

## REFLEXIONS SUR LA NOTION DE DISTANCE MINIMALE ENTRE EOLIENNES ET RIVERAINS

Un rapport de l'Académie de Médecine préconisait en 2006 de ne pas implanter d'éoliennes modernes à moins de 1500 m d'une habitation.

Le gouvernement a chargé l'AFSSET d'en faire une analyse critique, qui a conclu en 2008 :

- que « les avantages de la généralisation d'une telle distance ...doivent être mis en balance avec le frein au développement qu'elle constitue »,
- que l'on ne devait en aucun cas implanter d'éoliennes à moins de 500 m d'une habitation, sur la base de l'analyse par les DDASS des taux de plaintes émanant de riverains,
- mais que cette distance de 500 m ne garantissait en rien la tranquillité du voisinage, et qu'une étude acoustique devait être effectuée au cas par cas pour vérifier la compatibilité avec la réglementation sur le bruit.

L'analyse détaillée du rapport AFSSET montre qu'il est en phase avec ce que l'on trouve dans la littérature technique internationale, à savoir notamment que :

- le bruit des éoliennes est plus perturbant à niveau sonore égal que celui d'autres infrastructures,
- ce bruit se ressent à des distances d'autant plus grandes que le bruit de fond ambiant est faible (cas des parcs éoliens en rase campagne),
- le respect du critère légal d'émergence limitée à 3dB la nuit n'est compatible avec une distance de 500 m que pour des zones de type industriel ou à proximité d'un axe routier important,
- des effets mal connus (mais analysés depuis) peuvent générer des nuisances jusqu'à des distances de 2 km (effets de battement notamment par atmosphère nocturne stable)

Par conséquent :

- il n'y a pas à proprement parler de divergence technique entre les deux rapports, seulement une manière plus souple (mais plus complexe) de définir le critère de distance ;
- les textes qui réduisent le rapport de l'AFSSET (et la réglementation) à l'exigence d'une distance minimale de 500 m sont trompeurs, et ont pour conséquence, notamment en rase campagne, d'induire les décideurs en erreur, et d'engendrer des situations de conflit qui à terme pénaliseront le développement de la filière éolienne.

# REFLEXIONS SUR LA NOTION DE DISTANCE MINIMALE ENTRE EOLIENNES ET RIVERAINS

## 1. CONTEXTE

### 1.1 OBJET DU DOCUMENT

L'objet de la présente note<sup>1</sup> est de présenter les éléments qui entrent en jeu dans la définition de la distance minimale entre un parc éolien et des riverains.

Ces éléments sont principalement liés au bruit des éoliennes, à la fois le bruit au sens classique du terme, mais aussi les infrasons. D'autres effets entrent également en compte, notamment les effets stroboscopiques que nous évoquerons brièvement.

Nous ne traiterons pas des aspects paysagers, car ils ne concernent pas que les riverains, portant sur des distances nettement plus grandes que les distances minimales entre éoliennes et riverains.

Nous n'aborderons pas non plus les effets parfois évoqués d'influence électromagnétique, préférant en rester à des aspects avérés et quantifiables, ni les aspects liés à la sécurité (bien que foudre et projections de givre ne soient sans doute pas à négliger pour certains sites).

### 1.2 ACADEMIE DE MEDECINE ET AFSSET : DEUX RAPPORTS PAS SI DIVERGENTS

Deux rapports officiels français ont été rédigés sur le sujet :

- un rapport de l'Académie de Médecine (2006), qui préconise une distance minimale de 1500 m,
- un rapport de l'AFSSET<sup>2</sup>, rédigé en 2008 à la demande du gouvernement en réaction par rapport au premier, qui conclut qu'on ne peut pas descendre en dessous de 500 m (ce qui est repris dans la réglementation) mais que des études spécifiques s'imposent au cas par cas.

De fait, lorsque l'on parcourt l'ensemble du rapport AFSSET, on réalise que les deux rapports sont moins contradictoires que ce que laisse apparaître la simple comparaison des chiffres auxquels on les réduit trop souvent.

La « règle des 500 m n'y apparaît que comme « *un principe simple défendu et appliqué par de nombreuses DDASS* ». Il suffit pour s'en convaincre de lire ce qui suit (p 14) pour comprendre que le sujet est en réalité plus subtil :

*« Notons cependant que cette distance de 500 m ne peut pas être prise comme une règle d'éloignement garante de la tranquillité du voisinage. En revanche, elle confirme qu'en deçà, l'acceptabilité d'un projet devient difficile. Au-delà de 500 m, l'implantation d'un parc éolien est possible mais une étude d'impact acoustique de qualité est nécessaire pour mettre en évidence les contraintes propres au site ».*

Le paragraphe suivant est un modèle d'euphémisme technocratique tel qu'on le pratique dans la capitale :

*« L'évolution de la taille des éoliennes influence considérablement le choix des sites d'implantation. Cette évolution peut laisser supposer que les problèmes de nuisances sonores des éoliennes vont aller en diminuant du fait de l'abandon programmé des territoires d'habitats denses, avec des machines de plus en plus grandes ».*

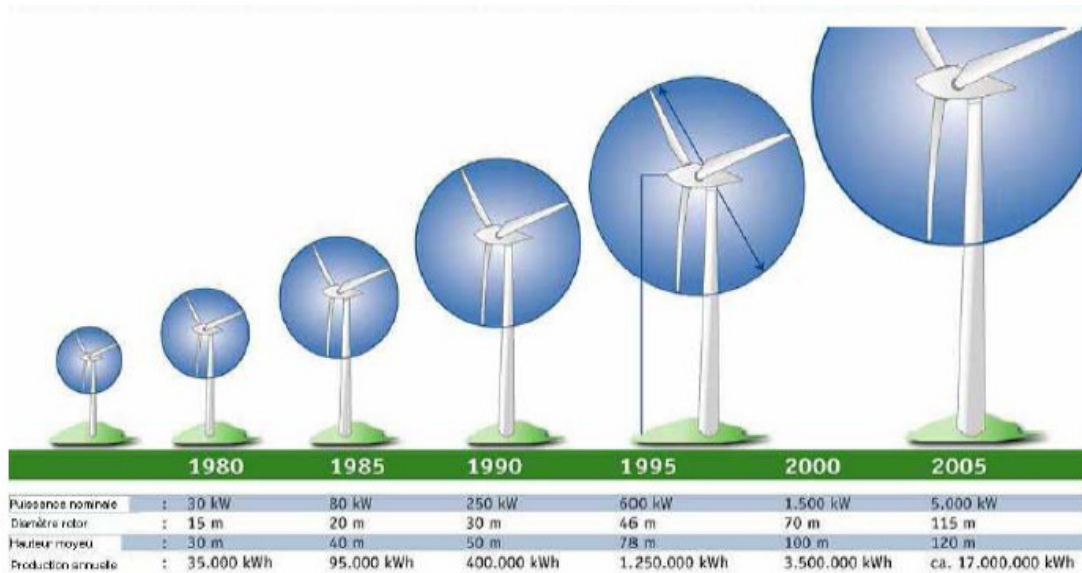
En clair, la limitation des nuisances devrait provenir de ce qu'il y a moins de victimes en habitat dispersé, mais **l'impact par victime n'est pas réduit bien au contraire**, du fait de l'augmentation de la taille et de la puissance des éoliennes.

---

<sup>1</sup> rédigée par Pierre Aristaghes, vice-président de l'Association pour la Préservation du Plateau du Vivarais-Lignon ([asso.vivarais.lignon@gmail.com](mailto:asso.vivarais.lignon@gmail.com))

<sup>2</sup> Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, qui a fusionné en 2010 avec l'agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA) pour devenir l'agence nationale de sécurité sanitaire (ANSES).

Cette évolution est illustrée par le graphique suivant (AFSSET p 25) :



### 1.3 PLAN DU DOCUMENT

Nous aborderons dans un premier temps les aspects liés au bruit, à savoir la spécificité du bruit des éoliennes, l'effet de la distance sur les niveaux sonores, la notion de distance minimale telle que définie par différents organismes, et enfin une comparaison entre les notions précédentes et le vécu des riverains.

Puis nous traiterons de l'impact sur la santé, en nous limitant volontairement au ressenti du bruit et à son aspect social, aux infrasons et aux effets stroboscopiques

De manière générale, nous avons essayé de nous en tenir à des faits faisant l'objet de consensus. Ressortent d'un tel consensus à la fois des données objectives (acoustique, mesures, enquêtes), mais aussi le constat que l'on ne sait pas encore statuer sur le degré de nocivité de tel ou tel phénomène (cas des infrasons), et que ce n'est pas parce que l'on ne sait pas quantifier quelque chose que cette chose n'existe pas.

Nous n'avons pas non plus inclus dans ce document technique de témoignages explicites de riverains du monde entier, mais il est clair que ces témoignages sont nombreux, tant dans la presse que dans certaines synthèses ou enquêtes épidémiologiques.

## 2. ASPECTS PHYSIQUES DU BRUIT DES EOLIENNES

### 2.1 SPECIFICITE DU BRUIT DES EOLIENNES

#### 2.1.1 Description

Le bruit généré par les éoliennes est qualitativement bien connu (cf par exemple le Guide des Etudes d'Impact, MEEDAT 2010 p 131).

Il provient d'une part des mécanismes de la nacelle, et d'autre part des effets aérodynamiques liés au mouvement des pales, lesquels engendrent à la fois un bruit continu (la pale qui fend l'air à très grande vitesse) et un bruit périodique (lors du passage de chaque pale devant le mât).

De manière générale, l'intensité sonore augmente avec la vitesse du vent : nulle vers 4m/s (l'éolienne ne tournant pas), elle culmine entre 12 à 15 m/s, se stabilisant au-delà jusqu'à une vitesse de l'ordre de 30m/s pour laquelle on arrête l'éolienne pour des raisons de sécurité.

Le bruit d'origine mécanique est peu élevé à quelques centaines de mètres par rapport aux bruits d'origine aérodynamique.

Les bruits aérodynamiques sont par contre décrits dans la littérature comme particulièrement gênants, du fait de leur caractère s'apparentant à un sifflement continu associé à un battement périodique, comme le mentionne d'ailleurs l'AFSSET (p 13) :

« Selon des études psycho-acoustiques en laboratoire (Pedersen, Waye and Ohrstrom, 2002) portant sur la description du bruit provenant des éoliennes, les sifflements et les battements seraient les bruits les plus perturbants. Ces bruits peuvent être perçus comme impulsionnels, ce qui renforce le désagrément subi ».

On verra plus bas que les témoignages des riverains, exprimés dans des termes plus imagés et moins techniques, sont cohérents avec cette description que l'on retrouve dans l'ensemble de la littérature sur le sujet.

On a souvent l'impression que les pales d'éoliennes tournent lentement, mais il faut savoir que, du fait du très grand diamètre des rotors (plus de 100 m), la vitesse avec laquelle l'extrémité de la pale fend l'air est supérieure à 200 km/h. C'est ce qui explique l'importance des bruits aérodynamiques par rapport aux bruits mécaniques.

### 2.1.2 Niveau de bruit et perception<sup>3</sup>

La législation française impose au parc éolien de ne pas majorer de plus de 3dB(A) la nuit (5dB(A) le jour) le niveau sonore ambiant avant installation du parc<sup>4</sup>, et ce au droit de chaque riverain en façade.

Il s'agit d'une application directe des textes sur la limitation des nuisances sonores, y compris celles liées aux installations industrielles ou aux infrastructures de transport routières et ferroviaires.

Or du fait de la spécificité du bruit des éoliennes, à savoir son caractère continu auquel se superpose un bruit périodique, la gêne n'est pas nécessairement la même à niveau sonore égal.

De fait, des comparaisons ont été effectuées sur les seuils d'apparition de gêne ressentie, qui font ressortir un seuil de niveau sonore plus faible pour le bruit éolien.

Ceci est illustré par le graphique suivant (van der Berg 2006) reliant la proportion de riverains sévèrement gênés (« highly annoyed ») au niveau sonore.

On observe que dans le cas des éoliennes (losanges), la gêne est ressentie pour des niveaux sonores moins élevés que pour les bruits routiers par exemple (courbe en trait épais). Ainsi, à 42 dB(A), de 5 à 10% des riverains ressentent une gêne prononcée dans le cas d'un bruit d'origine éolienne, quand personne n'exprime aucune gêne vis-à-vis d'une route générant le même niveau sonore.

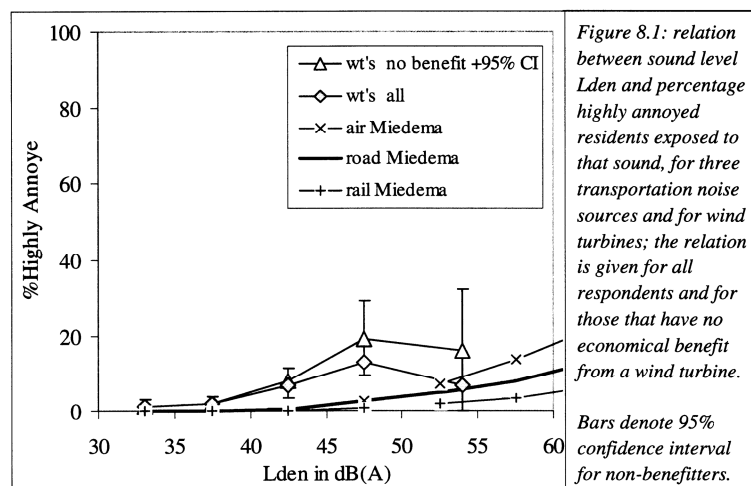
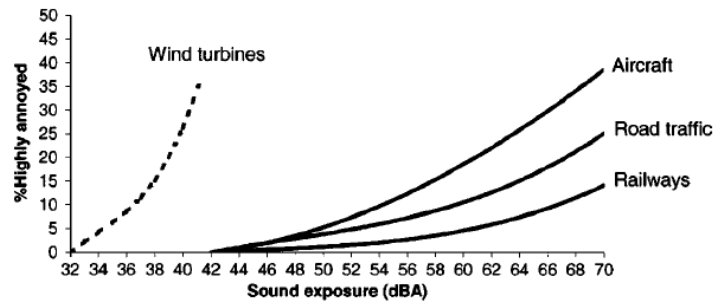


Figure 8.1: relation between sound level  $L_{den}$  and percentage highly annoyed residents exposed to that sound, for three transportation noise sources and for wind turbines; the relation is given for all respondents and for those that have no economical benefit from a wind turbine. Bars denote 95% confidence interval for non-benefitters.

<sup>3</sup> on trouvera en annexe les notions de base d'acoustique utiles pour le sujet traité

<sup>4</sup> on emploie le mot d'« émergence » pour cette majoration du bruit initial

On retrouve le même phénomène sur le graphique suivant (Pedersen 2004). La très forte gêne ressentie à niveau sonore égal dans le cas des parcs éoliens y est interprétée comme étant due, en plus des phénomènes physiques de modulation périodique du niveau de bruit décrit plus haut, par le fait que les enquêtes sur les parcs éoliens étaient dans ce cas effectuées en milieu rural, où le bruit de fond ambiant est très faible<sup>5</sup>.



Un second biais intervient dans l'application aux éoliennes des pratiques acoustiques utilisées dans les autres domaines. On a en effet coutume de quantifier le niveau sonore ressenti par une oreille humaine en appliquant au niveau sonore brut (exprimé en dB) une correction dépendant de la fréquence, qui traduit le fait que notre oreille réagit différemment selon les fréquences, ce qui conduit à l'échelle dB(A).

Or cette échelle ne semble pas adaptée au cas des éoliennes, comme le note l'AFSSET (p 32) :

*« Le dB(A) est assez généralement présenté comme un indicateur inadapté pour les basses fréquences, malgré la part de bruit des moyennes et hautes fréquences susceptible d'intervenir dans le bruit du sifflement en bout de pales. L'emploi du dB(A) pour évaluer la gêne due aux basses fréquences (et partant aux éoliennes) conduit à une sous-estimation générale de la nuisance rapportée dans l'environnement ».*

On retiendra de ce qui précède les points suivants (confirmés par l'AFSSET) :

- **un parc éolien génère plus de nuisances à niveau sonore égal qu'une infrastructure de transport,**
- **les calculs en dB(A) sous-estiment la gêne due aux éoliennes**

Or ces deux effets ne sont pas pris en compte dans la réglementation actuelle, ce que l'on devra garder à l'esprit lorsque l'on comparera résultats de calculs et ressenti.

## 2.2 DISTANCE ET SEUIL D'EMERGENCE

### 2.2.1 Principes de propagation et de cumul des sons

Du fait de la grande hauteur des éoliennes, la propagation du son sur terrain à peu près plat est proche du modèle idéal d'une onde sphérique prenant son origine au moyeu. L'effet de sol est faible, par opposition à un bruit routier, dont la source est au niveau du sol, comme le montre le schéma suivant (ref AFSSET p 48) :



<sup>5</sup> Ceci illustre au passage la pertinence du concept d'émergence qui sous-tend la législation française : la nuisance due à un aménagement ne correspond pas à un niveau de bruit global absolu, mais à l'augmentation du niveau sonore par rapport à l'état avant aménagement.

Les principes de calcul sont alors simples (sur terrain plat et en atmosphère homogène).

Si l'on connaît la puissance sonore  $L_w$  de l'éolienne (de l'ordre de 95 à 110 dB(A) pour une éolienne de 2 MW en fonction de la vitesse du vent, ref MEEDAT p 139), on sait évaluer le niveau sonore  $L_i$  dû à l'éolienne n° i située à une distance horizontale  $d_i$  de l'habitation<sup>6</sup>.

Si l'on note  $L_o$  le bruit ambiant initial (avant installation du parc éolien), et  $L_i$  les niveaux sonores générés au droit de l'habitation pour chacune des n éoliennes du parc, le bruit résultant total  $L_{tot}$  est obtenu par simple cumul<sup>7</sup> des niveaux sonores  $L_o$  et  $L_i$ .

L'émergence est alors calculée comme la différence  $L_{tot} - L_o$ , à comparer à la limite légale (3dB de nuit, 5dB de jour).

Ce calcul donne, en site relativement plat et en atmosphère homogène, des résultats très proches des modélisations dites complètes, dont le degré de précision supposé n'est pas à l'échelle de la précision des données d'entrée, et sur lesquelles nous reviendrons.

Il a également le mérite de donner des ordres de grandeur intéressants pour aider à percevoir l'effet de tel ou tel paramètre, comme nous allons le voir dans ce qui suit.

## 2.2.2 Spécificité du milieu rural : un faible bruit ambiant

Une première caractéristique du milieu rural est le faible niveau de bruit ambiant, notamment de nuit, comme le montre par exemple le tableau suivant (rapport AFSSET p 54) :

Nuit	4 m/s	6 m/s	8 m/s
500m d'une zone industrielle ou d'un grand axe routier	38 dB(A)	38 dB(A)	38 dB(A)
Zone rurale (plaine) avec végétation	28 dB(A)	35 dB(A)	38 - 40 dB(A)
Zone rurale (plaine) sans végétation	24 dB(A)	27 dB(A)	32 dB(A)

Pour apprécier l'effet de ce bruit ambiant sur la difficulté à respecter l'émergence légale de 3dB la nuit, il suffit de considérer que 3dB correspond à un doublement de la puissance sonore (du fait du mode de cumul des niveaux sonores, comme expliqué en annexe § 6.3).

Par conséquent, **une nuisance sonore nocturne générant un niveau sonore L au droit d'une habitation n'est légale que si L est inférieur au niveau initial ambiant  $L_o$** .<sup>8</sup>

Ainsi, une éolienne isolée qui générerait par vent de 6 m/s un bruit de 38 dB(A) au droit d'une maison distante de 500 m serait, du point de vue de la réglementation :

- acceptable (tout juste) en zone industrielle ou près d'un grand axe routier (*le tableau précédent donne un  $L_o$  de 38 dB, donc un bruit résultant de  $38 \oplus 38 = 38 + 3$  dB, soit une émergence exactement égale à la limite légale de 3 dB*)
- inacceptable en zone rurale (*en effet, les règles de cumul donnent une émergence de 4.8 dB pour un bruit de fond  $L_o$  de 35 dB(A), et de plus de 11 dB(A) pour un  $L_o$  de 27 dB(A) correspondant à un plateau sans végétation au voisinage du récepteur*).

<sup>6</sup> En appliquant la formule de propagation du § 6.4 pour une distance  $r_i$  allant du rotor au récepteur. Le coefficient d'atténuation atmosphérique  $\alpha$  est calculé à l'aide de la formule ISO en fonction de la fréquence. Connaissant la forme du spectre fréquentiel de la source (à savoir la distribution de l'énergie sonore en fonction de la fréquence), on peut aisément décomposer la puissance totale en bandes de fréquences, et ainsi recomposer le spectre après propagation de chaque composante, ce qui conduit à un niveau sonore L résultant au droit du récepteur.

<sup>7</sup> formule du § 6.3

<sup>8</sup> En effet, compte-tenu de la règle de cumul des niveaux sonores :  $L_o \oplus L_o = L_o + 3$ dB. Par conséquent pour respecter la condition :  $L \oplus L_o < L_o + 3$ dB, il faut que  $L < L_o$ .

Cet exemple, fondé sur des valeurs réalistes<sup>9</sup>, confirme bien ce que dit l'AFSSET : la distance de 500 m peut parfois suffire, notamment dans le cas d'une éolienne isolée et en milieu bruyant à l'origine. Mais la règle est déjà violée dès que le bruit ambiant est faible, ce qui est en général le cas en milieu rural, a fortiori à l'écart des bourgs et villages.

### 2.2.3 Des phénomènes aérodynamiques amplifiés la nuit

A cela s'ajoute un phénomène souvent négligé : sous certaines conditions météorologiques, notamment la nuit, les vents sont forts en altitude et faibles au niveau du sol. Les premiers sollicitent donc fortement l'éolienne et augmentent son niveau sonore  $L$ , alors que les faibles vents au sol génèrent un faible bruit de fond  $L_0$ .

Par suite, le bruit de l'éolienne est plus nettement perçu que dans une atmosphère « standard », caractérisée par un profil vertical de vitesse de vent bien défini dans les codes de calcul. Par rapport à l'exemple précédent, les émergences seraient encore plus élevées pour un même niveau de bruit généré  $L$ , du seul fait que le bruit ambiant  $L_0$  est plus faible.

De fait, cette stabilité de l'atmosphère a d'autres effets plus complexes que la seule minimisation du bruit de fond au niveau du sol.

Ceci a été mis en évidence et étudié en détail par van der Berg (2006), dont le point de départ a été d'essayer de comprendre la raison pour laquelle des riverains éloignés (jusqu'à 2 km et plus) se plaignaient de nuisances sonores nocturnes, notamment de sifflements et de fluctuations régulières du son. Analyses et mesures à l'appui, il a conclu que les modèles utilisés classiquement sous-estimaient les bruits éoliens.

*Sans entrer dans les détails techniques, on peut résumer sa thèse comme suit.*

*La forme du profil vertical de vitesse dépend du flux thermique net vers le sol. Par une chaude journée d'été, le flux solaire est prépondérant, l'air est chauffé par le bas et tend à monter, créant une atmosphère instable et fortement turbulente, conduisant à une certaine homogénéisation des vitesses de vent sur la verticale. A l'inverse, par une nuit claire, l'air est refroidi par le bas et reste au niveau du sol ; une telle atmosphère est très stable, et des écarts de vitesse importants entre le sol et l'altitude peuvent s'établir et perdurer.*

*Du fait de ces variations de la vitesse du vent avec l'altitude, sensibles entre le bas et le haut des pales, le bruit aérodynamique dû au mouvement de la pale fluctue au cours de la rotation de la pale, générant des battements à basse fréquence, lesquels se superposent aux bruits « classiques » et se propagent à grande distance (les basses fréquences étant peu amorties). La majoration peut atteindre 5 dB, voire 9 dB quand les différentes éoliennes d'un parc sont synchrones, ce qui est possible avec une atmosphère stable.*

#### **Pour conclure sur cet effet lié aux atmosphères nocturnes stables :**

- **ces phénomènes existent (ils ont été mesurés et analysés),**
- **ils conduisent à une majoration sensible du bruit à longue distance, associée à des phénomènes de battements particulièrement gênants,**
- **ils sont totalement négligés par les études acoustiques classiques,**
- **ils ont été découverts dans le cadre d'une recherche déclenchée par des plaintes de riverains lointains, que n'expliquaient pas les modèles de prévision standard.**

A noter que l'AFSSET mentionne (p 44) le phénomène sans en donner une explication aussi précise et quantifiée (la thèse est plus récente que la constitution du groupe de travail) :

*« On recense cependant quelques cas, notamment en fonction du gradient vertical de vent, où la propagation des basses fréquences semble canalisée du fait des conditions météorologiques, ce qui conduit à une atténuation plus faible que prévue ».*

---

<sup>9</sup> On peut en effet le comparer avec les mesures effectuées sur des parc existants (rapport AFSSET pp 58 et 59), où le site 1, distant de 570 m, subit un niveau sonore total de 42 dB pour un  $L_0$  de 38 dB (soit une émergence illégale de 4 dB), ce qui correspond à un niveau sonore  $L$  généré par l'éolienne seule égal à 40 dB (compte-tenu des règles de cumul des niveaux sonores).

*Notre exemple n'a donc rien de provocateur ni d'irréaliste : il correspond d'ailleurs au bruit calculé selon la méthode décrite plus haut pour une éolienne de 100 m de hauteur au moyeu et de 105 dB(A) de puissance acoustique.*

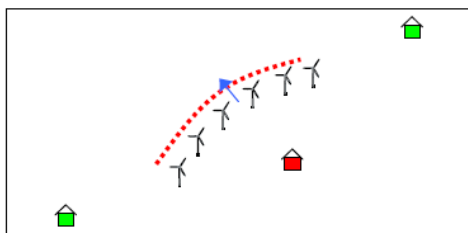


## 2.2.4 Quand les éoliennes encerclent une habitation

Dans le cas d'un parc éolien tel que celui représenté ci-dessous (MEEDAT 2010), la maison rouge subit le cumul des niveaux sonores  $L_i$  générés par chaque éolienne.

### Cas n°2

Si l'impact est localisé sur une zone habitée uniquement (en rouge), et est lié à un grand nombre de machines, c'est au minimum l'implantation de la première ligne de machines proche de cette zone qui est à revoir (l'exemple ci-contre illustre la possibilité de reculer cette première ligne), ou bien le choix de machines moins bruyantes qui est à privilégier.



Ce qui a été vu plus haut pour le respect de l'émergence dans le cas d'une seule éolienne générant un niveau sonore  $L$  doit être adapté au cas d'un groupe d'éoliennes.

Pour fixer les idées, si  $n$  éoliennes sont situées à égale distance de la maison rouge, le niveau global, obtenu par la règle de cumul (cf § 6.3), est égal à  $L_{\text{tot}} = L + 10 \cdot \log(n)$ .

Le tableau ci-dessous donne la majoration par rapport à 1 éolienne :

$n$	1	2	3	4	5	6
$\Delta L$ (dB)	0.0	3.0	4.8	6.0	7.0	7.8

Compte-tenu de la difficulté exposée précédemment à respecter une émergence de 3 dB en milieu rural avec une seule éolienne moderne située à 500 m, il est évident au vu de ces chiffres que la disposition classique en arc de cercle est a fortiori encore plus incompatible avec la réglementation.

Comme évoqué dans la légende de la figure ci-dessus, il faut soit augmenter la distance, soit réduire la puissance des éoliennes, ce qui n'est pas dans le sens de l'histoire (ni de l'esprit des ZDE qui visent à éviter le mitage de petits parcs éoliens).<sup>10</sup>

## 2.3 A L'ECOUTE DES RIVERAINS

### 2.3.1 Enseignements des témoignages de riverains

On pourrait multiplier les extraits de presse, écrite ou télévisée, qui relatent le mal-être de riverains, pour la plupart situés au-delà des fameux 500 m.

Ce qui est frappant, c'est la similitude des descriptions, parfois imagées<sup>11</sup>, que font les riverains du monde entier de ce qu'ils ressentent. Ceci devrait inciter les autorités à plus de considération vis-à-vis des nombreuses plaintes, comme le note Lachat (2011) :

*« Les plaintes ne sont pas le fait de personnes hystériques ou présentant des désordres physiques ou psychiques préalables. Les mêmes mots sont utilisés partout dans le monde pour décrire les mêmes maux. »*

Il est aussi frappant d'observer que nombre de témoignages sont le fait de personnes qui se disaient favorables au projet durant la phase de concertation.

<sup>10</sup> A titre d'illustration, une étude d'impact (parc de Thivolet dans la Drôme, février 2010) conclut à un dépassement de l'émergence en condition diurne pour deux maisons situées à 800m de la plus proche éolienne, et en condition nocturne pour cinq maisons situées de 800 à 1400 m du parc...

<sup>11</sup> On lit souvent des témoignages faisant état de bruit d'un avion qui n'en finirait pas de passer, associés à des pulsations régulières. On trouvera de tels témoignages, y compris d'autorités qui reviennent sur leurs positions relatives à l'éolien à proximité d'habitations, sur le site de l'Acoustic Ecology Institute ([www.acousticecology.org](http://www.acousticecology.org))



### 2.3.2 Conséquences du « négationnisme » des promoteurs

On a vu précédemment que le bruit des éoliennes était bien réel et se propageait, qu'il avait un caractère de nuisance passablement marqué à niveau sonore égal par rapport aux autres bruits « classiques », que les modèles de prévision tendaient à le sous-estimer dans certaines conditions.

Par conséquent, l'attitude consistant à nier la réalité ou le bien fondé des plaintes ne pourra pas tenir longtemps face aux innombrables témoignages (certains allant jusqu'à quitter leur maison ou à entamer une grève de la faim) et aux recherches des acousticiens.

Le vrai risque est, comme le signalent différents auteurs, que le public, suivi par les politiques, se détourne de l'éolien quand le nombre de projets contestés ira grandissant et que les individus réaliseront que c'était prévisible mais que promoteurs et/ou autorités ont préféré « passer en force », privilégiant le court terme au long terme.

## 3. EFFETS SUR LA SANTE

### 3.1 EFFET SOCIAL ET INTERACTION AVEC LE RESENTI DU BRUIT

La notion de « santé » doit être comprise au sens large, comme expliqué par l'Institut National de Santé Publique du Québec (2009) :

*« Les impacts psychologiques et sociaux découlant des risques environnementaux sont nombreux. Ils peuvent être regroupés sous le vocable des impacts à la qualité de vie générale. Ce concept est en lien avec la définition de la santé proposée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) stipulant que la santé est un état de bien-être physique, mental et social. »*

L'interaction entre ces aspects et l'intensité du ressenti des nuisances sonores est réel, comme décrit par exemple par l'AFSSET :

*« La gêne peut également être engendrée par des facteurs subjectifs, ainsi le sentiment d'un impact négatif sur la santé lié au bruit. Des études ont par exemple permis de constater que les performances auditives des personnes gênées ne diffèrent pas des courbes moyennes, ce qui illustre bien l'importance de la perception des éoliennes dans leur acceptation.*

*Parmi les facteurs négatifs évoqués, on trouve également le caractère inesthétique, la détérioration du paysage, de l'environnement naturel et l'impact négatif sur certaines espèces d'oiseaux. Les sentiments de manque d'informations et de consultation préalable à l'installation jouent un rôle dans la perception négative des éoliennes. »*

On pourrait ajouter à cela le sentiment d'inégalité et d'injustice, tels que mentionnés dans le rapport québécois (p 4) :

*« Le refus de l'implantation d'éoliennes dans l'entourage n'est pas nécessairement une question d'égoïsme, mais serait plutôt associé à une perception d'inégalité et d'injustice. »*

Ce sentiment d'injustice peut être lié :

- à un déficit d'écoute et de concertation,
- à un partage inégal des retombées économiques du parc,
- à une perte non compensée de valeur immobilière<sup>12</sup>.

L'impact de ce sentiment d'injustice est d'une certaine manière quantifié sur le premier graphique du paragraphe 2.1.2, où l'on observe que la population ne retirant aucun bénéfice du parc éolien (triangles) est plus sensible au bruit que l'ensemble de la population (losanges).

---

<sup>12</sup> Celle-ci est réelle, attestée par des décisions de justice récentes, tant en France qu'à l'étranger. Elle est d'ailleurs reconnue implicitement par le Schéma Régional Eolien, qui cite comme indicateur de l'acceptation sociale des parcs le nombre de plaintes déposées pour perte de valeur immobilière.

### 3.2 INFRASONS

Les infrasons sont souvent cités dans la littérature relative aux éoliennes.

Au sens propre, un infrason est une onde de pression de fréquence inférieure à 20 Hz, les fréquences situées entre 20 et 200 Hz étant qualifiées de basses fréquences.

Au vu de ce qui précède, tant du fait du passage des pales devant le mât que du fait des battements décrits sous atmosphère nocturne stable, le spectre fréquentiel émis par une éolienne contient des infrasons et des basses fréquences.

L'AFSSET conclut à la non nocivité de ces « infrasons », avec toutefois une réserve sur le fait que c'est la position au stade actuel de la recherche (p 13) :

*« A l'heure actuelle, il n'a été montré aucun impact sanitaire des infrasons sur l'homme, même à des niveaux d'exposition élevés »*

Toutefois, le même rapport (p 84) précise, rejoignant l'analyse de van der Berg :

*« Lorsque les éoliennes sont en phase, par nuit calme, des battements peuvent être audibles, parfois dus aux interférences entre éoliennes différentes. Le caractère impulsif est alors avéré.*

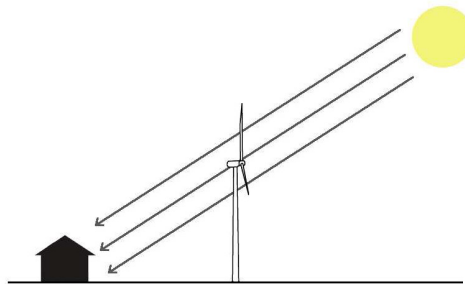
*A titre d'exemple, la fréquence d'occurrence des bruits est égale à la fréquence de passage des pales devant le fût de l'éolienne, avec une émergence globale de +3 à +6 dB dans cette période, parfois 9 dB(A). Puis, sur une durée de 175 s (ou plus), les bruits de passages s'affaiblissent jusqu'à extinction. Ces relèvements ne s'atténuent pas systématiquement avec la distance mais peuvent être renforcés entre 400 m et 1 500 m, peut être du fait de l'interaction entre les bruits des éoliennes voisines. En ambiance calme (neutre), les bruits peuvent être nettement mesurables jusqu'à 2 kms.*

*Il y a prédominance de basses fréquences, mais difficilement perceptible. Néanmoins, la gêne est plus importante qu'avec les bruits d'environnement usuels de même niveau global. »*

Au-delà des problèmes de vocabulaire (infrasons ou basses fréquences, intensité sonore ou battement, impact sanitaire ou gêne), une chose est certaine : L'AFSSET admet que **des « phénomènes gênants » sont perceptibles jusqu'à 2 km.**

### 3.3 OMBRES PORTEES

Le schéma suivant (MEEDAT 2010 p 145) illustre ce qu'on appelle l'effet stroboscopique : L'ombre des pales se déplaçant à grande vitesse peut être ressentie à distance, et induire un inconfort certain..



#### 4. CONCLUSION

En 2005, l'Académie de Médecine a préconisé que, dans l'attente d'une étude épidémiologique sérieuse, on n'installe pas **d'éoliennes de forte puissance à moins de 1500 m d'habitations**.

**Cette distance est cohérente avec les recommandations d'acousticiens ou de médecins** tirées d'une publication récente (Hanning 2010), incluant des études épidémiologiques sérieuses effectuées entre temps (voir tableau en annexe B).

Les autorités ont chargé l'AFSSET en 2006 de mener une analyse critique de ce rapport. Nous avons déjà commenté ce rapport AFFSET, auquel il n'y a rien à redire sur le plan technique, sauf si on le réduit à une caution du principe d'une distance minimale de 500 m, ce que ce rapport ne dit aucunement, mais qu'on lui fait souvent dire, alors que cette distance n'apparaît que comme un principe simple appliqué de manière empirique par certaines DDASS.

**La « règle des 500m » n'y est en effet jamais présentée comme une condition suffisante pour garantir le calme**, mais simplement comme une **condition minimale qu'il est absolument nécessaire de respecter**, mais qui pour autant **ne garantit pas le respect de la tranquillité des riverains ni de la loi sur les nuisances sonores**.<sup>13</sup>

Et le même rapport de l'AFSSET mentionne, comme évoqué plus haut au sujet des « infrasons », que **des phénomènes acoustiques gênants sont ressentis jusqu'à 2 km.**, rejoignant en cela l'étude très complète et récente de van der Berg.

Le paragraphe de conclusion du rapport de l'AFFSET (p 15) ne mentionne d'ailleurs pas la fameuse distance de 500 m. On y lit par contre ce qui suit :

*« Des retours d'expérience ont montré que **la détermination d'un critère de distance minimale d'éloignement des éoliennes par rapport aux habitations n'est pas représentative de la réalité** et constitue un exercice hasardeux.*

*Au vu de ces éléments, l'énoncé 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, ne semble pas pertinente. Les avantages de la généralisation d'une telle distance, simple à mettre en oeuvre, doivent être mis en balance avec le frein au développement qu'elle constitue. 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 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. »*

Par conséquent, **les préconisations de l'Académie de Médecine ne sont en aucune manière invalidées techniquement**, ni par la conclusion du rapport AFSSET ni par les éléments tirés du corps du document. Son seul défaut est de risquer d'entraîner « un frein au développement » de l'éolien en France, assertion qui sort manifestement du champ de compétences de l'AFSSET.

On aurait donc tout aussi bien pu synthétiser ce rapport en écrivant que l'on doit respecter une distance minimale de 1500 m, sauf à démontrer qu'une distance inférieure est compatible avec le respect des réglementations relatives aux nuisances sonores, et ce sans jamais descendre en dessous de 500 m.

Mais **une distance voisine de 500 m apparaît incompatible dans le cas de parcs éoliens en milieu rural loin de toute source de bruit**<sup>14</sup>, a fortiori quand plusieurs éoliennes sont à ces distances d'une même habitation.

---

<sup>13</sup> A ce propos, l'affirmation que l'on peut lire dans le Schéma Régional Eolien Rhône Alpes (ref CETE de Lyon 2011, p 49), comme quoi « ces restrictions (à savoir l'éloignement minimal de 500 m) sont suffisantes en première approche et ne nécessitent pas de recommandation supplémentaire », est inexacte et susceptible d'induire les décideurs en erreur. Il aurait été plus juste au contraire de les mettre en garde sur le fait que, notamment en milieu rural, cette règle ne garantissait pas le respect des niveaux sonores.

<sup>14</sup> Sur la base des calculs du § 2.2.2, cohérents avec les mesures mentionnées par l'AFSSET, ou encore de l'exemple d'étude d'impact cité en note 10.

## 5. REFERENCES

- [1]. Académie Nationale de Médecine : Le retentissement du fonctionnement des éoliennes sur la santé de l'homme (mars 2006)
- [2]. AFSSET : Impact sanitaire du bruit généré par les éoliennes (mars 2008)
- [3]. MEEDAT (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable, de l'Aménagement et des Transports) : Guide de l'Etude d'Impact sur l'Environnement des Parcs Eoliens (actualisation 2010)
- [4]. Institut National de Santé Publique du Québec : Eoliennes et Santé Publique (sept 2009)
- [5]. Lachat : Eoliennes et Santé Humaine (juin 2011)
- [6]. van der Berg : The effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise (thèse Université de Groningen, mai 2006)
- [7]. Hanning : Wind Turbine Noise, Sleep and Health (avril 2010)
- [8]. Pedersen & Waye : Perception and Annoyance due to Wind Turbine Noise – a dose – perception relationship (journal of Acoustic Society of America, dec 2004)
- [9]. CETE de Lyon : Bases de réflexion pour l'élaboration du Schéma Eolien de la région Rhône Alpes (février 2011)

## 6. ANNEXE A : NOTIONS DE BASE D'ACOUSTIQUE

### 6.1 DEFINITION DU NIVEAU SONORE

Le son est une onde de pression se propageant dans l'air, dont on peut caractériser l'intensité en un point donné et à un instant donné par la pression efficace, définie en fonction de la pression instantanée  $p(t)$  comme suit, l'intervalle d'intégration  $\Delta t$  étant généralement compris entre 0.1 et 2 s :

$$p_{eff}^2(t) = \frac{1}{\Delta t} \int_t^{t+\Delta t} p^2(t) dt$$

Cette pression efficace est ensuite traduite en « niveau de pression acoustique », défini comme suit en fonction du seuil d'audibilité  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Pa. Ce niveau est exprimé en dB :

$$L_p(t) = 20 \cdot \log \frac{p_{eff}(t)}{p_0}$$

L'oreille humaine est sensible aux fréquences entre 20 Hz et 10 kHz (soit des longueurs d'onde  $\lambda$  entre 15 m et 3 cm), mais l'effet physiologique dépend de la fréquence. Pour traduire cette sensibilité variable, on définit le dB(A) en ajoutant aux intensités mesurées en dB une correction dépendant de la fréquence.

### 6.2 PUISSANCE ACOUSTIQUE D'UNE SOURCE

L'intensité acoustique (en  $W/m^2$ ) est, pour une onde progressive, proportionnelle au carré de la pression efficace, soit (en notant  $\rho$  la masse volumique de l'air et  $c$  la célérité du son) :

$$I = \frac{P_{eff}^2}{\rho c}$$

La puissance acoustique d'une source sonore est la somme de toutes les énergies qui en partent. Elle s'exprime donc, pour toute surface fermée la contenant, par la relation :

$$W = \iint_S I dS$$

D'où l'on tire le niveau de puissance acoustique (en dB) par rapport à une énergie de référence  $W_0 = 10^{-12}$  W :

$$L_w(t) = 10 \cdot \log \frac{W}{W_0}$$

### 6.3 CUMUL DES NIVEAUX DE BRUIT

La relation précédente montre que le niveau de bruit  $L_i$  lié à une source sonore  $i$  correspond à une puissance acoustique  $W_i$

$$W_i / W_0 = 10^{L_i / 10}$$

D'où la règle de cumul des niveaux sonores :

$$\oplus L_i = \Sigma 10^{L_i / 10}$$

Les niveaux sonores (exprimés en dB ou en dB(A)) ne s'additionnent donc pas simplement. Seules les puissances s'additionnent, et le niveau de bruit résultant est celui correspondant à la puissance cumulée.

Par exemple, on montre aisément que deux bruits de même intensité  $L$  engendrent un bruit d'intensité  $L + 3$  dB. Ainsi, deux sons de 30 dB(A) ne donnent pas 60 dB(A) mais 33 dB(A).

## 6.4 PROPAGATION

Une source ponctuelle de puissance  $W$  placée en hauteur va générer une onde sphérique. La conservation de l'énergie suppose le flux constant à travers une sphère de rayon  $r$  quelconque :

$$W = \iint_S IdS = 4\pi r^2 I(r)$$

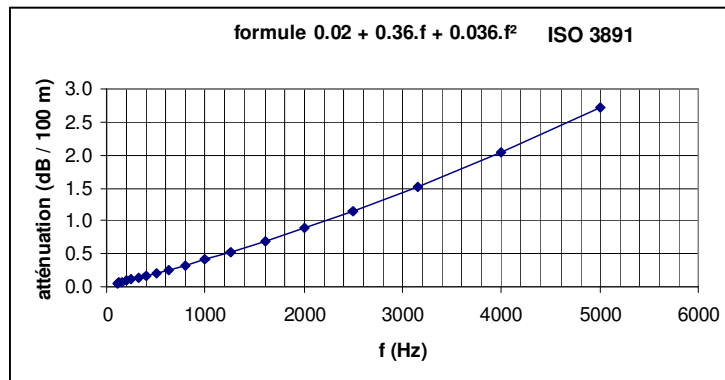
On en tire le niveau sonore  $L$  (en dB ou dB(A)) à la distance  $r$  (exprimée en m) :

$$L = L_w - 20\log(r) - 10\log(4\pi) = L_w - 20\log(r) - 11$$

A cette propagation par pure divergence géométrique s'ajoute une atténuation atmosphérique  $\alpha$  (exprimée en dB / 100m), de telle sorte que la formule précédente devient :

$$L = L_w - 20\log(r) - 10\log(4\pi) - \alpha.r/100 = L_w - 20\log(r) - \alpha.r/100 - 11$$

La norme ISO 3891 propose la relation suivante pour l'atténuation  $\alpha$  :



Cette relation est tout à fait cohérente avec le tableau proposé par l'AFSSET (p 46) :

Température (°C)	Humidité relative (%)	Coefficient d'atténuation atmosphérique, $\alpha$ , dB/100 m							
		Fréquence centrale nominale (Hz)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
10	70	0.01	0.04	0.1	0.19	0.37	0.97	3.28	11.7
20	70	0.01	0.03	0.11	0.28	0.5	0.9	2.29	7.66
30	70	0.01	0.03	0.1	0.31	0.74	1.27	2.31	5.93
15	20	0.03	0.06	0.12	0.27	0.82	2.82	8.88	20.2
15	50	0.01	0.05	0.12	0.22	0.42	1.08	3.62	12.9
15	80	0.01	0.03	0.11	0.24	0.41	0.83	2.37	8.28

## 7. ANNEXE B : PRECONISATIONS DE DISTANCES MINIMALES

Source Hanning 2010

**Table II. Recommendations for setback of residential properties from industrial wind turbines**

Note 1. The 2km limit from edges of towns and villages seems to have been set more for visual than noise reasons

Note 2. Dixsaut and colleagues (2009) report a review of this recommendation by AFSSET. They concluded that the 1.5km setback was "not relevant" and would compromise wind park development.

Authority	Year	Notes	Recommendation	
			Miles	Kilometres
Frey & Hadden	2007	Scientists. Turbines >2MW	>1.24	>2
Frey & Hadden	2007	Scientists. Turbines <2MW	1.24	2
Harry	2007	UK Physician	1.5	2.4
Pierpont	2008	US Physician	1.5	2.4
Welsh Affairs Select Committee	1994	Recommendation for smaller turbines	0.93	1.5
Scottish Executive	2007	See note 1.	1.24	2
Adams	2008	US Lawyer	1.55	2.5
Bowdler	2007	UK Noise engineer	1.24	2
French National Academy of Medicine	2006	French physicians See note 2	0.93	1.5
The Noise Association	2006	UK scientists	1	1.6
Kamperman & James	2008	US Noise engineers	>.62	>1
Kamperman	2008	US Noise engineer	>1.24	>2
Bennett	2008	NZ Scientist	>0.93	>1.5
Acoustic Ecology Institute	2009	US Noise engineers	0.93	1.5
NSW General Purpose Standing Committee	2009	Legislators	1.24	2
Thorne	2010	Aus/NZ acoustician	1.24	2