

**IMPACTS SANITAIRES DU BRUIT
DES CENTRALES ÉOLIENNES
INDUSTRIELLES**

Laxisme de la réglementation

Étude rédigée par :

Jean-Pierre Abalain
*Ingénieur Général du Génie
Maritime (2^{ème} Section)*
Membre de la SPPEF

Jean-Yves Chazal
Ingénieur École Navale
Membre de Vent des Volcans

Bernard Schumpp
Ingénieur INSA-Lyon
Membre d'EVENT

Juin 2007

SOMMAIRE

Sait-on juger de l'impact du bruit des aérogénérateurs ?	1
<i>La réglementation sur les bruits de voisinage est-elle adaptée à la gêne causée par les bruits éoliens ?</i>	<i>1</i>
<i>La simulation numérique représente-t-elle indiscutablement les phénomènes en cause ? Ses résultats sont-ils précis et probants ?</i>	<i>1</i>
<i>Les résultats des mesures d'intensité de bruit intrinsèque des lieux de vie d'une part, des intensités de bruits des centrales éoliennes d'autre part, sont-ils précis et probants ?.....</i>	<i>3</i>
<i>La mise en phase du bruit impulsif.....</i>	<i>4</i>
Annexe I - Quelques informations pour démystifier l'acoustique.....	I
Annexe II - Observations au chapitre 6 Bruits et Santé Publique, du " Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens "	VII
Annexe III - Les nuisances émergent.....	IX
Annexe IV - Plaintes des riverains d'Ally	X

Impacts sanitaires du bruit des centrales éoliennes industrielles

Lettre à l'AFSSET

Agence française de sécurité sanitaire environnementale

94704 Maisons-Alfort CEDEX

Le groupe de travail que nous avons constitué pour réaliser une étude, en mars 2007, sur "[La Sécurité publique des centrales éoliennes industrielles](#)", a, à la suite, entrepris des études sur **le bruit des aérogénérateurs industriels**.

Suivant un schéma très classique, en la matière, nous avons étudié les aspects suivants :

- La propagation
- La perception
- Le " ressenti ".

La propagation et une partie de la perception relèvent des lois de la physique, le " ressenti " du domaine physiologique.

Nos connaissances et notre expérience nous permettent d'aborder les phénomènes physiques, en revanche étant incompétents dans le domaine médical, nous avons analysé dans un contexte éolien, l'étude précieuse de l'AFSSET sur "[L'impact sanitaire du bruit](#)".

Nous avons tout d'abord, pris connaissance du rapport de l'Académie Nationale de Médecine relatif au "[Retentissement du fonctionnement des éoliennes sur la santé de l'homme](#)".

et avons appris que l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail avait été saisie le 27 juin, conjointement par les Ministères de la Santé et des Solidarités et de l'Environnement et du Développement Durable pour, dans un délai de 3 mois :

- conduire une analyse critique du contenu de ce rapport et de ses recommandations,
- évaluer la pertinence de la fixation d'une distance minimale d'implantation des éoliennes de 1 500 m par rapport aux habitations,
- proposer le cas échéant une valeur différente.

Par mail du 12 mars 2007, vous nous avez indiqué que vous espériez pouvoir publier ce rapport en juin 2007.

D'ici là, nous souhaitons vous faire part de nos réflexions sur des points que nous avons rarement vu développés pour les bruits éoliens et qu'il nous semble absolument indispensable que vous les preniez en compte dans la réflexion que vous conduisez actuellement.

Les nombreux contacts que nous avons avec les riverains des centrales éoliennes nous permettent de collecter les observations sur le terrain, de les analyser et dans la plupart des cas de les expliquer.

Pour alimenter plus systématiquement les observations, nous avons établi un questionnaire suffisamment simple pour qu'il soit rempli par les riverains dans les divers cas de perception dépendant essentiellement de la position de l'observateur, de la direction et de la force du vent, et de la température et de l'hygrométrie.

Impacts sanitaires du bruit des centrales éoliennes industrielles

- **Les facteurs hygrométrie et température**

Notre attention a été attirée par une remarque systématique des riverains des centrales éoliennes :

" L'intensité du bruit est 4 à 6 fois plus forte lorsque le temps est brumeux, pluvieux, ou que les nuages sont bas "

L'analyse de l'influence de l'hygrométrie et de la température de l'air que nous présentons en annexe montre une variation significative de la propagation et un accroissement notable de la distance de perception.

- **Le facteur impulsif particulier aux éoliennes**

L'importance de ce facteur a été évoquée dans des documents, que nous joignons en annexe.

Nous en avons fait une étude plus systématique pour arriver à la conclusion qu'elle avait une influence déterminante sur la perception du bruit et que cela remet en cause les normes actuellement appliquées et les processus de mesures de bruit qui devraient être spécifiques aux centrales éoliennes.

Il est à remarquer que la France se signale par l'originalité des critères qu'elle applique aux bruits de voisinage, lesquels sont utilisés pour les bruits éoliens. Alors que la plupart des pays européens appliquent, pour les éoliennes notamment, un critère de niveau de bruit maximal en dB(A) à ne pas dépasser, c'est, en France, un niveau d'émergence maximale qui est utilisé, niveau établi par des mesures de niveaux LAeq.

Il s'en déduit qu'il est absolument indispensable que le niveau de bruit intrinsèque des lieux susceptibles d'être gênés par le bruit éolien, doit être mesuré avec précision dans de nombreuses circonstances (jour, nuit, direction et force du vent, variation du couvert végétal, variation de l'activité animale - grillons, grenouilles, ...) ce qui complique énormément le problème et le rend inextricable.

Les mesures de niveau de bruit intrinsèque font - nous l'avons constaté au cours des procédures judiciaires en cours dont nous avons eu connaissance - l'objet de très nombreuses contestations systématiques par les exploitants éoliens. Les autorités judiciaires appelées à juger des conflits en cause, et qui ne perçoivent pas cette difficulté, sont mises dans une position difficile où elles ne parviennent pas à distinguer la chèvre du chou !

S'aligner sur les critères étrangers en matière de bruit éolien, en définissant un niveau de bruit maximal à ne pas dépasser et en se fondant sur le niveau de bruit de crête dans l'impulsion de bruit et non pas sur son niveau moyen, aurait le mérite d'introduire dans ce domaine une simplification propre à rendre un peu de sérénité dans ce domaine difficile.

Ayant pris en compte les autres facteurs mieux connus qui agissent sur la propagation du bruit, sources d'émission, vent, fréquences, configuration du terrain, nous estimons qu'il est, dans l'état actuel des études, possible d'expliquer les phénomènes et les variations considérables de perception pour des centrales éoliennes existantes ; mais que pour les projets il n'est pas possible de prévoir même avec une marge d'erreur importante, quel sera l'impact du bruit.

Jean-Pierre Abalain
*Ingénieur Général du Génie
Maritime (2^{ème} Section)*
Membre de la SPPEF

Jean-Yves Chazal
Ingénieur École Navale
Membre de Vent des Volcans

Bernard Schumpp
Ingénieur INSA-Lyon
Membre d'EVENT

Sait-on juger de l'impact du bruit des aérogénérateurs ?

La réglementation sur les bruits de voisinage est-elle adaptée à la gêne causée par les bruits éoliens ?

Le bruit des aérogénérateurs se présente, sensiblement, comme un bruit à large spectre énergétique, d'origine aérodynamique, auquel se superposent des raies sonores (fréquences d'engrènement des réducteurs, nombre d'encoches des machines électriques, etc.) variables suivant le type des machines. Ce bruit est modulé à la fréquence de passage des pales devant la tour des machines. Lors du passage d'une pale devant la tour, les veines d'air sont déviées par la présence de cette tour sur laquelle elles occasionnent une augmentation passagère de pression qui crée un choc acoustique, lequel génère un bruit impulsionnel. C'est ce bruit impulsionnel qui est très majoritairement perçu comme la gêne principale de voisinage causée par le bruit éolien.

Les hélices tripales tournant à une vitesse d'environ 28 tours par minute, la fréquence de ce bruit impulsionnel sera voisine de 1,4 hertz ; sa durée sera de l'ordre de 0,1 seconde. Le bruit émis est donc, principalement, un bruit impulsionnel de durée égale à environ 0,1 seconde, se répétant environ toutes les 0,7 seconde. Compte tenu de sa durée, ce bruit aura un spectre énergétique très riche en fréquences basses, donc susceptibles de se propager sans grandes pertes par absorption et d'incommoder des personnes vivant à grande distance des machines. Le bruit d'une éolienne est très semblable à celui produit par un hélicoptère : ici les pales de l'hélice, également tripale le plus généralement, passant au dessus de la partie arrière du fuselage, produisent ce même bruit impulsionnel caractéristique ; la vitesse de rotation de l'hélice étant plus élevée, la fréquence de répétition du bruit impulsionnel est plus élevée que dans le cas d'un aérogénérateur.

Les bruits de voisinage sont soumis à la réglementation du Code de la Santé Publique (article R 1336-9 et son annexe 13-10). Ses règles ont été manifestement déterminées pour des bruits à caractère continu dans le temps (bruit d'un moteur constamment en fonctionnement par exemple et dont l'intensité est quasi constante). Le critère appliqué pour déterminer l'acceptabilité ou non d'un bruit est fondé sur son émergence, laquelle est déterminée par une différence entre des niveaux LAeq qui la caractérisent. Or, ces niveaux LAeq sont des niveaux moyens déterminés sur des temps de mesure très longs, généralement avec une constante de temps d'intégration rapide (position « fast » des sonomètres) alors que c'est le niveau de crête (position « impulse » des sonomètres) qui devrait être mesuré. Cette réglementation est inadaptée, car elle ne tient aucun compte, ni des caractéristiques du bruit dominant généré par les aérogénérateurs - bruit impulsionnel et non pas bruit continu -, ni de la sensibilité particulière des humains aux bruits ayant cette caractéristique.

Ceci revient à appliquer à un bruit semblable à celui des coups de marteau donnés par un forgeron sur son enclume, une règle adaptée au bruit continu généré par un moteur par exemple ! Il est indispensable que les critères qui fondent l'acceptabilité des bruits éoliens soient déterminés, non par le dépassement de la valeur moyenne du bruit par rapport au bruit de fond, mais par le dépassement de la valeur crête du bruit par rapport au bruit de fond.

La simulation numérique représente-t-elle indiscutablement les phénomènes en cause ? Ses résultats sont-ils précis et probants ?

Si la détermination du niveau sonore en espace libre et à grande distance (en nombre de longueurs d'ondes) ne pose pas de difficultés, la création d'un modèle de bruit rayonné par une centrale éolienne est délicate car on se trouve près du sol et en zone proche. De nombreuses hypothèses doivent être faites, dont les suivantes :

- À partir du bruit global relevé par le constructeur en champ lointain (c'est à dire à des distances très supérieures aux dimensions transversales de l'aérogénérateur), comment répartir la puissance spectrale de bruit le long des pales (pour le bruit dû à l'écoulement de l'air) ? Quelle puissance spectrale affecter aux raies qui ont leur origine dans la nacelle ? De plus la réglementation appliquée en matière de bruits éoliens est, dans les autres pays européens, différente de la réglementation française. Les fabricants d'éoliennes, tous étrangers, ne mesurent le bruit de leurs machines que de manière limitée, qui ne convient pas à la réglementation française. Le plus souvent les spectres énergétiques ne sont pas connus par tiers d'octave ni pour des vitesses de vent inférieures à 6 m/s : les porteurs de projets créent donc, ex nihilo, de toutes pièces ces données et les appliquent sans le moindre commentaire sur l'insuffisance de ces données fondamentales.
- Comment définir le couplage entre le bruit aérodynamique et la tour afin de déterminer le niveau de bruit impulsionnel évoqué précédemment et comment en répartir la puissance le long de la tour ? **Il semble bien que cet aspect essentiel soit complètement occulté par les différents modèles disponibles sur le marché.**

Impacts sanitaires du bruit des centrales éoliennes industrielles

- Quelles valeurs donner à la température et l'hygrométrie qui vont gouverner l'absorption atmosphérique moléculaire. Cette absorption est la conséquence de dissipation d'énergie dans les mouvements des molécules d'air par suite de la viscosité, de l'échauffement de l'air dû à la pression acoustique notamment. Elle se traduit par une atténuation de transmission qui varie énormément en fonction de la fréquence, de la température et du degré hygrométrique. Elle n'intervient pratiquement pas lorsque la distance entre la source et l'observateur est faible, mais devient importante lorsque les distances sont supérieures à la centaine de mètres ce qui est toujours le cas pour les bruits éoliens. Par exemple, cette atténuation est de ¹:
 - 3,12 dB pour 400 mètres à 2.000 hertz, 20 degrés et 60% d'humidité
 - 28,16 dB pour 400 mètres à 8.000 hertz, 20 degrés et 60% d'humidité
 - 60,4 dB pour 400 mètres à 12.500 hertz, 20 degrés et 60% d'humidité

Si l'on s'intéresse à la variation de cette atténuation en fonction de l'hygrométrie, on constate par exemple :

- pour des hygrométries assez importantes, supérieures à 50%, et des fréquences inférieures à 500 hertz, une quasi stabilité de l'atténuation. Par contre, pour une température de 0 degré, l'atténuation passe de 1,12 dB/400 mètres pour une hygrométrie de 40% à 3,52 dB/400 mètres pour une hygrométrie de 10%
- pour une fréquence de 1.000 Hz et une température de 5 degrés, l'atténuation passe de 2,20 dB/400 mètres pour une hygrométrie de 40% à 8,24 dB/400 mètres pour une hygrométrie de 10%
- pour une fréquence de 2.000 Hz et une température de 12 degrés, l'atténuation passe de 5,6 dB/400 mètres pour une hygrométrie de 40%, à 16,64 dB/400 mètres pour une hygrométrie de 10%.

On est donc amené à conclure que les conditions d'hygrométrie et de température font varier de manière très importante cette atténuation. **Un temps humide et chaud favorisera une transmission à faible pertes ; un temps froid et sec déterminant, au contraire, de fortes pertes.**

Or les études d'impact se gardent bien de choisir des conditions de température et d'hygrométrie variées, pour se focaliser sur des conditions augmentant les pertes d'absorption, ce qui va diminuer le bruit calculé au niveau des lieux de vie impactés.

- Les réflexions qui se produisent sur le sol, les différents obstacles. Le niveau reçu par l'observateur résulte de l'addition vectorielle de l'onde sonore directe, des diverses ondes réfléchies sur les différents obstacles (qui dépendent de la forme de ces derniers et des coefficients de réflexion choisis), et de l'onde de sol dont l'amplitude dépend au premier chef des caractéristiques du sol (type de culture et état de croissance). Quelles hypothèses retenir pour rendre compte de ces réflexions; même question pour représenter les phénomènes de diffraction autour des arêtes du sol ou des obstacles ?
- L'influence du profil vertical de température qui va modifier la célérité du son et occasionner, au lieu d'une propagation en ligne droite, une courbure des rayons sonores.
- De même un gradient vertical de vitesse du vent entraînera une autre courbure des rayons sonores.
- Un gradient de température positif ou un vent portant vers l'observateur incurvera les rayons sonores vers le sol et réciproquement.
- Les effets des turbulences atmosphériques que l'on regroupe sous le titre « effets météorologiques ».

En conclusion, la propagation d'une onde sonore est gouvernée, d'abord par de nombreux phénomènes qui peuvent avoir des représentations très différentes en simulation numérique, ensuite par de nombreux paramètres qui ont tous des domaines de variation importants. Il en découle qu'il existe donc une variété étendue de modèles qui, à l'évidence, donneront tous, en fonction des réponses aux questions précédentes, des résultats différents qui se justifieront pas plus les uns que les autres.

La précision des prévisions faites est donc toute relative : elle est certainement supérieure à 3 décibels - quantité dont on rappelle qu'elle détermine l'émergence autorisée de nuit -. De plus, aucun logiciel de prévision n'a fait l'objet d'une confrontation entre les prévisions du modèle et les résultats observés dans le réel.

Pour exemple, le progiciel « Windpro » (se reporter au site internet <http://www.emd.dk/WindPRO/Modules>), utilisé par de nombreux promoteurs pour étayer par des chiffres leur projet, comprend un module « Décibel » pour les prévisions de niveau sonore, lequel inclut **cinq modèles différents** de calcul entre lesquels l'utilisateur a le choix sans

¹ **Note** : tous les chiffres qui sont indiqués dans ce paragraphe sont extraits de l'ouvrage « American Institute of Physics Handbook » 3^{ème} édition ; pages 3-78 à 3-85.

Impacts sanitaires du bruit des centrales éoliennes industrielles

compter les possibilités de réglage des paramètres de chaque module et évoqués plus haut. **Il est évident qu'il choisira d'utiliser le module et les valeurs de paramètres qui lui donneront les résultats les plus favorables.**

Les dispositions légales ont fixé à 3 dB de nuit et 5 dB de jour les émergences maximales tolérées. Pour tout problème de mesure, lorsque l'on recherche une précision donnée du résultat (ici une précision minimale meilleure que 3 dB, quantité qui doit être mise en évidence), il est recommandé d'utiliser un protocole et des instruments de mesure qui garantissent une précision de l'ordre du dixième de la précision recherchée pour les mesures à faire. Mais, on constate, au rebours de ce principe, que la manière dont les phénomènes vont être traduits par des équations dans les modèles numériques vont induire des différences très importantes, différences qui sont confirmées par la présence de nombreux modèles dissemblables sur le marché et qui sont tous utilisés au gré des porteurs de projets ; que les variations de température et d'hygrométrie, qui peuvent être choisies par le porteur de projet, autorisent des variations des résultats obtenus infiniment supérieures à la précision recherchée.

La conclusion qui s'impose à l'issue de cet examen est que les simulations numériques qui sont jointes aux études d'impacts présentées à l'appui des dossiers de demande de permis de construire de projets éoliens, constituent, actuellement, une démarche pseudo-scientifique, dont les résultats sont dotés d'une telle marge d'erreur qu'il est urgent de normaliser radicalement la manière dont ces simulations doivent se conduire.

Le minimum qui puisse être fait en la matière est que l'administration, constatant la variété de modèles prévisionnels laissés au libre choix des porteurs de projet, constatant également que les marges d'incertitude qui en découlent ont, au minimum, une amplitude du même niveau que les seuils d'émergence tolérés, **retienne un seul et unique modèle mathématique** – celui qui lui semblera le plus adéquat – **après qu'il ait fait, par ses soins, l'objet d'une confrontation entre les prévisions et la réalité et que l'utilisation de cet unique modèle soit obligatoire dans toutes les études d'impact.**

Les résultats des mesures d'intensité de bruit intrinsèque des lieux de vie d'une part, des intensités de bruits des centrales éoliennes d'autre part, sont-ils précis et probants ?

Les observations qui ont été faites sur la variabilité de l'absorption atmosphérique au paragraphe précédent, sont également valables ici. Les températures et hygrométrie lors des mesures, qu'elles soient relatives au bruit intrinsèque des lieux de vie ou qu'elles comprennent le bruit éolien, détermineront au premier chef les résultats qui seront présentés. L'incertitude actuelle permet aux porteurs de projet, sans que quiconque en fasse la remarque, de choisir les conditions de mesure ; le moins que l'on puisse penser est qu'ils ne le font pas à leur détriment !

On rappelle que les sites éoliens présentent seuls, pour la question des bruits de voisinage, la particularité d'avoir des distances de transmission, entre la source de bruit et le récepteur, de l'ordre de 400 mètres ou plus; dans toutes les autres situations de bruit de voisinage cette distance n'est que de quelques dizaines de mètres, et cette question, déterminante ici, ne l'est donc pas ailleurs.

Par ailleurs, le niveau de bruit intrinsèque des lieux susceptibles d'être gênés par le bruit éolien, doit être mesuré avec précision dans de nombreuses circonstances (jour, nuit, direction et force du vent, variation saisonnière du couvert végétal, variation de l'activité animale - grillons, grenouilles, ...) ce qui complique énormément le problème et le rend inextricable.

Les mesures de niveau de bruit intrinsèque, à cause de la complexité due aux larges domaines de variation des paramètres qui gouvernent leur niveau, font - nous l'avons constaté au cours des procédures judiciaires en cours dont nous avons eu connaissance - l'objet de très nombreuses contestations systématiques par les producteurs éoliens. Les autorités judiciaires appelées à juger des conflits en cause, et qui ne perçoivent pas cette difficulté, sont mises dans une position difficile où elles ne parviennent pas à distinguer la chèvre du chou ! En effet, alors qu'elles demandent aux experts qu'elles ont commis pour déterminer le niveau de bruit intrinsèque d'un lieu une réponse simple et unique, elles constatent que cette réponse varie dans de très larges proportions en fonction de multiples paramètres. De plus, cette complexité favorise la contestation des mesures faites sur tel ou tel point particulier et rend encore plus inextricable une question déjà complexe. L'autorité judiciaire est mise dans l'incapacité de percevoir l'essentiel dans cette question, ce qui ne favorise pas un verdict équitable. Il est donc indispensable qu'un protocole à appliquer pour ces mesures soit défini ; que les diverses conditions de température et d'hygrométrie soient explorées, que des mesures soient faites pour diverses situations du couvert végétal lequel détermine à la fois l'amplitude du bruit intrinsèque du lieu ainsi que l'atténuation apportée par ce couvert aux bruits éoliens. Une autre façon, plus simple, de traiter la question serait que la réglementation française pour les bruits éoliens - qui se distinguent des bruits ordinaires de voisinage par la grande distance entre source de bruit et lieu où la gêne se produit - s'aligne sur la réglementation adoptée par de nombreux pays européens en fixant un niveau maximal en dB(A), quelles que soient les circonstances, au bruit éolien.

Impacts sanitaires du bruit des centrales éoliennes industrielles

La mise en phase du bruit impulsif

Des faits troublants sont rapportés par les populations soumises au bruit éolien et qui s'en plaignent. Il apparaît que, certains jours, ces populations constatent un niveau de bruit très intense, beaucoup plus important que celui auquel elles sont soumises habituellement.

L'hypothèse que nous faisons et qui pourrait expliquer ce phénomène est la suivante :

Sur un site éolien comprenant plusieurs aérogénérateurs, le hasard détermine les instants où les pales d'hélices, passant devant les tours, génèrent les bruits impulsifs de chaque machine. Les rotations de ces machines sont synchrones et les déphasages entre les hélices restent stables sur un temps important. Les circonstances extérieures (vitesse et direction du vent, célérité du son pour les conditions de température et de pression du moment) déterminent ensuite les temps de transmission de ces bruits entre chaque éolienne et un lieu de vie considéré. Il peut se faire que la superposition de ces conditions fasse que les bruits impulsifs de plusieurs engins, voire de tous, arrivent au même instant au lieu de vie en question ; en d'autres termes que les bruits impulsifs de plusieurs, ou de tous les engins, se retrouvent en phase en ce lieu de vie. Ils se comportent alors comme des bruits corrélés.

On rappelle que des bruits non corrélés s'ajoutent quadratiquement : les puissances de bruit s'ajoutent et l'amplitude résultante de la pression acoustique est alors la racine carrée de la somme des carrés des pressions acoustiques composantes. Si on généralise au cas de n aérogénérateurs dont les bruits élémentaires sont égaux, la pression acoustique résultante sera égale à la pression acoustique unitaire multipliée par la racine carrée de n .

Mais si les bruits sont corrélés alors ils ne s'additionnent plus quadratiquement. Les maximums et minimums ayant lieu aux mêmes instants, la pression acoustique résultante est la somme des pressions acoustiques composantes, qui est égale, dans ce cas, au produit de la pression acoustique unitaire par le nombre n de machines. On observera donc, par rapport au bruit résultant non corrélé, une augmentation de la pression acoustique dans le rapport racine carrée de n . Ce qui fera que l'intensité sonore résultante dans le cas de cette mise en phase, toutes choses égales par ailleurs, sera multipliée par n . Et dix fois le logarithme de n peut faire beaucoup dès que le nombre de machines s'élève (8,4 décibels pour 7 machines par exemple).

Comme c'est bien le bruit maximal supporté qui détermine la gêne créée, cette question mériterait d'être creusée par l'administration.

Annexe I - *Quelques informations pour démystifier l'acoustique*

Comment une onde sonore se propage-t-elle dans un milieu fluide ?

Les sons sont générés par des corps qui vibrent. Les parois de ces corps, en se déplaçant sous l'effet de leur vibration, entraînent un déplacement de l'air en contact avec ces parois. Il s'ensuit une variation locale de la pression autour de sa valeur au repos. La différence entre la valeur instantanée de la pression et sa valeur au repos s'appelle **pression acoustique** généralement appelée p_e . La variation de pression entraîne localement une variation ρ_e de la masse volumique de l'air qui se comprime et se détend au rythme de la vibration.

p_e s'exprime en Pascal, ou Pa (Nm^{-2}) ; tandis que ρ_e s'exprime en kilogramme par mètre cube (kg.m^{-3})

Cette pression acoustique, ainsi que la variation de masse volumique, vont entraîner un mouvement vibratoire des particules des gaz composant l'air, lequel se traduira par une vitesse de déplacement, également vibratoire, de ces particules. Ce mouvement vibratoire se propage dans le l'air à la **célérité c** du son dans ce milieu.

c peut se calculer par la relation :

$$c = \sqrt{\frac{1,4 p}{\rho}}$$

p et ρ étant la pression et la masse volumique dans les conditions de température considérées ; 1,4 est la constante γ , rapport des chaleurs spécifiques de l'air à pression constante et volume constant.

Pour une température de 20° et $p = 1$ atmosphère = $1,033 \cdot 9,81 \cdot 10^4$ Pa, $\rho = 1,204 \text{ kgm}^{-3}$; alors, $c = 343$ m/s.

Une approximation commode pour l'air au niveau du sol est :

$$c = 20\sqrt{273 + T}$$

T étant la température en degrés et c la célérité du son en ms^{-1}

On retiendra que pour les températures courantes, la célérité du son vaut aux environs de 340 m/s.

On définit la longueur d'onde λ d'un son sinusoïdal pur comme étant la distance parcourue par l'onde sonore pendant la période du son. Pour un son de fréquence f , dont la période T est donc $T = 1/f$, la longueur d'onde est égale à :

$$\lambda = c * T = c/f$$

On retiendra que les objets dont les dimensions transversales sont beaucoup plus grandes que la longueur d'onde, constituent des obstacles sur lesquels l'onde sonore va se réfléchir. À l'inverse, si les dimensions transversales de l'objet sont beaucoup plus petites que la longueur d'onde, l'onde sonore se propagera en le contournant comme si l'objet n'existait pas.

Généralement la propagation a lieu de manière isotrope, c'est à dire de la même façon dans toutes les directions à partir de la source. La puissance sonore émise par la source va donc se retrouver répartie sur une sphère dont le rayon correspondra au temps de propagation. Dès que le rayon de cette sphère devient important on peut l'assimiler à un plan ; l'onde sphérique devient une onde plane.

Si l'on considère une vibration sinusoïdale en fonction du temps, la pression acoustique p_e , l'amplitude X du mouvement vibratoire des particules, leur vitesse V , seront également des fonctions sinusoïdales du temps. On démontre alors les relations suivantes :

$$p_e = c \rho_0 V \cos\phi$$

p_e étant la pression acoustique ; c la célérité du son pour les conditions de température et de pression considérées ; ρ_0 la masse volumique de l'air dans les mêmes conditions ; V la vitesse des particules et ϕ la différence de phase entre la pression acoustique et la vitesse des particules.

Pour une onde plane, ce qui est généralement le cas, $\phi = 0$.

Impacts sanitaires du bruit des centrales éoliennes industrielles

Si l'on fait intervenir, non plus la vitesse de déplacement des particules, mais l'amplitude de leur mouvement, la relation devient :

$$p_e = c \rho_0 \omega X \cos\phi$$

p_e , c , ρ_0 , et ϕ ayant la même définition que ci-dessus tandis que $\omega = 2\pi f$ est la pulsation du mouvement sinusoïdal et X son amplitude.

Par analogie avec une relation connue en électricité, on définit l'impédance acoustique par unité de surface :

$$Z = c \rho_0 \cos\phi$$

Z s'exprime en Newton secondes par mètre cube et vaut 414,1 Nsm⁻³ à 20 degrés pour l'air. Les relations précédentes deviennent alors :

$$p_e = Z V \quad \text{et} \quad p_e = Z \omega X$$

On définit l'intensité I d'une onde plane comme étant la puissance par unité de surface transmise par l'onde. C'est le flux moyen d'énergie par unité de surface et unité de temps. I s'exprime en watts par mètre carré (W m⁻²). Cette définition est cohérente avec le fait que l'on a vu plus haut que la puissance émise par une source se répartit sur une sphère centrée sur cette source. Un organe récepteur, micro ou oreille par exemple, possède une certaine surface de réception sur laquelle il va collecter cette densité de puissance : la puissance recueillie sera égale au produit de la surface de réception par la l'intensité I , et donc homogène à une puissance.

On a la relation suivante entre les valeurs efficaces des grandeurs qui interviennent dans la relation :

$$I = p_e^2 / \rho c = p_e^2 / Z$$

p_e étant la pression acoustique, ρ la masse volumique, Z l'impédance acoustique et c la célérité du son dans l'air.

Une source sonore isotrope de puissance P créera, en espace libre, à la distance R , une intensité I telle que :

$$I = P / (4\pi R^2)$$

Les décibels ; la particularité d'une échelle de puissance en décibels.

Comme dans tous les phénomènes de propagation d'énergie, qu'elle soit sonore ou électromagnétique, les puissances auxquelles les récepteurs sont sensibles sont très faibles et les dynamiques des signaux (rapport du signal le plus fort au signal le plus faible) très élevées. Une échelle arithmétique obligerait donc à manipuler des nombres avec de nombreuses décimales et est donc mal adaptée. Comme par ailleurs la loi de Fletcher, nous indique que les hommes sont sensibles, non pas au niveau du phénomène qu'ils subissent mais à son logarithme, on a été conduit à utiliser, pour l'intensité sonore, une échelle logarithmique en base 10 : l'échelle en décibels. Elle se définit comme suit :

$$I \text{ en décibels} = I \text{ en dB} = 10 \log (I/I_{\text{ref}}) = 20 \log (p_e/p_{\text{ref}})$$

I_{ref} étant l'intensité de référence dont le niveau a été choisi à 10⁻¹² watts par mètre carré en valeur crête (la pression acoustique correspondante est la pression acoustique de référence p_{ref} ; elle vaut 2.10⁻⁵ Pascal, ou 20 microPascal en valeur efficace) qui correspond donc au niveau 0 décibel. On en déduit:

$$I \text{ en dB} = 120 + 10 \log I = 94 + 20 \log p_e$$

Dans ces relations ne pas oublier de prendre l'intensité sonore en valeur crête et la pression acoustique en valeur efficace.

De ces relations se déduisent les propriétés spécifiques des échelles en décibels :

- Si l'intensité sonore est doublée, sa valeur en décibels augmente de 10 log 2 soit 3,01dB que l'on arrondit à 3 dB. Par contre, si la pression acoustique est doublée, l'intensité en dB augmentera de 6 dB.
- Si cette intensité est multipliée par 10, sa valeur en décibels augmente de 10 log 10 soit 10 dB.
- Comme on l'a vu précédemment la puissance sonore issue d'une source ponctuelle rayonnant de manière isotrope se répartit uniformément sur une sphère de rayon R . Lorsque la distance par rapport à la source double, la surface de la sphère qui est proportionnelle à R^2 est multipliée par 4. L'intensité sonore exprimée en décibels diminue donc de 10 log 4 soit 6 dB. C'est la loi de décroissance de l'intensité sonore en fonction de la distance à la source de 6 dB par octave.

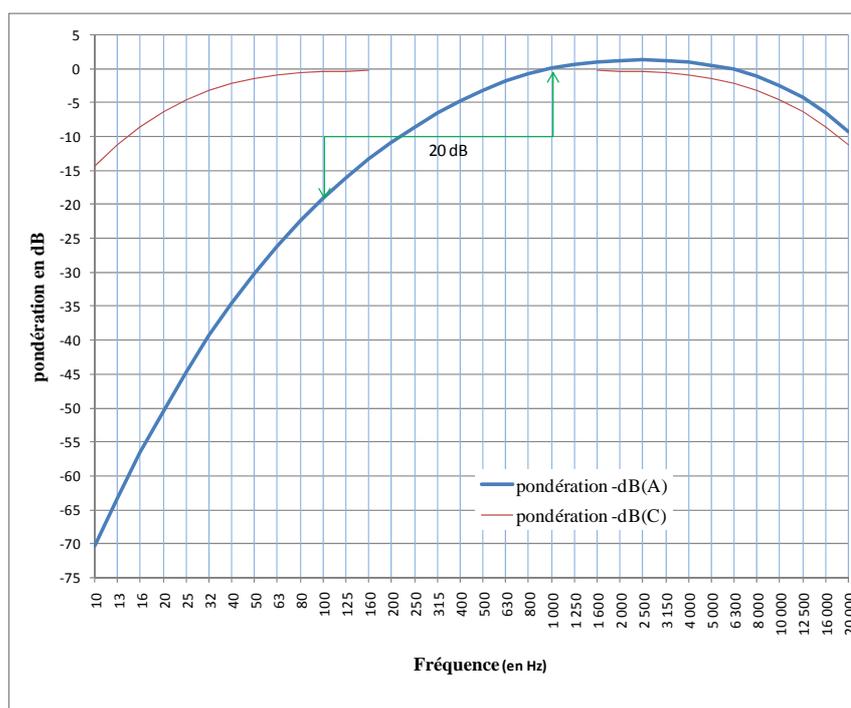
Impacts sanitaires du bruit des centrales éoliennes industrielles

Paramètres physiques et physiologiques - Les décibels A ou dB(A)

Un son est donc caractérisé par différents paramètres physiques dont on a vu la définition et la signification d'un certain nombre au paragraphe précédent : pression acoustique, célérité de propagation, intensité sonore. Un autre paramètre essentiel reste à définir : la répartition énergétique en fonction de la fréquence. Un son complexe sera la somme de divers signaux élémentaires, chacun émettant de la puissance sur une fréquence ou dans une bande de fréquence, donnée. Le spectre est la donnée caractéristique de ce son composite ; il indique comment sa puissance est répartie en fonction de la fréquence. Il fait généralement l'objet d'une courbe donnant l'intensité sonore par bande de fréquence, en fonction de la fréquence. L'amplitude, pour chaque fréquence, a la dimension d'une énergie ; elle est donnée en watts par mètre carré et par hertz.

Ceci étant, l'oreille humaine ne réagit pas de manière identique à des sons dont l'intensité est identique en décibels non pondérés, mais la fréquence différente : la sensation mesurée par l'appareil auditif qui parvient au cerveau dépend des caractéristiques spectrales du son. L'oreille, qui peut percevoir des sons dont la fréquence est comprise entre 20 hertz et 20.000 hertz, possède une sensibilité maximale entre 500 Hz et 4.000 Hz ; sa sensibilité diminue vers les basses et hautes fréquences. De plus, la sensation d'augmentation du niveau sonore n'est pas constante ; elle varie en fonction du niveau de départ.

Les intensités des sons qui donnent une même sensation de niveau quelle que soit la fréquence, ont été étudiées. Il s'en est déduit la définition des courbes isophoniques normalisées qui donnent, en fonction de la fréquence, pour l'adulte jeune, une même sensation sonore : ce sont les corrections selon la pondération A. Les niveaux d'intensité sonore, repérés dans ce réseau de courbes, sont exprimés en décibels A, ou dB(A). Il existe également d'autres pondérations : B qui n'est plus guère utilisée et C qui donnent des poids différents aux différentes parties du spectre audio; on parle alors de dB(B) ou de dB(C) qui sont moins utilisés que le dB(A). La pondération C, par exemple, donne plus de poids aux fréquences comprises entre 100 et 4.000 Hz ; elle est plus adaptée aux adultes âgés dont les fréquences utiles d'audition sont décalées vers le bas et aux bruits tels les concerts de musique rock.



Pondération A utilisée pour la mesure du bruit en dB(A) en fonction de la fréquence

C'est ainsi qu'un son de fréquence 100 Hz devra avoir une intensité supérieure de 19,1 dB à celle d'un son de fréquence 1.000 Hz pour procurer la même sensation, si l'on se fie à la pondération A.

Enfin, pour être complet, les mesures de pression sonore de bruits par les sonomètres sont assorties d'une intégration temporelle du niveau instantané, selon différentes constantes de temps ; on distingue les constantes de temps, crête, rapide, lente (impulse, fast et slow) dont sont dotés tous les sonomètres. Généralement ces mesures sont effectuées selon la pondération A et avec la constante de temps rapide (fast).

Impacts sanitaires du bruit des centrales éoliennes industrielles

Les mesures de niveaux de bruits ; LAeq ; LAX

Lorsqu'un phénomène sonore complexe varie dans le temps, on essaye, dans une démarche de conservation énergétique, de rassembler, par un seul descripteur, ses caractéristiques afin de permettre, par un seul nombre, de l'évaluer et de le comparer soit avec lui-même en d'autres moments ou d'autres lieux, soit avec d'autres sons. Ce faisant il est évident que l'on perd de l'information sur ce son. La terminologie adoptée par l'AFSSE en matière de *descripteurs* de bruit est la suivante :

- le terme *indice* s'applique à une mesure, une description du phénomène physique du bruit, qui prend en compte certains paramètres (fréquences, puissance, ...) ; l'indice est défini par une relation entre des paramètres physiques.
- le terme *indicateur* s'intéresse à la relation entre les niveaux de bruit (synthétisés par un indice) et leurs impacts sanitaires par le biais d'une relation dose-réponse.

Les indices les plus courants pour les bruits continus

On peut, par une pondération adéquate des différentes composantes du spectre énergétique d'un bruit, déterminer, en continu en fonction du temps, son niveau selon la pondération A, c'est à dire son niveau en dB(A). Un traitement de ce niveau permettra de définir différents indices énergétiques intégrés, lesquels prennent en compte le cumul des bruits sur un temps donné.

Indice LAeq

L'indice LAeq (niveau moyen équivalent de bruit selon la pondération A) est déterminé comme suit. Ayant enregistré, pendant le temps d'enregistrement T, le niveau mesuré, corrigé par la pondération A - niveau La en dB(A) -, généralement avec la constante de temps rapide (fast), on transforme ce niveau dans l'échelle arithmétique de départ (transformation du niveau en dB(A) par un niveau en watts par mètre carré par la relation $L=10^{(La/10)}$). On détermine ensuite la valeur moyenne, sur l'intervalle de temps T, de ce niveau L, soit L moyen ; puis on le retransforme en dBA par la relation

$$LAeq = 10 \log(L \text{ moyen})$$

LAeq est donc le niveau d'un bruit continu et d'amplitude constante qui aurait la même énergie totale que le bruit enregistré sur la période de mesure.

La directive 2002/49/CE du 25 juin 2002, divise la journée en trois périodes, le jour de 7h à 19 heures, la soirée de 19 h à 23 heures et la nuit de 23 h à 7 heures. Elle considère les indices suivants :

- **LAeq jour** (LAeq day); qui est la valeur moyenne du LAeq calculée sur la période 7 h - 19 heures.
- **LAeq soirée** (LAeq evening); qui est la valeur moyenne du LAeq calculée sur la période 19 h - 23 heures.
- **LAeq nuit** (LAeq night); qui est la valeur moyenne du LAeq calculée sur la période 23 h - 7 heures.

Ceci étant, cette directive impose, pour l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement, l'indicateur **L den** - den pour jour, soirée, nuit -, qui est constitué par une pondération des trois indices précédents, toujours en repassant par les valeurs arithmétiques, et après que l'on ait majoré LAeq soirée de 5 dBA et LAeq nuit de 10 dBA.

$$L \text{ den} = 10 \log \left\{ \frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{LAeq_{\text{jour}}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{LAeq_{\text{soirée}} + 5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{LAeq_{\text{nuit}} + 10}{10}} \right) \right\}$$

Indices LAX

Certains pays considèrent l'indice **LAX**, ou niveau acoustique fractile, pour caractériser un bruit dont le niveau L a été enregistré pendant un temps T. **Le niveau LAX est tel que la valeur L, pendant le temps T, se trouve être supérieur, pendant X% du temps à LAX.** LA50 est quelquefois utilisé. En Angleterre LA10 est utilisé pour caractériser les bruits routiers ; on constaterait une assez bonne corrélation avec LAeq moyennant la relation :

$$LA_{10} = LAeq + 3 \text{ dBA}$$

Indice LAmx

C'est la valeur maximale de l'intensité acoustique pondérée A, exprimée en décibels, déterminé sur l'intervalle de temps T en utilisant la constante de temps « rapide ».

Impacts sanitaires du bruit des centrales éoliennes industrielles

Indice LAE ou SEL

C'est le niveau de pression acoustique pondéré A d'un son fictif qui, maintenu constant pendant 1 seconde, aurait la même énergie acoustique que l'événement considéré. Il est souvent désigné par SEL (*Sound Exposure Level*).

L'émergence d'un bruit

Le concept d'émergence repose sur l'hypothèse qu'un phénomène est d'autant plus gênant qu'il se distingue du bruit existant. Cette situation est souvent rencontrée dans les environnements industriels, pour lesquels l'origine de la gêne se trouve souvent dans l'apparition d'une nouvelle source de bruit identifiable, qui vient modifier la situation existante. Pour estimer l'importance de cette modification on choisit d'abord une période temporelle caractéristique, pendant laquelle on mesure le LAeq ambiant en présence du bruit perturbateur puis le LAeq résiduel en l'absence de celui-ci. L'émergence est donnée par la différence entre les valeurs relevées. La réglementation considère comme tolérable une émergence inférieure à 5 dB durant le jour et à 3 dB durant la nuit (décret n° 95-408 du 18 avril 1995).

Bruit impulsif

La Communauté Européenne a défini le critère auquel doit satisfaire un bruit impulsif (Journal officiel de 1979). LAI (l'intensité acoustique pondérée A du bruit impulsif) étant la valeur en dB(A) du niveau LAeq pendant 20 millisecondes, si la différence LAI moins bruit stable (LAS) est supérieure à 4 dB, le bruit est déclaré impulsif. À la suite de travaux conduits par des experts, des corrections additives ont été proposées pour augmenter le niveau des bruits impulsifs ; elles n'ont pas été adoptées, semble-t-il, par la CE.

Indicateurs de bruit

Si la littérature est particulièrement riche pour les indices de bruit, les acousticiens n'ayant pas été avares d'imagination dans ce domaine, il en va autrement des indicateurs de bruit qui, on l'a vu plus haut, transforment, par le biais d'une relation dose-réponse, le niveau d'un indice en impacts sanitaires pour la santé des personnes qui y sont soumis.

Il semble bien que la communauté des acousticiens soit très divisée sur cet aspect des choses et qu'il soit difficile de faire émerger une position présentant un minimum de consensus. Le mieux qui semble avoir été obtenu, est de corriger, dans des circonstances précises, un indice donné pour tenir compte de ces circonstances.

Phénomènes gouvernant la propagation d'une onde sonore

La propagation des ondes sonores fait intervenir un grand nombre de paramètres dont les principaux sont reliés aux caractéristiques de l'air dans lequel a lieu la propagation, et les autres dépendent des phénomènes qui vont avoir lieu sur les obstacles (forme générale du sol autour de la source, nature de ce sol, cultures, ...).

Les phénomènes qui se produisent sont, en particulier :

- **la divergence géométrique.** On a vu que pour des sources sonores ponctuelles - ou bien lorsque les dimensions angulaires de la source vue de l'observateur sont faibles - la puissance sonore rayonnée se répartit sur une sphère, ce qui occasionne une décroissance de l'intensité sonore de 6 décibels par octave.
- **L'absorption atmosphérique moléculaire.** Elle est la conséquence de dissipation d'énergie dans les mouvements des molécules d'air par suite de la viscosité, de l'échauffement de l'air dû à la pression acoustique notamment. Cette absorption se traduit par une atténuation de transmission qui varie énormément en fonction de la fréquence, de la température et du degré hygrométrique. Elle n'intervient pratiquement pas lorsque la distance entre la source et l'observateur est faible, mais devient importante lorsque les distances sont supérieures à la centaine de mètres ce qui est toujours le cas pour les bruits éoliens.

Par exemple, cette atténuation est de :

- 0,78 dB pour 100 mètres à 2.000 hertz, 20 degrés et 60% d'humidité,
- 7,04 dB pour 100 mètres à 8.000 hertz, 20 degrés et 60% d'humidité,
- 15,1 dB pour 100 mètres à 12.500 hertz, 20 degrés et 60% d'humidité.

Si l'on s'intéresse à la variation de cette atténuation en fonction de l'hygrométrie, on constate, par exemple :

Impacts sanitaires du bruit des centrales éoliennes industrielles

- pour des hygrométries assez importantes, supérieures à 50%, et des fréquences inférieures à 500 hertz, une quasi stabilité de l'atténuation. Par contre, pour une température de 0 degré, l'atténuation passe de 0,28 dB/ 100 mètres pour une hygrométrie de 40% à 0,88 dB/ 100 mètres pour une hygrométrie de 10%
- pour une fréquence de 1.000 Hz et une température de 5 degrés, l'atténuation passe de 0,55 dB/100 mètres pour une hygrométrie de 40% à 2,06 dB/100 mètres pour une hygrométrie de 10%
- pour une fréquence de 2.000 Hz et une température de 12 degrés, l'atténuation passe de 1,4 dB/100 mètres pour une hygrométrie de 40%, à 4,16 dB/100 mètres pour une hygrométrie de 10%.

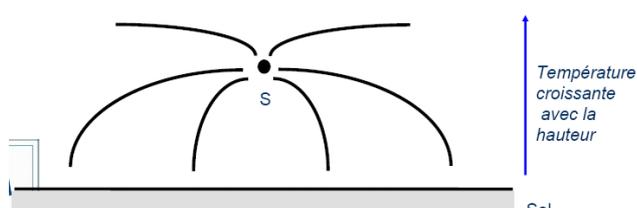
On est donc amené à conclure que les conditions d'hygrométrie et de température font varier de manière très importante cette atténuation :

un temps humide et chaud favorisera une transmission à faible pertes,

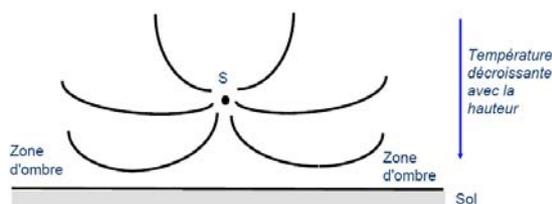
un temps froid et sec déterminant, au contraire, de fortes pertes.

- **Les réflexions** qui se produisent sur le sol, les différents obstacles. Le niveau reçu par l'observateur résulte de l'addition vectorielle de l'onde sonore directe, des diverses ondes réfléchies sur les différents obstacles, (qui dépendent de la forme de ces derniers et des coefficients de réflexion choisis), et de l'onde de sol dont l'amplitude dépend au premier chef des caractéristiques du sol (type de culture et état de croissance).
- **L'influence du profil vertical de température** qui va modifier la célérité du son et occasionner, au lieu d'une propagation en ligne droite, une courbure des rayons sonores.

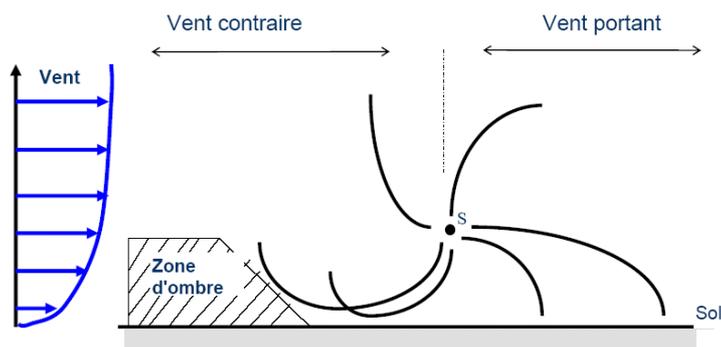
Gradient de température positif
Nuit Claire



Gradient de température négatif
Jour ensoleillé



- **De même un gradient vertical de vitesse du vent** entraînera une autre courbure des rayons sonores. Un gradient de température positif ou un vent portant vers l'observateur incurvera les rayons sonores vers le sol et réciproquement.



- **Les effets des turbulences atmosphériques** que l'on regroupe sous le titre « effets météorologiques ».
- **Les phénomènes de diffraction** autour des arêtes du sol ou des obstacles

La propagation d'une onde sonore est donc gouvernée par de nombreux paramètres qui ont tous des domaines de variation importants. Prévoir ou simuler cette propagation est donc extrêmement complexe ; le résultat, compte tenu, d'une part de la variabilité des paramètres, d'autre part des équations simplificatrices que l'on choisira pour représenter les phénomènes, enfin des valeurs que l'on donnera à ces paramètres est lui-même extrêmement variable.

Annexe II - Observations au chapitre 6 Bruits et Santé Publique, du " Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens "

Ce guide est tout à fait intéressant. Il représente un progrès très notable par rapport à la situation actuelle caractérisée par l'absence de tout document normatif pour l'instruction et la présentation du dossier d'étude d'impact. Toutefois il présente les anomalies suivantes :

Pour ce qui concerne le chapitre 6 " Bruits et santé publique ", à la page 73 précisément

La présentation de son paragraphe 6,1, « Notions sur le bruit » est confuse et concourt à obscurcir la question.

On évoque simultanément des grandeurs physiques caractérisant un son (intensité sonore, fréquence, spectre, durée) et des grandeurs physiologiques, c'est à dire les sensations ressenties par un humain à l'audition d'un son (force perçue, volume, amplitude, niveau, sensation sonore ; hauteur ; timbre), dont certaines sont liées étroitement aux précédentes et d'autres pas du tout ; et sans que les liens éventuels soient clairement précisés. Cette observation vaut pour les cinq appellations synonymes du volume dont on ne voit pas du tout ce qui les distingue l'une de l'autre ni ce qui nécessiterait d'avoir recours à cinq noms différents pour un même concept.

Dans le texte on emploie pour parler d'une question, sans faire aucune distinction, soit le mot caractérisant la grandeur physique, soit celui caractérisant la grandeur physiologique, ce qui n'est pas la même chose; ailleurs on utilise de façon équivalente, soit le terme " intensité sonore " – laquelle s'exprime en watt par mètre carré – soit le terme " énergie " – qui s'exprime en joules – ce qui constitue une faute de principe inacceptable dans un texte qui se veut de référence.

De plus, des expressions, telle " pression acoustique " – terme reconnu et utilisé par les acousticiens – et " pression sonore " – terme inconnu des acousticiens – sont utilisées avec des significations différentes dans la phrase " mais un doublement de la pression acoustique entraîne un accroissement du niveau de pression sonore de 3 dB ". Comprenez qui pourra !

Enfin, écrire qu' " un bruit est mélange de sons, d'intensités et de fréquences différentes. Il est défini par son spectre qui représente le niveau de bruit en dB pour chaque fréquence " est maladroit. Un bruit est tout signal indésirable pour un observateur donné. Le son d'une radio peut être un signal désirable pour celui qui en a commandé la diffusion mais constituer un bruit pour celui qui, dans l'appartement voisin, cherche à dormir. Un bruit est donc constitué par tout signal se superposant, dans la bande passante de réception, au signal utile que l'observateur cherche à percevoir ; dans le cas du bruit éolien l'observateur peut rechercher le silence c'est à dire l'absence de tout signal utile. De plus, la densité spectrale de puissance qui qualifie son spectre n'est absolument pas obligatoirement exprimée dans une échelle logarithmique en décibels ; elle peut l'être tout aussi bien – c'est d'ailleurs généralement le cas – dans une échelle arithmétique en watts par mètre carré et par hertz.

En résumé sur cet aspect des choses, on voudrait entretenir la confusion qu'on ne s'y prendrait pas autrement.

Il contient des erreurs de principe inacceptables.

La confusion, notée plus haut, entre deux grandeurs dont l'une est une puissance et l'autre une énergie constitue la première erreur de principe.

Ensuite, on trouve à la page 73, au deuxième alinéa de la deuxième colonne, la phrase suivante qui est un concentré d'erreurs contre la physique :

« Ainsi lorsque la pression acoustique est multipliée par dix, la sensation sonore n'est que doublée ; mais un doublement de la pression acoustique entraîne un accroissement du niveau de pression sonore de 3dB. Un niveau sonore de 100 dB contient donc 2 fois plus d'énergie qu'un niveau sonore de 97 dB ».

On parle de sensation sonore – terme inconnu des acousticiens – mais grandeur physiologique, sans l'avoir précisément défini. L'auteur veut, sans doute, parler de l'intensité acoustique ressentie par un observateur laquelle, à cause de la loi de Fletcher, est proportionnelle au logarithme décimal de la puissance de l'excitation divisée par la puissance de référence fixant le zéro de l'échelle (10-12 W/m²); en tenant compte, si besoin, des courbes isophoniques normalisées. Toutes choses égales par ailleurs, si la pression acoustique est multipliée par 10, l'intensité acoustique, qui est proportionnelle au carré de la pression acoustique, sera multipliée par 100 dans une échelle arithmétique et augmentera de 20 décibels dans une échelle logarithmique! Cette sensation sonore ne sera donc pas, quelle que soit l'échelle utilisée, doublée.

Impacts sanitaires du bruit des centrales éoliennes industrielles

Par ailleurs, si la pression acoustique d'un son est doublée, la sensation sonore – l'intensité acoustique - augmentera de 6 décibels et non pas de 3 pour la même raison!

Autre remarque de formulation : pourquoi écrire au début de la phrase « sensation sonore » et dans la phrase suivante « niveau de pression sonore » avec, apparemment le même sens ! C'est encore entretenir la confusion.

Enfin il faut dire que la puissance – et non pas l'énergie – d'un son ayant une intensité de 100 dB est le double de celle d'un son ayant une intensité de 97 dB. On commet ici une erreur analogue à celle que l'on commettrait en disant : « un moteur de 200 watts à une énergie double de celle d'un moteur de 100 watts ».

Plutôt que ces considérations oiseuses et inexactes, il aurait été bien plus approprié d'indiquer la façon dont doivent se faire les additions de bruits de caractéristiques spectrales, soit semblables, soit différentes, pour aboutir au niveau de bruit équivalent ; question qui n'a rien d'évident pour les personnes non familières des échelles en décibels et qui se posera vraisemblablement.

En page 77, l'ADEME nous confirme que les bruits peuvent être gênants entre 500 et 2000 m

Pour tout projet éolien de 6 à 8 machines, on peut seulement constater qu'en deçà de 500 m le projet a fort peu de chance d'être conforme à la réglementation, et qu'au delà de 2000 m les risques de non conformité sont très faibles.

Cette phrase nous laisse interrogatifs :

Qu'en est-il des bruits pour les projets au-delà de 8 aérogénérateurs ?

Les centrales installées à ce jour en France deviennent de plus en plus envahissantes : dans un rayon de 10 km, 20, 40, 60 aérogénérateurs encerclant les villages dans la Beauce ou du côté de Fruges entre autres.

Y-aurait-il un mystérieux mur antibruit à 2.000 mètres ?

Les bruits s'arrêteraient-ils à la frontière des 2.000 mètres ?

Annexe III - *Les nuisances émergent*

L'existence de nuisances sonores importantes jusqu'à une distance considérable des centrales éoliennes n'est plus à prouver.

Déjà en septembre 1998, le manifeste de Darmstadt dénonçait les nuisances sonores et infra sonores de l'éolien industriel en Allemagne.

Le 25 janvier 2004, C. Milner a publié un article dans le Daily Telegraph intitulé « Les centrales éoliennes rendent les riverains malades jusqu'à 1610 mètres de distance ».

En mai 2004 un rapport canadien sur les conséquences de l'éolien industriel sur la santé (« Archives and Collections Society » PO Box 125, Picton, Ontario, K0K2T0, Canada) indique :

- que le Comté de Riverside (USA) exige 2 miles (3218 mètres) entre les éoliennes et les habitations,
- que l'entreprise allemande Retexo-RISP GmbH spécialisée dans l'industrie de l'environnement refuse d'ériger des éoliennes à moins de 2 km des habitations.

Début septembre 2005, le Land Nord du Rhin-Westphalie a pris un arrêté interdisant la construction d'éoliennes à moins de 1500 mètres d'habitations pour cause de nuisances aux riverains et en particulier de nuisances sonores et à moins de 250 mètres des routes pour des raisons de sécurité.

Le 12 mai 2006, GP van den Berg (GPVDB) de l'Université Royale de Groningue a publié un ouvrage de 210 pages « The sounds of high winds ». Ce travail remarquable et souvent très technique, explique en profondeur les détails des nuisances sonores de l'éolien industriel d'un point de vue à la fois pratique et théorique.

Le 14 mai 2006, l'Académie de Médecine a publié un rapport recommandant de ne pas construire d'éoliennes à moins de 1500 mètres d'habitations sous peine de conséquences nuisibles pour la santé des riverains.

Sur le territoire Français un grand nombre de plaintes voit le jour ; citons pour exemple : Saint Crépin (1000m) (seul site où la DDASS a fait des mesures), Plougras (700m), Avignonet (500m), Sallèle-Limousis (1000m), le Mont Tauch, le Pic du Merdelou (1300m), Fitou, Sortoville, etc ...

De nombreux témoignages signalent que, de façon sporadique, les machines s'entendent distinctement mais plus faiblement au delà de 3 km (lettre du maire d'Ersa, Haute Corse).

Annexe IV - *Plaintes des riverains d'Ally*

En janvier 2007, Un grand nombre d'habitants des communes d'Ally et de Mercoeur signe une pétition pour demander au Préfet de la Haute-Loire la prise en considération des nuisances qu'ils subissent depuis la création d'une centrale de production d'électricité composée de 26 aérogénérateurs.

Des habitants d'ALLY et de MERCOEUR

Le 02 Janvier 2007

à

Monsieur le Préfet de la Haute-Loire
et à Monsieur le Sous Préfet de Brioude

Objet : Bruit des éoliennes

Monsieur le Préfet,

26 éoliennes ont été mises en service depuis plus d'une année sur le territoire de nos communes et à proximité de nos habitations dans tous les villages ou presque.

Nous pensions nous habituer au bruit et nous avons attendu avant d'exprimer les souffrances qu'engendrent ces machines quand le vent vient de certaines directions et souffle fort.

Bien sûr ce n'est pas tout le temps mais quand le vent se lève cela devient intolérable même à des distances de plus de 600 mètres. Nous serions heureux que vous-même ou un de vos représentant veniez constater ce que nous endurons certains jours et surtout certaines nuits.

Pour que l'on vérifie concrètement ce que nous disons, nous demandons qu'une enquête soit faite pour constater que le bruit dépasse les normes et en tous cas ce que nous pouvons supporter.

Nos souhaiterions que ce soit les services de la DASS, car il s'agit de notre santé, qui fassent l'enquête et fassent faire des mesures acoustiques en périodes diurnes et nocturnes, sur de longues durées ainsi que dans toutes les configurations de vitesse et de directions du vent ; Il va de soit que ces mesures doivent être faites par un bureau d'étude spécialisé et surtout indépendant désigné par la DASS et sous son contrôle.

Par ailleurs nous sommes préoccupés par les projections de neige agglomérée ou de glace tombés sur les routes à proximité des éoliennes. Plusieurs signataires de cette lettre ont reçu sur eux ou sur leur voiture ces projections qui nous paraissent très dangereuses.

Nous vous remercions Monsieur le Préfet, de prendre en considération notre souffrance et espérons que vous pourrez accéder à notre demande pressante et vous prions de croire à notre considération

La DDASS de la Haute-Loire prend en compte les nuisances dans le rapport suivant :

Impacts sanitaires du bruit des centrales éoliennes industrielles



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement
Ministère de la santé et des solidarités

PREFECTURE DE LA HAUTE-LOIRE

Direction Départementale
des Affaires Sanitaires et Sociales

Le Puy-en-Velay, le **6 MAR 2007**

Service Santé Environnement
Affaire suivie par Mme PLOTON
☎04.71.07.24.25
LP/JS
Réf. PLTEBR-11/01/2007

Monsieur,

Suite à votre courrier du 02 janvier 2007 relatif aux nuisances sonores engendrées par le parc éolien situé sur les communes d'ALLY et de MERCOEUR, une enquête sur place a eu lieu le 22 février 2007.

Vous trouverez ci-joint une copie du rapport de cette enquête qui a été remis à M. le Préfet, M. le Sous-Préfet de BRIOUDE et aux Maires des communes d'ALLY et de MERCOEUR.

Il vous appartient de transmettre à l'ensemble des signataires de la plainte le contenu de ce rapport.

Vous serez informés ultérieurement des suites qui pourront être données à ce dossier.

Pr le Directeur Départemental
des Affaires Sanitaires et Sociales,
Inspecteur Principal

Ph. RAYNAUD

8, rue de Vienne - BP 315 - 43011 LE PUY-EN-VELAY cedex - téléphone : 04.71.07.24.00 - télécopie : 04.71.02.91.25
<http://www.auvergne.sante.gouv.fr>

Toute correspondance doit être adressée de manière impersonnelle à Monsieur le Directeur

Impacts sanitaires du bruit des centrales éoliennes industrielles

La quasi-totalité des personnes rencontrées s'est plaint du bruit en extérieur. Nombreux sont ceux qui regrettent de ne plus pouvoir vaquer à leurs occupations extérieures en toute sérénité (jardinage, travaux des champs, promenades...) lorsque le niveau de bruit est trop important.

Dans 9 foyers (sur 21 enquêtés), les nuisances sonores à l'intérieur du logement ont été dénoncées.

Pour 7 d'entre eux, les pièces dans lesquelles les nuisances sont dénoncées ne sont pas phoniquement isolées (absence de double vitrage).

Pour 1 foyer, la maison est entièrement isolée (murs doublés, fenêtres équipées de double vitrage récent) et pourtant ses occupants ont remarqué que le bruit est perceptible à l'intérieur lorsqu'ils posent leur tête sur l'oreiller.

Pour un autre foyer non isolé, le problème est différent puisque l'un des occupants souffre de problèmes respiratoires et doit dormir avec la fenêtre de sa chambre ouverte toute l'année, il dénonce des nuisances sonores fréquentes.

Un seul foyer dénonce des nuisances sonores à l'intérieur, la nuit, malgré une maison bien isolée.

Les propriétaires d'une maison en ont équipé les ouvrants de double vitrage afin de ne plus entendre de bruit.

Une visite plus approfondie du village de Verrines sur la commune d'ALLY a permis de mettre en évidence la présence de « couloirs » de bruit : le niveau de bruit varie de façon importante entre 2 points distants de seulement quelques mètres. En effet, plusieurs phénomènes se conjuguent et varient en fonction de l'intensité et de la direction du vent. Il existe un premier phénomène d'écran qui diminue le niveau sonore : certains bâtiments gênent la propagation du bruit. Un second phénomène dit de réverbération accentue le niveau sonore : il s'agit d'un phénomène qui se traduit par une prolongation de l'existence d'un son due aux réflexions multiples sur certains parois.

Les effets stroboscopiques :

Dans 4 foyers, des occupants ont expliqué subir des nuisances relatives aux effets stroboscopiques dans leur habitation.

Les inquiétudes :

Certains ont fait part d'inquiétudes relatives aux infrasons et aux champs électromagnétiques issus des éoliennes ou des câbles de transport d'électricité (parfois enterré à quelques mètres des habitations).

Certains sont également inquiétés par d'autres éléments qui pourraient être à l'origine de risques sanitaires encore inconnus en l'état actuel des connaissances scientifiques et médicales.

La sécurité

L'ensemble des personnes rencontrées s'interroge sur le risque pour leur sécurité physique ainsi que celle des nombreuses personnes qui viennent visiter le parc éolien dont beaucoup d'enfants dans un cadre scolaire.

Certaines éoliennes sont implantées à proximité immédiate des routes (moins de 100 m) et de certaines habitations. Cette proximité inquiète les habitants pour plusieurs raisons :

.../...

Impacts sanitaires du bruit des centrales éoliennes industrielles

Les chutes de glace :

L'hiver dernier certains habitants ont assisté à des chutes de blocs de glace en provenance des pales de certaines éoliennes. Deux témoignages font état de chutes de neige agglomérée et de glace sur des véhicules.

Ensuite, par temps de gel, les éoliennes ont été arrêtées mais les habitants ignorent si les arrêts sont la cause du gel ou si c'est le gel qui a immobilisé les éoliennes.

Parallèlement, des panneaux de mise en garde ont été mis en place sous chacune des éoliennes :



Ces panneaux font état de distance de sécurité de 200 m à respecter alors que certaines éoliennes se situent à une distance bien moindre des voies de circulation (routes et chemins pédestres).

Les habitants d'ALLY et MERCOEUR rencontrés ignorent qui a mis en place ces panneaux et voudraient avoir des explications sur le risque réel encouru dans le périmètre indiqué de 200 m.

Les accidents éoliens :

Certains habitants sont très au fait d'accidents qui se sont produits récemment dans le département du Finistère ou au Etats-Unis ou encore en Ecosse, et, par conséquent, sont inquiets.

Les déplacements :

Plusieurs habitants ont souligné les difficultés nouvelles qu'ils rencontrent lors de leurs déplacements motorisés ou non. Ils sont parfois perturbés par le bruit des éoliennes qui peut les empêcher d'entendre les véhicules alors qu'ils souhaitent traverser une route. Ils sont également gênés par l'augmentation du trafic routier : de nombreux touristes viennent visiter le parc éolien et la co-habitation sur les routes des cars ou voitures et du bétail semble parfois difficile.

...

Impacts sanitaires du bruit des centrales éoliennes industrielles

La foudre :

Des personnes rencontrées ont peur du risque lié à la foudre.

Un habitant a déclaré avoir subi un sinistre sur son exploitation agricole : un éolienne située à proximité a été touchée par la foudre et avant que le compteur électrique ne disjoncte, plusieurs appareils (machine à traire...) ont été endommagés.

Les autres points évoqués

La conformité au permis de construire :

Le collectif dénonce la non-conformité au permis de construire de deux éoliennes :

- l'éolienne n° 5 se situerait à 58 m de la route départementale au lieu de 70 m ;
- l'éolienne n° 10 se situerait à 75 m de la route départementale au lieu de 128 m.

Les animaux :

Des effets sur les animaux ont été signalés.

Certains chiens et chevaux sont apeurés.

Des vaches ont un comportement étrange : Dans une exploitation agricole, les vaches sont nerveuses et agressives, dans une autre exploitation, l'agriculteur a noté 4 avortements spontanés et dans encore une autre, les vaches semblent avoir modifié leur rythme de vie : elles dorment le jour et mangent la nuit.

Les clignotants :

Les éoliennes sont équipées de lumières clignotantes à leur base et au niveau de la nacelle pour signaler leur présence à l'aviation civile.

Plusieurs habitants dénoncent la gêne la nuit liée à ces lumières clignotantes permanentes.

La télévision :

Plusieurs habitants regrettent que parfois la présence d'éoliennes semble perturber la qualité de réception des chaînes de télévision.

Ils sont également parfois gênés par les ombres des pales sur leur écran de télévision.

Les dégradations :

Des personnes ont dénoncé les dégradations effectuées dans leurs propriétés par l'exploitant du parc éolien, des bornes kilométriques auraient été détruites et non remplacées.

Les valeurs immobilières :

Les habitants redoutent la désertification des communes d'ALLY et de MERCOEUR : les personnes qui auraient souhaité venir s'installer dans cette région, attirées par le calme et la tranquillité, ne le feront probablement plus.

D'autres redoutent une baisse de la valeur de leur patrimoine.

Une jeune femme dit se sentir « expropriée » de son village.

Aucune personne propriétaire d'un terrain sur lequel est implantée une ou des éoliennes est signataire de la pétition dénonçant les nuisances.

Un certain nombre a également précisé qu'il souhaite que les nuisances rencontrées sur ce parc éolien puissent être reconnues, afin de mettre les moyens nécessaires pour les diminuer et aussi pour permettre de les prendre en compte pour les futurs parcs éoliens.

Plusieurs signataires ont également expliqué ne pas souhaiter nuire aux propriétaires de ces terrains, qu'il ne s'agit pas d'un problème politique ou financier mais ils sont inquiets pour leur santé et leur sécurité.

.../...

Impacts sanitaires du bruit des centrales éoliennes industrielles

L'ensemble des signataires est en attente forte de communication sur ce sujet.

Fait à Le Puy-en-Velay, le 5 mars 2007

L'Ingénieur du Génie Sanitaire Départemental
Responsable du Service « Santé – Environnement »



David RAVEL

La Technicienne Sanitaire,



Laurence PLOTON

8, rue de Vienne - BP 315 - 43011 LE PUY-EN-VELAY cedex - téléphone : 04.71.07.24.00 - télécopie : 04.71.02.91.25
<http://www.auvergne.sante.gouv.fr>

Toute correspondance doit être adressée de manière impersonnelle à Monsieur le Directeur

Impacts sanitaires du bruit des centrales éoliennes industrielles

