implantation alimentent-elles des discussions concernant le coût réel actuel de l'énergie ainsi produite, la réalité de la diminution de l'effet de serre dont elle serait responsable, voire la pollution industrielle de certaines installations anciennes abandonnées sans avoir été démontées.

Les implantations d'éoliennes sont généralement mal acceptées par les riverains et les associations de protection de la nature qui les accusent de pollution visuelle et sonore.

Ces nuisances seraient atténuées en cas d'implantation en mer, moyennant un surcoût important.

⁵ -Pendant la canicule d'août 2003, par manque de vent, la disponibilité des éoliennes est descendue en moyenne à 8 % de leur capacité maximum.

Annexe B

Le bruit et les infrasons

Le bruit:

Un bruit, ensemble de vibrations apériodiques, se définit par son spectre fréquentiel, et l'éventail des intensités portées par chacune des fréquences. Rappelons ici que l'anatomie de l'oreille humaine la rend très sensible à l'éventail des fréquences 500-4000 Hz, et que c'est justement dans cette zone que l'homme a placé les fréquences les plus significatives de sa parole. La plupart des bruits industriels ont, à la source, des spectres assez voisins, qui diffèrent surtout par leurs intensités relatives [18], mais dans lesquels les intensités des infrasons sont souvent inférieures à celle de leur audibilité.

Il faut insister sur le fait que le spectre fréquentiel des éoliennes est, à la source, comparable à celui de n'importe quel engin industriel.

La diffusion de l'énergie sonore à partir de la source dépend de la nature du milieu dans lequel elle se propage, et de la longueur d'onde émise. La diffusion des fréquences graves est presque sphérique, alors que celle des ultrasons est pratiquement unidirectionnelle. La perte d'énergie en fonction de la distance est énorme pour les fréquences aiguës, faible pour les fréquences graves, et varie à peu près en raison inverse du carré de la distance pour les médiums. Ainsi, à plusieurs centaines de mètres d'une source de bruit intense, il n'y a plus guère de fréquences aiguës, et seules persistent les médiums et les fréquences graves. Parmi celles-ci figurent les infrasons.

Les Infrasons:

La vitesse de propagation des infrasons dans l'air est proche de celle des ondes audibles, soit de l'ordre de 330m/s. La longueur d'onde d'un son étant inversement proportionnelle à sa fréquence, celle d'un infrason de 20 Hz est d'environ 16 mètres, c'est-à-dire très supérieure à la taille de la plupart des êtres vivants, notamment de l'homme.

Lorsqu'un corps, objet ou être vivant, est soumis à des infrasons parvenus par propagation aérienne, ce corps se trouve immergé dans un champ acoustique dont à chaque instant la phase est identique; dans cette condition, plus de 90% de l'énergie mécanique reçue se réfléchit sur le corps; ce n'est pas le cas si ce corps contient des organes remplis d'air, ne communiquant pas avec l'extérieur (c'est-à-dire, chez l'homme, la caisse du tympan, le tractus digestif, l'arbre respiratoire lorsque la glotte est fermée). Lorsque la propagation se fait en plus par voie solidienne, entraînant par exemple la vibration des murs d'une cavité aérienne, l'énergie absorbée par le corps, lorsqu'il touche une de ces parois, peut-être beaucoup plus importante.

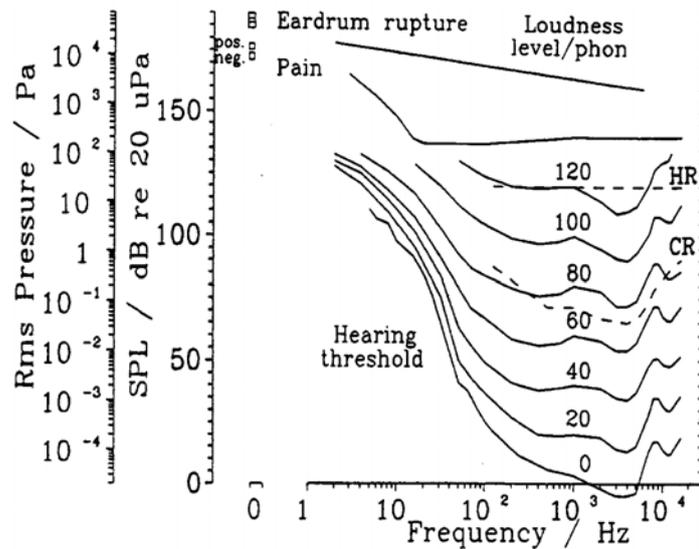


FIGURE 1 (d'après J. Dancer)

Courbes isosoniques de Fechner et Munson. Chaque point correspond à un son pur (fréquence en abscisse et intensité sonore en ordonnées, en coordonnées logarithmiques). Chaque courbe, appelée « isosone » relie les points qui correspondent à des sons qui donnent la même impression subjective d'intensité. La zone la plus basse de chaque courbe correspond au maximum de sensibilité de l'oreille (500 – 4000 Hz). La courbe 0 phone correspond aux plus faibles sons audibles; la courbe 120 phones au seuil de la douleur.

Ces caractéristiques obligent, pour réaliser les études physiologiques, à recourir à des chambres closes, dont deux panneaux opposés sont percés d'une fenêtre obturée par une membrane du type haut-parleur. Ainsi obtient-on assez facilement, s'il s'agit de corps peu volumineux, des variations de pression locale que l'on peut transmettre de façon efficace à des petits animaux; mais l'application à l'homme de ces signaux exige des installations beaucoup plus complexes. De plus, la détection et la mesure des infrasons se fait avec des appareils différents de ceux utilisés pour les ondes sonores, obligeant à recourir à des transducteurs comparables à des baromètres variables selon les fréquences.

Par ailleurs, la directivité des ondes sonores diminue avec la fréquence. Un émetteur d'ultrasons rayonne pratiquement dans une seule direction. Au contraire, les ondes émises par un générateur d'infrasons sont pratiquement sphériques et rayonnent de tous côtés. Au dessus de 150 dB, c'est-à-dire juste au-dessus de leur seuil liminaire d'audibilité, il devient vite impossible de produire, de manière contrôlée et répétitive, des niveaux d'ondes infrasonores se propageant en espace libre.

La propagation des infrasons, pourvu que leur énergie de leur source soit suffisamment importante, peut donc se faire sur des distances considérables. Par suite de leur réflexion sur les hautes couches de l'atmosphère, les infrasons aériens émis par une explosion nucléaire peuvent faire plusieurs fois le tour du globe terrestre, ce qui permet de détecter ces explosions à grande distance. De plus, les basses fréquences se propagent mieux en milieu solide qu'en milieu aérien; les infrasons solidiens sont moins amortis que les infrasons aériens.

Les infrasons naturels (vent, tonnerre, etc) font partie de l'environnement naturel de l'homme. Même s'ils sont inaudibles parce que d'intensité trop faibles, ils sont produits par de nombreuses activités quotidiennes :

7. jogging = 90 dB à 2 H;
8. nage = 140 dB à 0,5 Hz;

9. voyage en voiture vitres ouvertes = 115 dB à 15 Hz;
10. au cours de certaines manœuvres de grattage du conduit auditif externe = 160 dB à 2 Hz;
- salle des machines (d'un paquebot par exemple) = 130-140 dB à 5-20 Hz.

Type de source	8 Hz	16 Hz	32 Hz	63 Hz	125 Hz
Véhicule léger à 100 km/h	95	90	88	82	78
Camion à 80 km/h	103	105	102	92	88
Train, vitres ouvertes à 80 km/h	97	101	101		
Eolienne 1 MW à 100 m	58		74	83	90
Seuil d'audibilité	105	95	66	45	29

TABLEAU I (d'après J. Rolland)

Seuil d'audibilité en dBA des basses fréquences et de quelques infrasons détectables instrumentalement dans les circonstances de la vie courante.

A mesure que la fréquence d'un son baisse en dessous de la zone des fréquences conversationnelles, l'énergie nécessaire pour qu'il soit perçu par l'oreille humaine croît rapidement. De plus, dans ces gammes des basses fréquences, si, à de hautes intensités, l'oreille peut, jusqu'à 20 Hz, reconnaître une tonalité, en dessous de cette zone elle ne perçoit plus que des phénomènes distincts décrits comme des battements. Cette particularité contribue à la définition des infrasons. Mais 20 Hz est une limite floue, car la non linéarité de l'oreille moyenne entraîne des distorsions responsables d'une perception sonore parasite variable.

Aux intensités inférieures à 160 dB les effets physiopathologiques des infrasons sont bien répertoriés, même si leur étude chez l'homme implique des installations volumineuses, qui n'existent que dans des laboratoires très spécialisés.

Le seuil d'audibilité des infrasons chez l'homme est de 105 dB pour 8 Hz, de 95 dB pour 16 Hz, 66 dB pour 32 Hz, 45 dB pour 63 Hz et de 29 dB pour 29 Hz. Le seuil de douleur se situe entre 140 dB à 20 Hz et 162 dB à 3 Hz. On n'observe pas de fatigue auditive, aussi bien pour 140 dB à 14 Hz pendant 30 minutes, que pour 170 dB entre 1 et 10 Hz pendant 30 secondes.

Mais il s'agit là d'énergies énormes, qu'on ne retrouve (hors laboratoire) que dans des explosions.

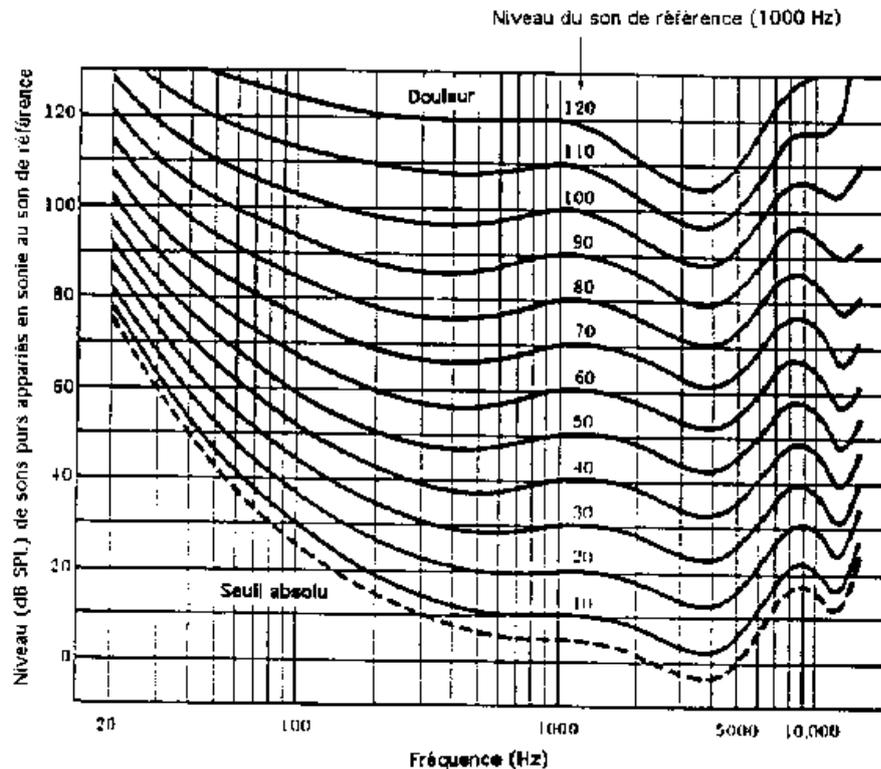


FIGURE 2 (d'après A. Dancer)

Energie nécessaire (en abscisse) pour obtenir le seuil liminaire et les seuils de sensation d'intensité équivalente, par rapport à un son de 1000 Hz servant de référence, pour différentes fréquences (en ordonnée). Les infrasons (en haut et à gauche de la figure) nécessitent une très forte intensité pour être perçus, et une intensité tout à fait hors norme pour approcher le seuil douloureux.

Les infrasons, comme les sons audibles, peuvent, eux aussi, donner naissance à des **phénomènes de résonance**; la poitrine résonne entre 40 et 60 Hz, et l'abdomen faiblement entre 4 et 8 Hz. L'ouverture de la glotte permet au contenu aérien thoracique d'entrer en résonance à 1 Hz, si bien qu'aux alentours de 165 dB on peut observer une respiration passive modulée par l'infrason.

L'oreille moyenne est la première à pâtir à mesure qu'augmente l'intensité des infrasons, parce que la membrane élastique du tympan est sensible aux variations de pression et absorbe bien mieux l'énergie que le reste du corps. On peut ainsi observer à partir de 130 dB une hyperhémie tympanique transitoire disparaissant à l'arrêt de la stimulation

Les niveaux supérieurs à 160 dB, qui pourraient entraîner des lésions cochléaires, nécessiteraient des générateurs d'une puissance et d'un encombrement totalement irréalistes en champ libre.

L'atteinte vestibulaire représente l'essentiel des phénomènes déclenchés dans l'oreille interne par les infrasons. Ces troubles reflètent la diffusion au vestibule de l'énergie délivrée, par l'étrier, aux liquides labyrinthiques. Lors d'une tympanométrie, geste de routine en audiométrie clinique, on applique une pression statique dans le conduit auditif externe, qui réalise une pression monaurale et peut entraîner un léger vertige. Toutefois, chez l'animal, l'exposition de 169 dB à 10 Hz ou de 158 dB à 30 Hz, n'induit pas de nystagmus. Chez l'homme soumis à des niveaux variant entre 142 et 150 dB, on n'observe pas non plus de nystagmus, que la stimulation soit monaurale ou bilatérale, ou soit en phase ou en opposition de phase. Cependant, des bouffées de bruit (*tone bursts*) ou des sons modulés en amplitude peuvent, en application monaurale ou dissymétrique de 125 dB, au rythme de trois par seconde, produire des mouvements oculaires rapides ou un déséquilibre transitoire.

Par ailleurs, en se rapprochant des fréquences conversationnelles, de la toux et une « sensation d'étouffement » ont été rapportées pendant l'exposition à des bruits de sirènes de 150 à 154 dB dans la gamme 50 à 100 Hz. Une gêne ne s'observe qu'avec des stimuli comportant à un spectre sonore ayant de fortes pentes aux basses fréquences (8 dB/oct), et à une intensité supérieure à celle du seuil de perception sonore. Des effets dits "psychologiques", avec manque de concentration peuvent apparaître au-dessus de 110 dB, chez le sujet sain expérimentalement soumis aux infrasons.

Dans le cas particulier des éoliennes, notons que :

- à 100 mètres d'une éolienne de 1 MW, on trouve 58 dB à la fréquence 8Hz, 74 dB à la fréquence 32 Hz, 83 dB à la fréquence 63 Hz, 90 dB à la fréquence 125 Hz ;
- les basses fréquences mesurées à 100 mètres des éoliennes se situent donc à au moins 40 dB en dessous du seuil d'audibilité.

A cette distance, l'intensité des infrasons est si faible [19] que ces engins ne peuvent provoquer ni cette gêne, ni cette somnolence liées à une action des infrasons sur la partie vestibulaire de l'oreille interne, que l'on ne peut observer qu'aux plus fortes intensités expérimentalement réalisables.

Les phantasmes nés des infrasons

Pour une certaine partie de la population, et contrairement aux ondes sonores que chacun peut percevoir, les basses fréquences se situent dans un monde mystérieux qui fait peur. Les raisons invoquées sont les suivantes :

- elles accompagnent des événements maléfiques : tonnerre, explosions, notamment nucléaires, etc.
- ces ondes se propagent très loin,
- il est très difficile de se protéger contre les ondes infrasonores qui, de l'extérieur, pénètrent très facilement à l'intérieur des bâtiments.
- les phénomènes physiologiques qu'elles peuvent engendrer aux très fortes intensités sont redoutés.

On remarquera que le grand public ignore que ces hautes intensités dont l'ingéniosité de l'homme peut être responsable (explosions d'origine diverse, bang supersonique, etc), n'ont rien à voir avec l'intensité des infrasons produits par le reste de son activité industrielle, notamment celle engendrée par les éoliennes.

Cette peur des infrasons est entretenue, notamment sur Internet, par la référence à une publication [20] datant de 1966. Ce travail ancien vient d'être analysé par G Leventhall [21] ; il en a repris tous les éléments, en en faisant méthodiquement la critique. Il a pu montrer que la méthodologie employée était inadmissible et ses conclusions inacceptables, au regard des exigences actuelles d'un travail scientifique.

Bibliographie

La bibliographie scientifique concernant la pathologie induite chez l'homme par les éoliennes est limitée.

Cette rareté est encore plus nette si on n'envisage que **l'étude d'impact des infrasons sur l'homme** : courant 2005, Medline ne recensait à ce propos que 179 articles, cette action n'étant le plus souvent qu'évoquée au sein d'une étude plus générale des effets d'une stimulation sonore. Aussi, notre enquête s'est-elle spécialement penchée sur l'état actuel des connaissances concernant les infrasons, en recevant, lors de ses différentes auditions, deux spécialistes de ces phénomènes physiques :

11. Monsieur Jacques ROLLAND, Directeur du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment à GRENOBLE ⁶
12. le Docteur Armand DANCER, Directeur de Recherches à l'Institut de Recherches Franco-Allemand de Saint-Louis ⁷

Insistons aussi, parce qu'elles sont très récentes, sur les publications originales du **First International Conference on Wind Turbine Noise: Perspectives for Control**. Elles ne sont pas encore publiées ni disponibles sur le Net, mais peuvent être consultées à la Bibliothèque de l'Académie.

Malgré le manque de rigueur scientifique de la plupart des sites sur internet qui traitent des relations entre infrasons et éoliennes, ils ne peuvent être ignorés, tant leur influence sur les populations intéressées peut être grande. A ce propos, on citera le travail paru en 2002, lisible sur <http://crrm.u-3mrs.fr/ile-rousse/2002/IleRousse2002.pdf> : « Les infrasons entre science et mythe : la bibliométrie peut-elle contribuer à clarifier une vérité scientifique controversée ? ». L'auteur, Bertrand Goujard, ingénieur, y fait une étude de la bibliographie sur Internet concernant les infrasons, qui mérite d'être lue.

- [1] Manuel préliminaire de l'étude d'impact des parcs éoliens. *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie* (Ademe), Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, février 2001, p 117.
- [2] Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens. *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie* (Ademe), Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Fév 2005, p 75-83.
- [3] KLUG H. - A review of wind turbine noise. *First International Conference on Wind Turbine Noise: Perspectives for Control proceedings*, Berlin 17-18 oct 2005, 11 p.
- [4] HENRIKSEN O.D., DEGN U., MILLER L., TOUGAARD J. - Low frequency underwater noise from offshore wind turbines: detection ranges and potential implications for marine mammals. *First International Conference on Wind Turbine Noise: Perspectives for Control proceedings*, Berlin 17-18 oct 2005, 9 p.
- [5] GAMBA R., GARRIGUES S., SENAT C. - Mapping of upwind and downwind airborne noise propagation. *First International Conference on Wind Turbine Noise: Perspectives for Control proceedings*, Berlin 17-18 oct 2005, 14 p.

⁶ C S T B - 24, rue Joseph Fourier - 38 401 Saint Martin

⁷ French-German Research Institute - ISL - 68301 Saint-Louis France.

- [6] Direction départementale des Affaires Sanitaires et sociales de Charente-Maritime, Santé-Environnement, Rapport de Synthèse des campagnes de mesures acoustiques réalisées autour du parc éolien de Saint-Crépin, La Rochelle, 19 janvier 2006.
- [7] Manuel préliminaire de l'Etude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens. *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie* (Ademe), Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, février 2001, p 117.
- [8] Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens. *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie* (Ademe), Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Fév 2005, p 77.
- [9] CHOUARD C.H., Pollution sonore de la ville. *C R Acad Sci III*, 2001 jul 324(7), 657-661.
- [10] LEVENTHALL G. - How the "mythology" of infrasound and low frequency noise related to wind turbine might have developed. *First International Conference on Wind Turbine Noise: Perspectives for Control proceedings*, Berlin 17-18 oct 2005, 15 p.
- [11] PEDERSEN E., WAYE K.P. - Human response to wind turbine noise : annoyance and moderating factors. *First International Conference on Wind Turbine Noise: Perspectives for Control proceedings*, Berlin 17-18 oct 2005, 13 p.
- [12] TOMEI F., FANTINI S., TOMAO E., BACCOLO T.P., ROSATI M.V. - Hypertension and chronic exposure to noise. *Arch. Environ. Health*, (2000), 55, 319–325.
- [13] BABISCH W., ISING H., GALLACHER J.E., SWEETNAM P.M., ELWOOD P.C. - Traffic noise and cardiovascular risk: the Caerphilly and Speedwell studies, third phase-10-year follow up. *Arch. Environ. Health*, 1999, 54, 210–216.
- [14] SOULAIRAC A. - Le bruit : aspects neuro-endocriniens. *Bull. Acad. Natl. M*, 1992, 176, 401–405.
- [15] MOURET J., VALLET M. - Les effets du bruit sur la santé. *Ministère de l'Emploi et de la Solidarité*, 1998, Comelli, Paris.
- [16] WAYE K.P. - Effects of low frequency noise on sleep. *Noise and health*, 2004, 6; 23, 87-91.
- [17] Guide de l'Etude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens. - *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie* (Ademe), Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 2005, p 75.
- [18] BERGLUND B., HASSMEN P. - Sources and effects of low-frequency noise, *J. Acoustic. Soc. Am.*, 1996, 99 (5), 2985-3002.
- [19] Low Frequency Noise and Wind , British wind energy association, feb 2005, [Turbineshttp://www.bwea.com/ref/lowfrequencynoise.html](http://www.bwea.com/ref/lowfrequencynoise.html)
- [20] GAVREAU V, CONDAT R, AND SAUL H. - Infrasons: générateur, détecteurs, propriétés physiques, effets biologiques, *Acustica*, 1966, 17, 1-10.
- [21] LEVENTHALL G. - How the "mythology" of infrasound and low frequency noise related to wind turbine might have developed. *First International Conference on Wind Turbine Noise: Perspectives for Control proceedings*, Berlin 17-18 oct 2005, 15 p.

*

* *

L'Académie, saisie dans sa séance du mardi 14 mars 2006, a adopté le texte de ce rapport à l'unanimité.

Pour copie certifiée conforme,
Le Secrétaire perpétuel,

Professeur Jacques-Louis BINET

ANNEXE K.3

CONTEXTE ET AVIS RELATIFS AUX IMPACTS SANITAIRES DU BRUIT GÉNÉRÉ PAR LES ÉOLIENNES (SYNTHÈSE)

AGENCE FRANÇAISE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DE
L'ENVIRONNEMENT ET DU TRAVAIL (AFSSET)

Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail

CONTEXTE ET AVIS RELATIFS AUX IMPACTS SANITAIRES DU BRUIT GENERE PAR LES EOLIENNES

Saisine Afsset n° 2006-005

Ce document synthétise les travaux du groupe de travail et présente l'avis de l'Afsset.

Présentation de la question posée

L'Afsset a été saisie le 27 juin 2006 par les ministères en charge de la santé et de l'environnement, afin de conduire une analyse critique du rapport de l'Académie nationale de médecine¹, évaluant le retentissement du fonctionnement des éoliennes sur la santé de l'homme. Ce dernier préconise l'introduction d'une distance minimale d'implantation de 1500 mètres pour les éoliennes d'une puissance supérieure à 2,5 MW, ainsi que l'application de la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) pour certaines installations.

Contexte scientifique

Fin 2006, plus de 72 000 MW de production électrique éolienne étaient opérationnels à travers le monde. La croissance globale de la filière a été de plus de 24% par an ces cinq dernières années. Au niveau européen, la France dispose du second gisement éolien après le Royaume-Uni, Pour la seule métropole, la puissance installée fin 2007 atteint 2700 MW.

La France compte environ 250 parcs éoliens et 2000 éoliennes ; 20 des 22 régions sont dotées de parcs éoliens, avec en tête les régions Centre et Languedoc-Roussillon disposant respectivement 315 et 281 MW. Puis les régions Bretagne (257 MW), Picardie, Champagne-Ardenne et Lorraine (plus de 150 MW chacune). Le secteur poursuit son développement rapide.

La puissance unitaire moyenne des éoliennes installées est en croissance forte depuis quelques années. La machine standard actuelle délivre une puissance de 2 MW (éolienne équipée d'un rotor de 80 mètres de diamètre monté sur une tour de 70 à 100 m de haut). Les réalisations à venir sont de 2,5 MW voire 3 MW. La tendance est à l'installation de parcs éoliens avec des machines moins nombreuses mais plus puissantes: les plus grandes atteindront bientôt 5 MW.

Malgré l'intérêt croissant pour les énergies renouvelables, la population s'interroge sur les impacts environnementaux et sanitaires éventuels consécutifs à l'implantation d'éoliennes. En particulier, de nombreux riverains d'installations futures mettent en avant le bruit généré par les éoliennes pour refuser l'installation de nouveaux parcs.

¹ « Le retentissement du fonctionnement des éoliennes sur la santé de l'homme », du 14 mars 2006.

Organisation de l'expertise

L'Afsset a présenté la saisine au Comité d'Experts Spécialisés (CES) « Evaluation des risques liés aux agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements ». Ce dernier a mandaté un groupe de travail « Impacts sanitaires du bruit généré par les éoliennes », constitué d'experts tous membres du CES, pour la réalisation des travaux d'expertise. Le CES a avalisé l'analyse préalable de la saisine et s'est prononcé sur sa recevabilité en sa séance du 24 octobre 2006.

La réalisation de l'expertise proprement dite et la rédaction du rapport ont été assurées par le groupe de travail constitué. Il est rappelé ici que, dans la mesure où la commande des ministères auprès de l'Afsset n'est pas une évaluation de risque sanitaire, la prise en charge de la saisine par le CES n'est pas nécessaire.

Ces travaux d'expertise sont issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires. Ils ont été réalisés dans le respect de la norme NF X 50-110 « qualité en expertise ».

DESCRIPTION DE LA METHODE

De nombreux professionnels du secteur éolien (constructeurs, développeurs et gestionnaires de parcs) ont été interrogés afin de connaître leur position par le moyen d'une liste de questions. Toutefois, ces professionnels n'ont pas souhaité répondre individuellement et directement à l'Afsset. Nous avons en conséquence chargé le syndicat des énergies renouvelables (SER) de demander aux professionnels de répondre à nos questions et de centraliser les réponses. Le SER a fait parvenir au groupe de travail son positionnement ainsi qu'une réponse globale aux questions posées.

Du fait de la réponse des industriels par l'intermédiaire du SER, il n'a pas été possible de comparer les analyses des différents intervenants de la filière (constructeurs, aménageurs...) au regard de la prise en compte du problème du bruit. Les quelques réponses reçues par le syndicat, ont été intégrées à ce rapport.

En outre le SER a organisé pour le groupe de travail en mai 2007 une visite de deux parcs éoliens récemment installés dans le département d'Eure et Loir.

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe) a été sollicitée pour contribuer à ce rapport sous la forme d'une prestation de service, conformément aux termes de la saisine. L'Ademe a apporté au groupe de travail de nombreuses informations relatives essentiellement :

- au développement de la filière éolienne : état des lieux et perspectives ;
- aux réglementations applicables aux éoliennes en matière de niveau de bruit ;
- à l'évaluation du bruit généré par les éoliennes ;
- aux niveaux sonores mesurés chez les riverains ;
- aux résultats d'une enquête par questionnaire auprès des DDASS.

CRITERES DE QUALITE D'EXPERTISE

Pour être pris en compte dans ce rapport, les travaux scientifiques doivent avoir fait l'objet d'une publication écrite dans une revue internationale après avis d'un comité scientifique de lecture, même si toutes ces revues ne sont pas de qualité équivalente. La recherche bibliographique a été réalisée par consultation de la bibliographie des rapports internationaux sur le sujet et par consultation des bases de données bibliographiques habituellement utilisées par les scientifiques. Les rapports d'études importantes ou de synthèse rendus

publics ont également été analysés. Les communications faites à l'occasion de congrès et colloques et ne donnant pas lieu à publication n'ont pas été prises en compte.

Chaque article a été examiné à partir de critères de qualité correspondant au champ d'expertise : par exemple, en épidémiologie, les critères de qualité reposent sur la représentativité des sujets étudiés, la maîtrise des biais, la qualité du recueil d'informations, le choix des indicateurs d'exposition et la prise en compte des facteurs confondants, la qualité de l'analyse statistique et la puissance de l'étude dépendant notamment du nombre de sujets inclus dans l'étude.

Chaque expert a été chargé de rédiger une contribution dans son champ d'expertise, certaines parties ayant fait l'objet d'une concertation entre plusieurs experts. Les textes ont été soumis à l'appréciation de l'ensemble du groupe, les conclusions et les propositions ont été rédigées collectivement par le groupe de travail. Les conclusions se sont appuyées sur le poids de la preuve incluant la qualité scientifique des études, leur répliquabilité, la cohérence des études entre elles, etc.

Dans le cas où un expert a jugé nécessaire de consulter une personne extérieure reconnue pour ses compétences, la prise en compte éventuelle des informations fournies est à la seule appréciation de l'expert : ces informations ne font pas l'objet de mentions spécifiques dans le rapport. Deux relecteurs scientifiques extérieurs au groupe de travail ont été sollicités pour relire et commenter les différentes étapes de l'élaboration du rapport.

Conclusions et recommandations de l'expertise collective

CONCLUSIONS

Il apparaît que les émissions sonores des éoliennes ne sont pas suffisantes pour générer des conséquences sanitaires directes en ce qui concerne les effets auditifs. S'agissant des expositions extérieures, ces bruits peuvent, selon les circonstances, être à l'origine d'une gêne, parfois exacerbée par des facteurs autres que sonores, influant sur l'acceptation des éoliennes (p.ex esthétiques, ou d'aménagement du paysage). Divers effets extra auditifs, quoique difficilement quantifiables ou attribuables de façon univoque à une source de bruit unique, peuvent être associés à ce type d'exposition (stress ou troubles du sommeil, par exemple). A l'intérieur des habitations, fenêtres fermées, on ne recense pas de nuisances - ou leurs conséquences sont peu probables au vu des bruits perçus.

L'examen des données relatives aux niveaux de bruit mesurés au voisinage des éoliennes, des simulations de propagation du son et des enquêtes de terrain montre que la définition à titre permanent d'une distance minimale d'implantation de 1500 m vis à vis des habitations, même limitée à des éoliennes de plus de 2,5 MW, n'est pas représentative de la réalité des risques d'exposition au bruit et ne semble pas pertinente.

Il paraît plus judicieux de recommander une étude locale systématique préalablement à toute décision. A cet effet, on dispose actuellement de possibilités d'étude fines et de simulations qui, par la prise en compte d'un certain nombre de caractéristiques physiques (météorologie, effet de sol, etc.), permettent de s'assurer du respect de la réglementation et de l'environnement des riverains proches ou éloignés, avant la mise en place d'un parc éolien.

La recherche du consensus local et de solutions à la fois socialement acceptables et économiquement viables, conduit à envisager la mise à disposition systématique des éléments de l'étude d'impact aux parties concernées, selon les modalités adaptées à l'application du décret relatif aux bruits de voisinage.

Au moment où il est envisagé d'intégrer les éoliennes dans le champ d'application des ICPE, il convient de souligner que l'application *stricto sensu* de cette réglementation poserait la difficulté du respect des niveaux sonores en limite de propriété industrielle. Cela pourrait conduire à une incohérence qui ferait peser des contraintes acoustiques insurmontables au pied de chaque éolienne composant un parc. Ces textes devront donc être adaptés le cas échéant pour le cas particulier des éoliennes.

Il conviendrait plutôt de perpétuer l'évaluation de l'impact sonore des éoliennes à partir des *émergences*, caractérisant le dépassement de bruit par rapport au niveau sonore ambiant², selon la méthodologie désormais bien connue des riverains.

RECOMMANDATIONS

Le groupe de travail recommande la mise en place d'un cahier des charges de l'étude d'impact comprenant une modélisation fine de l'impact acoustique. Le calcul de l'émergence réalisé lors de cette étude permet d'évaluer les éventuelles conséquences sanitaires indirectes avant installation d'un parc éolien, ainsi qu'une vérification administrative obligatoire de cette étude acoustique.

Il s'agit plus particulièrement de :

- définir un périmètre d'étude : indiquer toutes les zones susceptibles d'être concernées par le bruit des éoliennes, même celles qui ne sont pas habitées ;
- Chiffrer les niveaux et durées d'impact des zones concernées en fonction des conditions météorologiques prévisibles sur l'année ;
- Indiquer les mesures prises par l'exploitant du parc éolien en cas de dépassement de l'émergence autorisée ;
- Rendre la cartographie des zones d'impact d'un site éolien disponible en mairie ;
- Imposer pour les études d'impact d'autres projets de tenir compte d'une incidence éventuelle d'un parc existant dans les zones d'impact du parc éolien projeté.

En outre, la méthode d'appréciation de l'impact du niveau sonore sur l'environnement, fondée sur les émergences entre niveau résiduel et niveau ambiant apparaît concentrer toutes les difficultés mises en avant par les développeurs d'éoliennes.

La recherche de la simplicité en matière réglementaire devrait également conduire à engager des efforts de clarification en ce qui concerne les critères de nuisances. Un tel résultat passe par un approfondissement des connaissances en matière de critères de gêne due au bruit.

Le Président du groupe de travail, Michel RUMEAU, adopte le rapport d'expertise collective lors de sa séance du 22 octobre 2007 et fait part de cette adoption à la direction générale de l'Afsset.

² L'émergence correspond à la différence arithmétique entre le niveau de bruit ambiant et le niveau de bruit résiduel.

AVIS DE L'AFSSET RELATIF AUX IMPACTS SANITAIRES DU BRUIT GENERE PAR LES EOLIENNES

Il est important de rappeler, au préalable, que les considérations des membres du groupe de travail et de l'Agence couvrent l'intégralité des parcs éoliens nationaux et non pas seulement ceux composés d'éoliennes de puissance supérieure à 2,5 MW, qui font l'objet d'une recommandation de distance minimale d'implantation de la part de l'Académie nationale de médecine.

L'Agence est en accord avec l'ensemble des conclusions et recommandations présentées dans le rapport du groupe de travail et en propose les modalités d'application présentées ci-après.

L'article 98 de la loi n°2003-590 du 2 juillet 2003, prévoit la réalisation d'une notice ou d'une « étude d'impact environnemental³ » préalablement à la construction de parcs éoliens. Le ministère en charge de l'environnement a publié conjointement avec l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe), un guide relatif à ces études d'impacts⁴, en proposant un cadre d'action et une démarche pour son application.

Cahier des charges de l'impact acoustique des éoliennes

Aucun cahier des charges n'a été défini ou mis en place dans le cadre du guide proposé, en ce qui concerne les impacts acoustiques. L'Agence préconise d'en établir un, portant spécifiquement sur les études d'impacts acoustiques environnementaux des parcs éoliens. Celui-ci devrait comprendre les éléments techniques suivants :

- les paramètres utilisés pour la modélisation des phénomènes acoustiques,
- le périmètre géographique de l'étude d'impact,
- les modalités d'estimation des durées d'impact,
- les évolutions en cours et futures à proximité du site et de la zone d'impact associée.

MODELISATIONS DES PHENOMENES ACOUSTIQUES

La prise en compte des phénomènes acoustiques et de la propagation du son nécessite une étape de modélisation. Cette dernière permet d'intégrer, dans l'étude d'impact, l'ensemble des paramètres à l'origine de variations d'émergence. La sélection d'un logiciel de simulation adapté tiendra donc compte de l'état des connaissances (état de l'art) disponibles dans le domaine de la propagation sonore à la date de l'étude d'impact. L'outil sélectionné devrait permettre, *ad minima*, de prendre en compte l'ensemble des effets relevés comme influents dans le présent rapport, à savoir :

- les effets de sol, dont la végétation,

³ Article L122-1 du Code de l'Environnement : une étude d'impact est « préalable à la réalisation d'aménagements ou d'ouvrages qui, par l'importance de leurs dimensions ou leurs incidences sur le milieu naturel, peuvent porter atteinte à ce dernier, doivent comporter une étude d'impact permettant d'en apprécier les conséquences »

⁴ Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens : http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_eolien.pdf

- la topographie,
- les conditions météorologiques, dont l'hygrométrie, la vitesse et la direction du vent.

Il semble essentiel de prendre en compte également les conditions de mesure, comme par exemple celles à l'intérieur ou à l'extérieur des habitations, dans la méthodologie d'appréciation de l'impact sonore des éoliennes.

DEFINITION DU PERIMETRE GEOGRAPHIQUE

La prise en compte d'un unique critère, par exemple, la distance parc éolien - habitation, comme le recommande l'Académie nationale de médecine, risque d'engendrer une surestimation ou une sous-estimation de l'impact acoustique du projet.

Pour y remédier, il apparaît nécessaire d'établir un périmètre d'étude adapté, quelles que soient les spécificités de chacun des parcs éoliens. Pour ce faire, l'Agence recommande de définir le périmètre de la zone d'étude selon un critère défini par la prise en compte de toutes les zones, habitées ou non, au sein desquelles une émergence est susceptible d'être mesurée⁵.

Ce critère sélectif constitue un facteur de protection pour les riverains des zones avoisinant les parcs éoliens, dans la mesure où il permet d'adapter l'étude au contexte et aux spécificités locales comme, par exemple, des bruits résiduels à variabilité saisonnière (faune et flore) ou une implantation géographique particulière (bord de mer, etc.).

MODALITES D'ESTIMATION DES DUREES D'IMPACT POUR LES RIVERAINS EXPOSES

Il apparaît fondamental de référencer deux modèles d'estimation des durées d'impact acoustique dans le cahier des charges :

- un modèle (1) fondé sur l'utilisation des conditions défavorables (conditions de force de vent, de direction, de topographie),
- un modèle (2) fondé sur les conditions météorologiques prévisibles sur l'année.

Le modèle (1) simule l'impact acoustique du parc éolien, sous l'hypothèse des conditions les plus défavorables et ce, en tout point de la zone d'étude, telle que définie précédemment. Les résultats issus de ce modèle représentent donc une situation maximaliste qui n'est pas représentative de l'exposition moyenne des riverains.

Le modèle (1) a pour but de déterminer le périmètre d'étude, en incluant l'ensemble des zones susceptibles de remplir la condition d'une émergence mesurable. Le périmètre ainsi défini permet d'identifier le maximum de zones potentiellement impactées par l'exposition.

Le modèle (2) permet d'estimer l'exposition annuelle moyenne de la zone préalablement définie. Ce sont les données obtenues à partir de ce second modèle qui doivent être utilisées pour chiffrer les durées d'exposition des riverains.

Le cahier des charges de l'étude d'impact devrait tenir compte de l'utilisation de ces deux modèles successifs. Cette démarche permet de ne pas exclure du périmètre de l'étude d'impact les habitations implantées au-delà de 1500 mètres de la source, si elles sont concernées par la gêne sonore, notamment en raison de spécificités géographiques ou climatiques.

⁵ Il est utile de rappeler que les niveaux significatifs d'émergence pouvant être mesurés sont de l'ordre du décibel

LES EVOLUTIONS EN COURS ET FUTURES DU SITE ET DE LA ZONE D'IMPACT ASSOCIEE

Les autres projets futurs d'aménagement, prévisibles lors de l'étude d'impact et susceptibles de modifier l'ambiance sonore et/ou les conditions de propagation du son dans la zone d'étude (nouvelles infrastructures par exemple), constituent des éléments essentiels à prendre en compte lors de la délimitation de la zone d'impact.

Le cahier des charges pourrait suggérer d'analyser les dossiers en cours d'instruction à la mairie en vue d'en extraire l'ensemble des éléments techniques à intégrer lors de la modélisation.

Encadrements réglementaires

L'état des lieux des réglementations d'autres pays a permis de déceler que la réglementation française est généralement plus protectrice à l'égard des riverains que les autres textes en vigueur reposant sur des niveaux sonores absolus, ou, moins souvent, sur des critères d'émergence.

Au niveau national, l'Agence partage pleinement les réserves du groupe de travail en ce qui concerne l'usage de la réglementation des ICPE en l'état, qu'il faudrait faire évoluer, si le gouvernement décidait de prendre cette base.

L'Agence suggère de ne pas recourir à l'élaboration d'une législation spécifique aux éoliennes, mais recommande d'utiliser la réglementation relative au bruit de voisinage⁶, il serait néanmoins nécessaire de l'adapter. Ce texte réglementaire de portée générale, tient compte de la propagation du son et de la protection des riverains des parcs éoliens et participe de la conservation d'une réglementation simple.

Propositions de recherche

En vue de poursuivre l'approfondissement des connaissances dans le domaine de l'évaluation de la gêne⁷ due aux bruits, il convient de définir si les critères retenus dans la réglementation sont adaptés aux propriétés spectrales du bruit des éoliennes, notamment dans le domaine des infrasons. Certaines sources de bruit, comme le bruissement associé au passage des pales, sont potentiellement une source de gêne pour les riverains. Des critères comme le spectre, la tonalité et le caractère impulsionnel du bruit des éoliennes, ne sont actuellement pas pris en compte dans la réglementation. Pour identifier le mode d'action de ces propriétés sur les nuisances de l'émergence, il convient d'en étudier les effets.

C'est pourquoi, l'Agence propose de rajouter ce thème à son prochain Appel à Projet de Recherche (APR).

A terme, une meilleure connaissance des gênes potentielles, pourrait permettre d'affiner les critères d'appréciation des nuisances – sonores ou non – dues aux parcs éoliens.

Maisons-Alfort, le 27 Mars 2008



Dr Michèle FROMENT-VEDRINE

⁶ Décret n° 2006-1099 du 31 août 2006 et l'arrêté d'application du 5 décembre 2006.

⁷ Sensation de désagrément, de déplaisir provoqué par un facteur d'environnement dont l'individu ou le groupe connaît ou imagine le pouvoir d'affecter sa santé (définition OMS).