

M Thierry Beauvilain
3, rue de la Golotte,
45290 Varennes-Changy

Commission d'enquête sur le Parc Eolien
des Ailes du Gatinais

Objet : Remarque sur l'étude d'impact acoustique : des compléments sont à donner et l'étude d'impact doit être plus que grandement complétée... **Vous alerter sur la nocivité réelle et démontrée des infrasons de type éolien.** Sur les effets stroboscopiques.

Varennes-Changy, le 18 Mars 2023,

Je suis ingénieur mécanicien (UTC) avec une spécialisation en acoustique et vibration qui a été approfondie avec un Master Of Science de Purdue University, USA et deux années et demi de recherche en acoustique. J'ai 30 ans d'expérience en acoustique et vibration dans les domaines liés aux transports ainsi que sur des éoliennes !

Contrairement à ce que peuvent clamer tous les prometteurs de l'éolien, le bruit généré par les parcs d'éoliennes fait l'objet de nombreuses plaintes dès que les parcs sont mis en service. Les tribunaux Allemands sont tous encombrés de plaintes dont les jugements résultent souvent en une réduction de la puissance de sortie des parcs incriminés au grand damne des exploitants... Mais cela ne fait qu'atténuer les choses momentanément.

Entre 2004 et 2005, j'étais dans une société spécialisée en Imagerie acoustique et nous avons travaillé pour les constructeurs GE Wind Energy (en Allemagne) et Vestas (au Danemark). La technique d'imagerie, utilisant une grande antenne de 15 m par 15 m avec 160 microphones, permet de quantifier et de localiser précisément les zones d'émissivité du bruit sur les structures. Je pensais que nos résultats seraient exploités pour aider à réduire le bruit généré par les éoliennes car la réduction du bruit des systèmes est mon métier. Mais non ! Vue leur précision de localisation et de quantification, nos résultats ont été utilisés aux fins de prédire, avec des modèles de propagation, combien de fois, en fonction des conditions météo, un parc dépasserait les niveaux de bruit autorisés en façade des bâtiments. Il se trouve, qu'avec nos résultats, le nombre de fois estimé était bien plus important que ce qui est prédit à partir des données issues de la « norme » de mesurage du bruit des éoliennes : IEC 61400-11 (voir Figure 8).

Cette « norme » est à l'avantage des fabricants d'éoliennes. Elle ne permet pas de correctement estimer la puissance acoustique réelle de ces machines puisqu'elle se base sur un seul microphone au sol... Dans les autres domaines de l'industrie, on utilise 20 microphones répartis sur une demi-sphère englobant l'objet, ou des mesures sur des grilles entourant les objets, etc. ... Le seul bon sens permet de comprendre le biais induit ici... Ainsi, toutes les données de puissance acoustique des éoliennes sont sous-estimées et conduisent toutes les études d'impact acoustique à déduire qu'il n'y aura évidemment aucun problème dans le voisinage !

Pourtant, il serait facile aux constructeurs de mettre des mats de mesure autour de leurs éoliennes avec plusieurs microphones distribués sur la hauteur afin de non seulement déterminer correctement la puissance acoustique de leurs machines mais aussi la directivité réelle de leurs émissions acoustiques. On se

demande pourquoi ils ne le font pas alors qu'ils installent des dizaines de mâts de mesures partout où ils souhaitent implanter leurs machines...

Mais le pire n'est pas là... On rencontre souvent après l'installation d'un parc éolien, des habitants à proximité, se plaignent de nombreuses affections telles que :

- Troubles du sommeil,
- Maux de tête,
- Nausées,
- Migraines,
- Dépression,
- Anxiété,
- Agressivité,
- Acouphènes,
- Angoisses
- Etc. et de nombreux autres problèmes « émotionnels ».

Ces citoyens sont méprisés par les promoteurs de l'éolien et les exploitants des parcs en qualifiant leurs affections d'effet « nocébo ».

Dans l'Aisne, dans un rayon de 30 km autour de la commune de Marle, il a été recueilli 359 témoignages de personnes affectées par les troubles ci-dessus mentionnés après la mise en service de parcs éoliens. Ce sont 359 réclamations qui ont été transmises à l'administration.

Ces affections sont en très grande partie imputables aux effets des infrasons générés par les éoliennes.

Les promoteurs de l'éolien rétorquent tous en cœur que les infrasons sont en dessous du seuil audible ! Ces derniers s'empressent vite de sortir toutes sortes de courbes y compris à appeler certaines comme « références internationales d'audibilité des infrasons ou courbe 85 dBG » issue des travaux de Moller (voir Figure 10) . Mais cela ne constitue en rien une norme établie et référente et on devrait aussi y adjoindre la courbe d'audibilité des cellules ciliées externes de l'oreille dont le seuil est juste 40 dB en dessous de la fameuse courbe de 85 dBG. On trouve dans littérature des chercheurs qui ont mesuré des niveaux d'infrasons, chez des habitants riverains de parc éolien se plaignant de troubles comme ceux décrits plus haut. Ces niveaux sont au-dessus des niveaux de la courbes des cellules ciliées (voir Figure 11). Ce qui tend à montrer la relation de cause à effet.

L'audibilité des infrasons est aussi dans les conclusions d'une étude de l'ANSES publiée en 2017. Etude qui a permis de justifier de passer de 1500 m à 500 m la proximité des éoliennes vis-à-vis des riverains... Néanmoins, l'ANSES modère la conclusion en écrivant :

« Cependant, des connaissances acquises récemment sur la physiologie du système cochléo-vestibulaire ont révélé chez l'animal l'existence d'effets physiologiques induits par l'exposition à des infrasons de forts niveaux. Ces effets, bien que plausibles chez l'être humain, restent à démontrer pour des expositions à des niveaux comparables à ceux observés chez les riverains de parcs éoliens. Par ailleurs, le lien entre ces effets physiologiques et la survenue d'un effet sanitaire n'est aujourd'hui pas documenté.

Dans ce contexte, l'Anses recommande :

En matière d'études et de recherches :

- de vérifier l'existence ou non d'un possible mécanisme de modulation de la perception du son audible par des infrasons de niveaux comparables à ceux mesurés chez les riverains ;
- d'étudier les effets de la modulation d'amplitude du signal acoustique sur la gêne ressentie liée au bruit ;
- d'étudier l'hypothèse de mécanismes d'effets cochléo-vestibulaires pouvant être à l'origine d'effets physiopathologiques ;
- de réaliser une étude parmi les riverains de parcs éoliens qui permettrait d'identifier une signature objective d'un effet physiologique. »

Mais, juste après cette publication de l'ANSES, une publication Allemande révèle la nocivité des infrasons sur la santé : « Altered cortical and subcortical connectivity due to infrasound administered near the hearing threshold – Evidence from fMRI »...

Cette étude, dont je fournis une copie, réalisée par l'institut Max Planck, au travers de l'hôpital La Charité de Berlin, de l'agence nationale Allemande de Métrologie, des instituts de psychanalyse, psychothérapie et de recherche universitaire clinique de Hambourg, met en évidence le fait que les infrasons, lorsqu'ils sont sous le seuil d'audibilité, activent dans le cerveau les zones liées à l'émotion. Dans la conclusion de l'étude on peut lire :

- Also, since the brain's response to prolonged near-threshold IS involves the activation of brains areas, which are known to play a crucial role in emotional and autonomic control, a potential link between IS induced changes of brain activity and the emergence of various physiological as well as psychological health effects can be established.

Ces travaux mettent clairement en évidence les effets néfastes que ces infrasons peuvent avoir sur l'organisme humain et la santé mentale des personnes qui y sont soumises continuellement.

Grâce à ces résultats, on peut commencer à expliquer pourquoi certaines personnes souffrent des troubles mentionnés ci-dessus.

On ne peut donc plus se cacher derrière le fait que les infrasons mesurés sont sous le seuil d'audibilité en appelant de soi-disant références.

Au cours des différentes présentations qui furent faites pour le compte de Nordex, avant que RWE ne les rachète, j'ai demandé à plusieurs reprises aux représentants Nordex, qu'ils me fournissent les mesures de bruit sur des éoliennes de 5.7 MW (nacelle à 105 m de haut et rotor de 149 m de diamètre) incluant les niveaux des infrasons émis. Je n'ai jamais rien eu de leur part et ils ne sont présentés nulle part dans les études d'impacts...

Je leur ai aussi rappeler que dans son rapport de 2017, l'ANSES préconise d'installer un monitoring en temps réel des niveaux de bruit émis par les parc éolien, de sorte à brider au plus vite le parc pour ramener les niveaux à des seuils « acceptables ». En ce qui concerne le parc « les ailes du Gatinais » aucun monitoring bruit réel n'est prévu. Seul un monitoring sur la mesure de la vitesse du vent est prévu.

Or, les monitorings basés sur la mesure de la vitesse du vent ont toujours démontré qu'ils étaient peu efficaces. Le cas « Echauffour » en étant un emblème.

Au sujet de l'étude d'impact acoustique, il y a des choses qui sont à refaire et / ou à compléter. Mais dans l'état actuel, les conclusions émises ne sont pas recevables et ne démontrent nullement l'innocuité de cette installation et on peut même affirmer que ce sera tout le contraire qui se produira.

De plus, aucune étude d'incertitude sur les niveaux n'est présentée. Le scénario le pire n'est même pas évoqué. La variabilité des niveaux dans ce type d'installation est connu pour être élevé et source de beaucoup de plaintes de riverains. **UNE INCERTIDUE D'AU MOINS 3 dB(A) SUR TOUS LES NIVEAUX CALCULES DEVRAIT ETRE APPLIQUEE.**

D'abord, le spectre de bruit de l'éolienne fourni ne démarre qu'avec le tiers d'octave 50 Hz (voir Figure 4). Avant le tiers d'octave 50 Hz il y a : 20 Hz, 25 Hz, 31.5 Hz et 40 Hz : où sont ils ? Pourquoi n'apparaissent-ils pas dans les études d'impacts ? Les mesures proviennent évidemment de RWE : une vérification indépendante des niveaux fournis serait des plus judicieuse. De même que la visite et des mesures sur un site où sont déjà installées ces mêmes éoliennes.

La fourniture de l'intégralité du spectre y compris les niveaux des infrasons est nécessaire pour bien juger. La fourniture des spectres en bandes fines à partir de 20 Hz et même plus bas que 20 Hz avec résolution spectrales de 1 Hz devrait aussi faire partie des données fournies et présentées. Pourquoi tout cela n'apparaît-il pas ? Qu'est-ce qui est caché au sujet des éoliennes concernées ?

A titre d'exemple, je fournis une comparaison avec un éolienne de 3 MW de Vestas (Figure 5 : spectre de puissance Vestas 3 MW et Nordex N149/5.X TS105 5,7MW STE). On trouve les niveaux de puissance acoustique des éoliennes Vestas depuis le tiers d'octave 6.3 Hz comme présenté dans la Figure 16. Comment se fait-il que toutes les données acoustiques de ce projet n'aient pas été utilisées ni présentées ?

Concernant les émergences tonales, cela ne doit pas être fait au niveau du spectre de puissance de la machine en tiers d'octave mais après avoir calculé les spectres, avec les données en bandes fine au niveau des habitations riveraines. Pour cela, c'est la norme internationale ECMA74 ou la norme *IEC 61400-11 AMD 2018: ed. 3.1* ou la norme ISO/TS 20065:2022 qui doit être appliquée et non pas ce qui a été fait dans l'étude qui est bien connu parmi la communauté des experts acoustiques pour ne rendre nullement compte de la réalité des émergences tonales. Si le monde de l'industrie du transport avait pratiqué tel que cela est reporté dans l'étude d'impact, les passagers vivraient un enfer ! A ce titre, cette méthode n'est même pas référencée dans les logiciels d'analyses de perception et de de psycho-acoustique (« Head Acoustics » par exemple) tellement elle n'apporte rien dans ce genre d'analyse. Il fallait oser ...

On trouve maintenant beaucoup d'études récentes qui démontre une excellente corrélation entre les plaintes des riverains et les émergences tonales de parc éoliens analysés avec la norme ECMA74 ou la norme *IEC 61400-11 AMD 2018: ed. 3.1*. La Figure 15 montre les résultats d'études de tonalité sur des éoliennes. La majeure partie des tonalité étudiées sont bel bien détectées et sont reportées comme gênante.

En recalculant le niveau à partir du spectre en tiers d'octave donné en Figure 4 je trouve 105.6 dB et avec un spectre incomplet ; ce niveau est bien celui donné dans l'étude d'impact, ainsi, les fréquences en dessous de 50 Hz ne sont pas incluses dans ce niveau. Il est à noter que le niveau généré par les fréquence en dessous de 1000 Hz représente déjà 104.1 dB. Ceci indique que les aspects basses et moyennes fréquences sont très importants et ce sont ceux qui sont plus facilement propagés à grande distance. Il importe donc de bien vérifier ce qui se passe en dessous de 1000 Hz chez les riverains mais pas uniquement par les calculs des niveaux globaux mais bien par l'analyse des écarts spectraux entre le bruit résiduel mesuré et le bruit final calculé avec la contribution du parc.

A ce titre, comme les mesures ont été effectuées, pourquoi les données suivantes se sont-elles pas présentées dans l'étude :

- Les spectres de bruit en tiers d'octave et en bande fine au niveau des zones habitées pour les périodes nocturnes et diurnes (résolution fréquentielle de 1 Hz) :
 - Spectre minimum, spectre maximum et spectre médian sur les durées de mesure et en fonction des vitesses de vent de 3 m/s à 11 m/s.

Ce n'est qu'à partir de ces données et des calculs qui seront fait avec le parc qu'on pourra se prononcer sur des émergences réelles au niveau des riverains : émergence en termes de niveau global **et surtout émergence tonales**. PAS AUTREMENT.

Les calculs effectués prennent comme hypothèse que les éoliennes sont des sources ponctuelles et de type monopolaire, c'est-à-dire que le rayonnement acoustique est de type « sphérique ».

Or, le rayonnement acoustique d'une éolienne n'a rien de monopolaire. La partie basse fréquence est principalement émise au travers des modes de flexion des pâles, du rayonnement des capotages de la nacelle, des bruits émis par les diverses machines de la nacelle et le rayonnement du mat qui est cylindrique au travers des modes d'ovalisation de ce dernier. Le caractère de ces rayonnements est plutôt de nature « dipolaire » et d'ordre supérieur (voir Figure 7). Ne parlons pas du bruit aérodynamique des pales qui n'a strictement rien à voir avec une source sphérique.

Il faudrait refaire les études d'impact avec évidemment la même puissance acoustique fournie mais en changeant la nature des sources et en prenant au minimum une source dipolaire d'axe celui du rotor de l'éolienne, orienté en direction des zones habitées.

Aussi, une éolienne de 180 m de haut ne peut pas non plus être assimilée à une source ponctuelle. Il serait nécessaire d'attribuer une surface de rayonnement au moins équivalente à la surface balayée par le rotor et placée à 105 m su sol... Ou alors de multiples sources dans la zone balayée et celle du mat...

Le niveau d'absorption des sols a été fixé arbitrairement à 0.5. D'où sort cette valeur ? Elle est très loin de refléter les niveaux d'absorption des sols en général (voir Figure 6). Pour mener à bien une étude pour la zone considérée, il aurait fallu venir caractériser le sol ici. Il est plutôt de nature argileuse (glaise) avec une faible porosité et la zone est connue pour être humide. La valeur de 0.5 est beaucoup trop élevée pour cette zone. A 50 Hz la valeur, suivant Figure 6, est plutôt proche de 10% et ne parlons pas des fréquences en dessous de 50 Hz pour lesquelles c'est encore plus bas... Et qui n'apparaissent pas ici dans l'étude.

Une valeur d'absorption de 0.5 sur toutes les fréquences conduit à sous-estimer les valeurs de bruit pour les basses fréquences et a fortiori les niveaux globaux et les dépassements autorisés.

A titre d'exemple et pour expliquer les remarques précédentes et qui suivent, des calculs de niveaux, sans influence du vent mais en prenant en compte les aspects de l'atténuation atmosphérique selon la norme ISO 9613-1 (voir Figure 12) et deux états d'absorption du sol ont été faits (pas besoin de passer par des logiciels comme Cadna pour faire cela !!!).

La Figure 1 montre bien l'influence liée au choix de niveau d'absorption des sols pour les fréquences en dessous de 200 Hz. Sur le spectre complet : cela sous-estime les niveaux de l'ordre de 0.3 à 0.5 dB(A). Si on ne considère que les niveaux en basse fréquence (sous 160 Hz) on arrive à 1.4 dB(A).

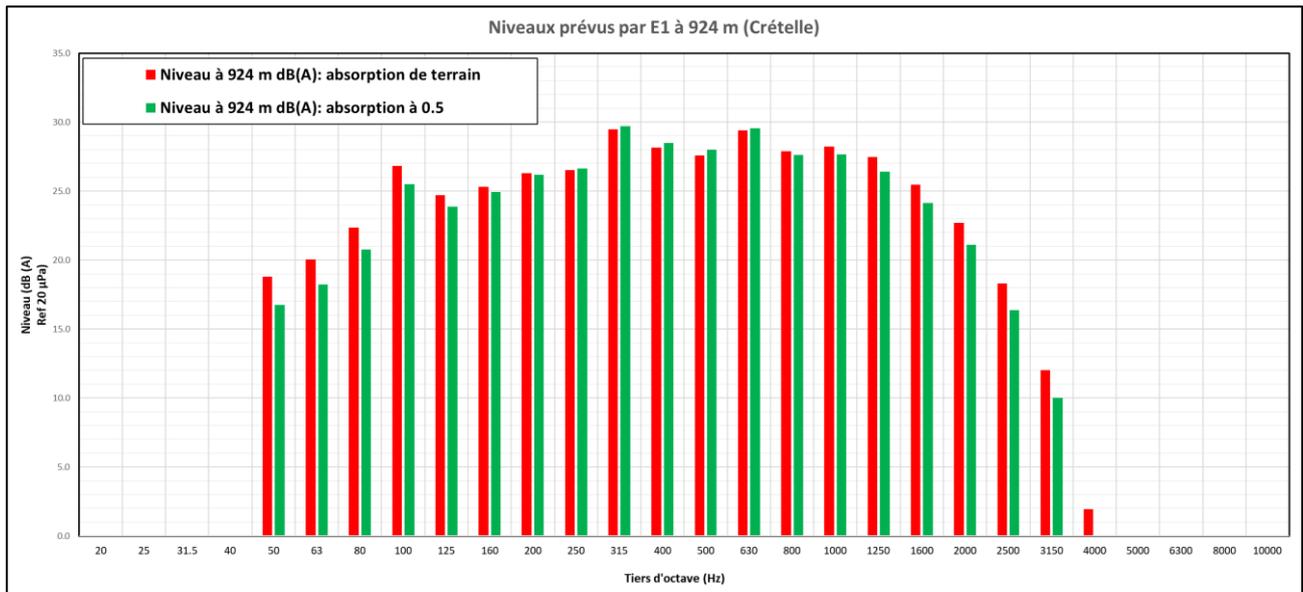


Figure 1 : Niveaux en tiers d'octave pour l'éolienne 1 au hameau Crételle influence de l'absorption des sols

La Figure 2 présente les niveaux calculés pour les 3 éoliennes au hameau Crételle. L'estimation est ici de 42.5 dB(A) mais il faut savoir que les niveaux sont calculés en effectuant une somme quadratique des 3 éoliennes. Cela ne rend pas compte des interférences possible qui peuvent se produire entre les niveaux directs et réfléchis des trois éoliennes. Il n'est pas improbable et surtout pour les basses fréquences que toutes ces contributions soient en phase auquel cas, **les niveaux atteindraient 47.5 dB(A) ce qui aurait du être calculé dans le scénario le pire si on voulait être exhaustif et impartial.**

Même si cela est improbable sur l'intégralité du spectre, les conditions de vent, d'atmosphère, de niveau d'absorption des sols, etc., peuvent très bien agir de la sorte sur la partie basse fréquence du spectre et donner lieu à des fluctuations de niveaux (voire des phénomènes de battements...).

On rencontre souvent dans les verbatims des plaintes des riverains de parc éoliens le caractère fluctuant des niveaux comme une très grande gêne.

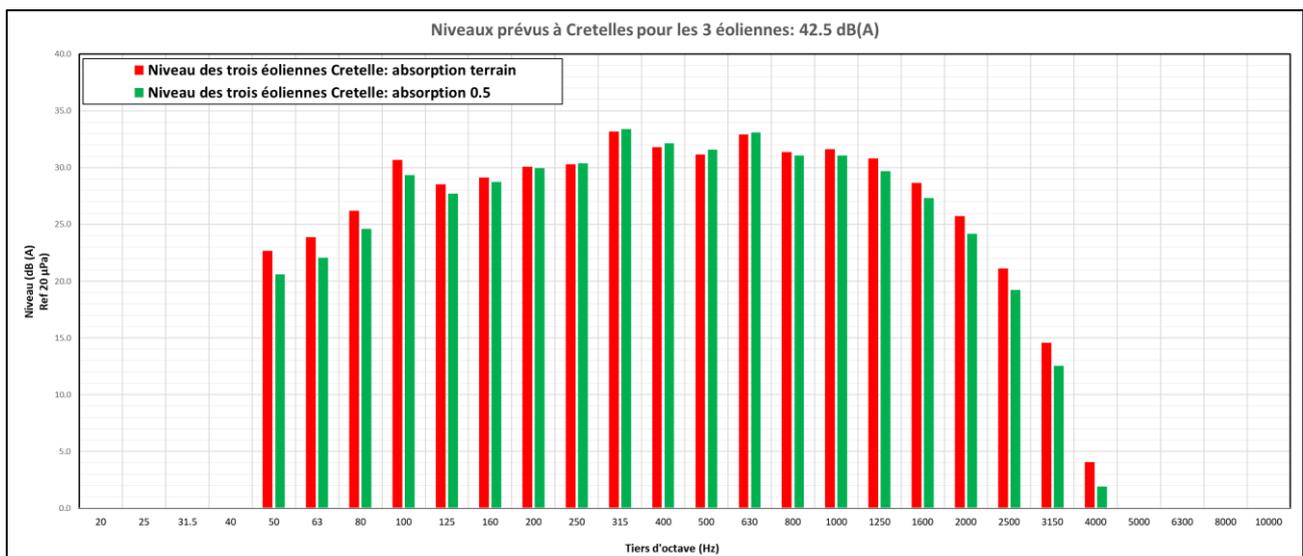


Figure 2 : niveau pour les 3 éoliennes au hameau Crételle

On ne peut donc pas accepter les résultats de l'étude d'impact acoustique en l'état. On doit s'attendre à de fort problèmes de bruit avec l'installation de ces trois éoliennes pour les riverains.

Il est très étonnant de constater que partout où des parc éoliens ont été installés et que des plaintes de riverains contre le bruit généré ont été déposées, les études d'impact préalables montraient qu'il n'y aurait aucun soucis...

On ne peut se satisfaire d'une telle légèreté quand il s'agit du futur bien être des riverains.

A la lumière de ce que je viens de vous exposer et des études scientifiques dont je vous ai donné quelques échos dans ces pages, je voudrais aussi ici dénoncer les inepties écrites dans l'étude d'impact dans le paragraphe : « F.5-6. INCIDENCES SUR LES INFRASONS ET AUTRES EFFETS PSYCHOACOUSTIQUES ». Inepties qui se basent sur des « articles » d'avant 2010 dont toutes les conclusions sont maintenant parfaitement contredites par les avancées récentes.

Simplement, en regardant le graphe ci-dessous (voir Figure 3), on peut voir que lorsque le parc éolien est à l'arrêt, on ne trouve aucun pic marqué dans le spectre de bruit. Les pics vus en fonctionnement sont liés à la fréquence de passage de pâle (le nombre de fois par seconde que les pâles passent devant le mât) et les harmoniques de cette fréquence fondamentale. Ces pics émergent de plus de 10 dB du « fond de spectre » et ils devraient aussi être pris en compte pour les calculs des émergences...

De plus, le spectre présenté est issu de moyennages temporels pour en faire une FFT et déterminer les composantes du bruit. Mais il faut surtout se rendre compte que chaque fois qu'une pâle passe devant le mât, c'est une bouffée de bruit pulsé qui va se propager comportant ces composantes tonales.

Il faut aussi savoir que ces infrasons se propagent encore mieux dans le sol et peuvent aussi facilement être réémis par les fondations des maisons riveraines.

N'en déplaise à ces messieurs de RWE, la nature ne produit pas ce type de son et les mammifères dont nous faisons partie ne sont nullement prêts à les endurer continuellement.

Etant aussi spécialiste acoustique en milieu aéronautique et intervenant chez tous les avionneurs de la planète, je puis certifier que les avions commerciaux, même les plus gros, même ceux avec des hélices (exemples : ATR 42, ATR 72, Bombardier Q400, Hercule C130, A400M, etc.) ne génèrent pas de spectre de bruit avec des infrasons tels que ceux générés par les éoliennes. Travaillant aussi pour des applications navales militaires, il en est de même dans ce domaine.

Une autre ineptie est de dire que l'éolien ne génère pas de CO₂. Début 2020, la puissance éolienne installée en Allemagne était équivalente à la puissance du parc nucléaire Français (67 300 MW). Or en Allemagne, cela arrive péniblement à fournir 20% des besoins et la France 80% avec le nucléaire. L'Allemagne compense les 80% restant par des productions à base de : lignite, charbon (RWE étant le champion du charbon à mines à ciel ouvert...), fioul, gaz, etc. L'Allemagne émet 9 à 10 fois plus de CO₂ pour sa production électrique que la France. Faut-il continuer dans ce cynisme ?

Au niveau des effets stroboscopiques liés à la projection des ombres des pâles sur les habitations riveraines. Une simulation montre que les riverains sont dans l'enveloppe des projections des ombres (calcul limité à 2 km de portée). Ils auront donc à souffrir des effets stroboscopiques au cours de l'année : voir Figure 17. A 770 m, l'angle de l'éoliennes est de 13.15°. Il faudra donc attendre que le soleil soit 13.65° au-dessus de l'horizon pour ne plus être dans l'ombre projetée. Par exemple en décembre, il faudra attendre 2h15 mn

après le levé du soleil pour sortir de l'ombre projetée, 2h en janvier, 1h35 en février, etc. C'est au cours de l'automne et de l'hiver que l'impact sera le plus grand.

Il est donc faut de dire que les ombres projetées ne poseront pas de problème.

J'espère que mes remarques vous amèneront à exiger de la part de RWE tous les compléments nécessaires et des données complètes afin de bien juger de l'innocuité (ou non) d'un tel parc sur la santé des riverains car du simple point de vue des données acoustiques fournies et de l'étude qui en a découlé, on ne peut absolument pas conclure qu'il y aura peu ou pas d'impact. **On peut même dire que les riverains seront impactés très régulièrement par les nuisances sonores à venir.**

Thierry Beauvilain

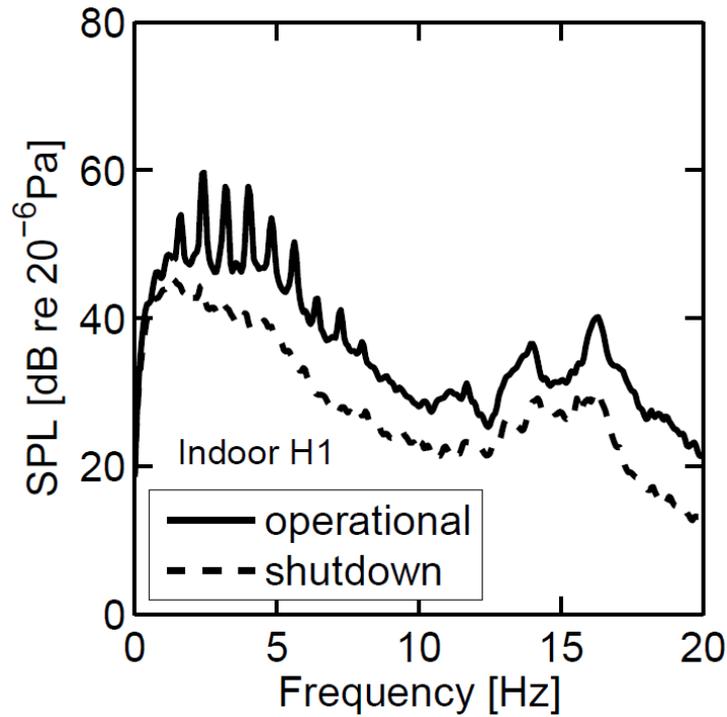


Figure 3 : Niveau de bruit en intérieur à proximité d'un parc éolien en fonctionnement et à l'arrêt (issus de : Investigation of the time dependent nature of infrasound measured near a wind farm", Branko ZAJAMŠEK; Kristy HANSEN; Colin HANSEN, University of Adelaide, Australia

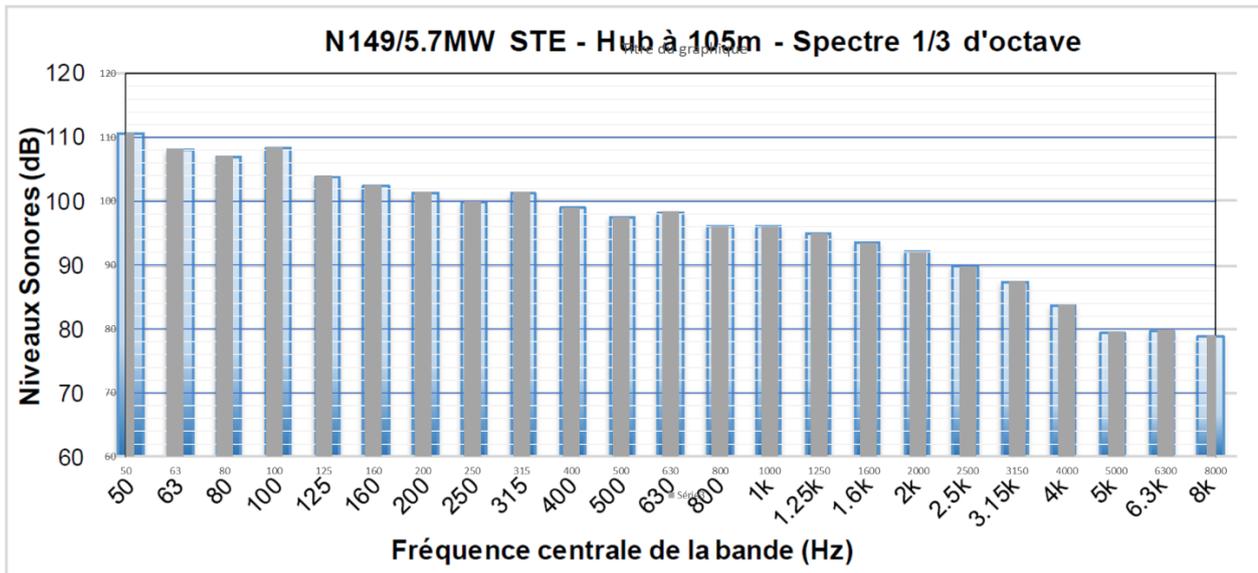


Figure 4 : seul spectre de bruit trouvé dans l'étude d'impact. Aucun niveau en dessous de 50 Hz.

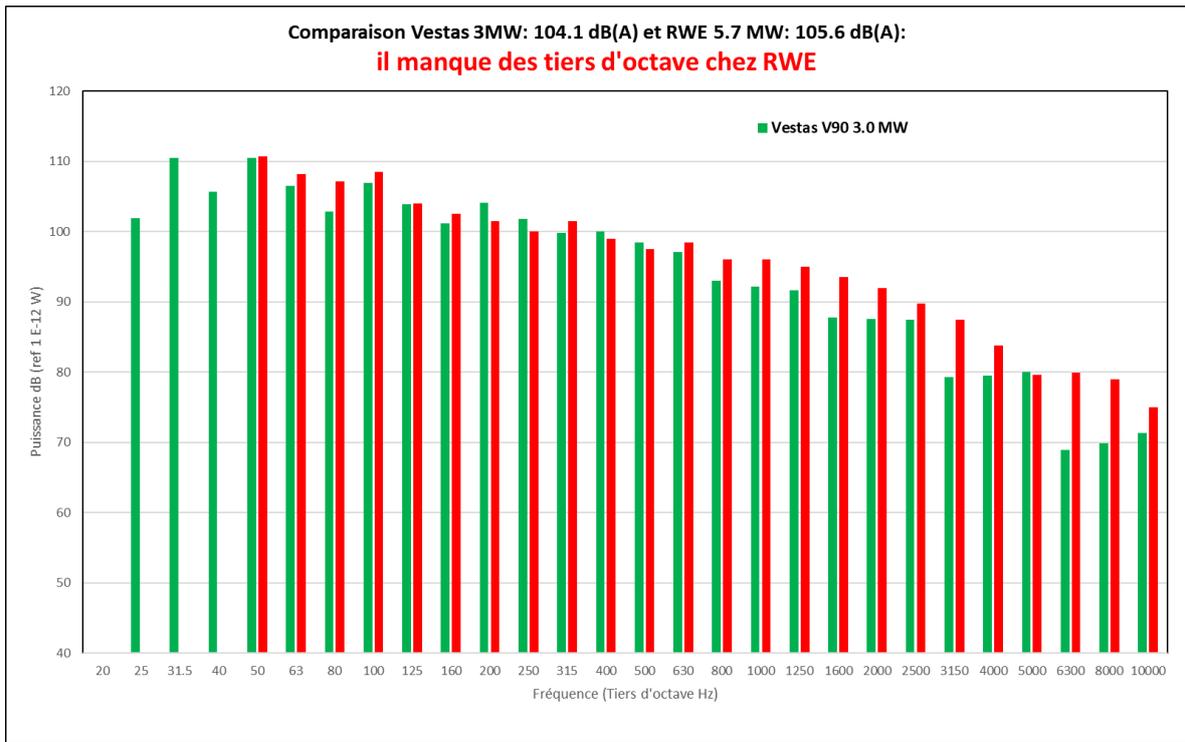


Figure 5 : spectre de puissance Vestas 3 MW et Nordex N149/5.X TS105 5,7MW STE

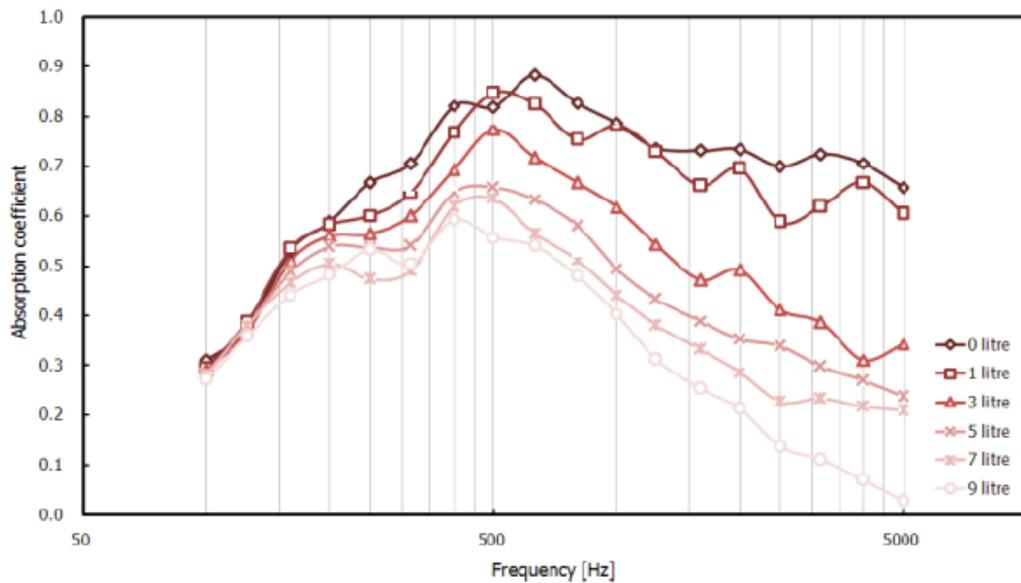


Figure 3. Absorption coefficients of sandy soil according to the amount of water added.

Figure 6 : niveau d'absorption de 200 d'épaisseur de sol sableux avec différents taux d'humidité (10.8%, 11.4%, 12.6%, 14.3%, 16.6%, and 18.6% pour 0 litre à 9 litres d'eau ajoutée, selon : « Acoustical Properties of Vegetation including Ground Surfaces for Scale Model Reproduction », Yong Hee Kim, Joo Young Hong, Pyoung Jik Lee and Jin Yong Jeon Department of Architectural Engineering, Hanyang University, Seoul, Korea.

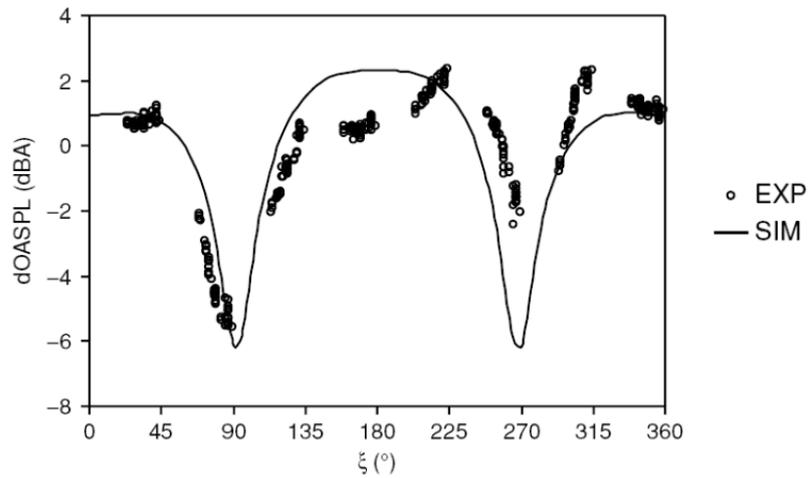


Fig. 7. Measured and predicted directivity of a wind turbine [19]

Figure 7 : issu de “Directivity of sound from wind turbines - A study on the horizontal sound radiation pattern from a wind turbine”

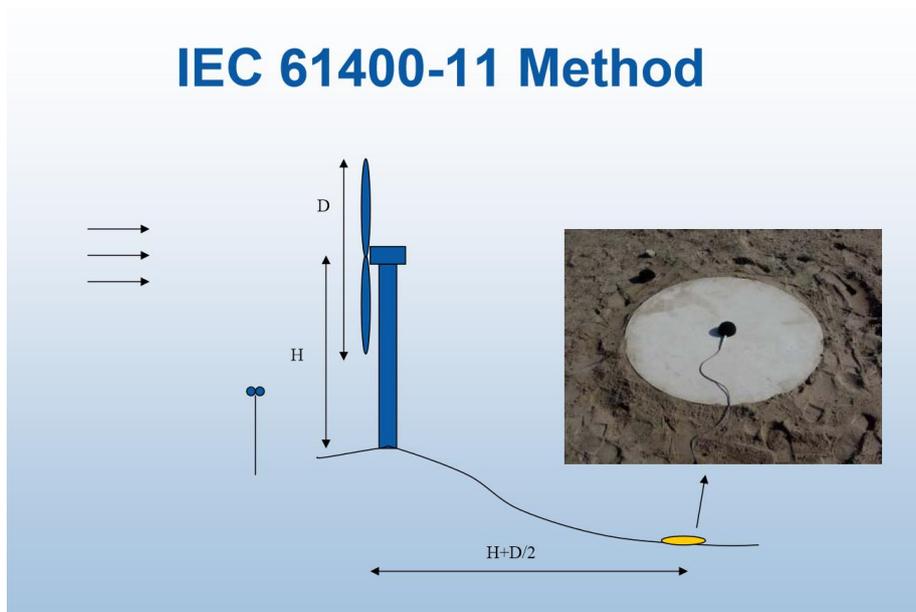


Figure 8 : c’est à partir de ce seul point de mesure qu’est estimée la puissance acoustique apparente d’une éolienne. Ensuite, ces données sont utilisées pour faire des études d’impact bruit en façade des habitations riveraines... Cette « norme » de mesure est à l’avantage des fabricant d’éoliennes. Cela reflète très mal la nature et les niveaux réels issus de ces machines.

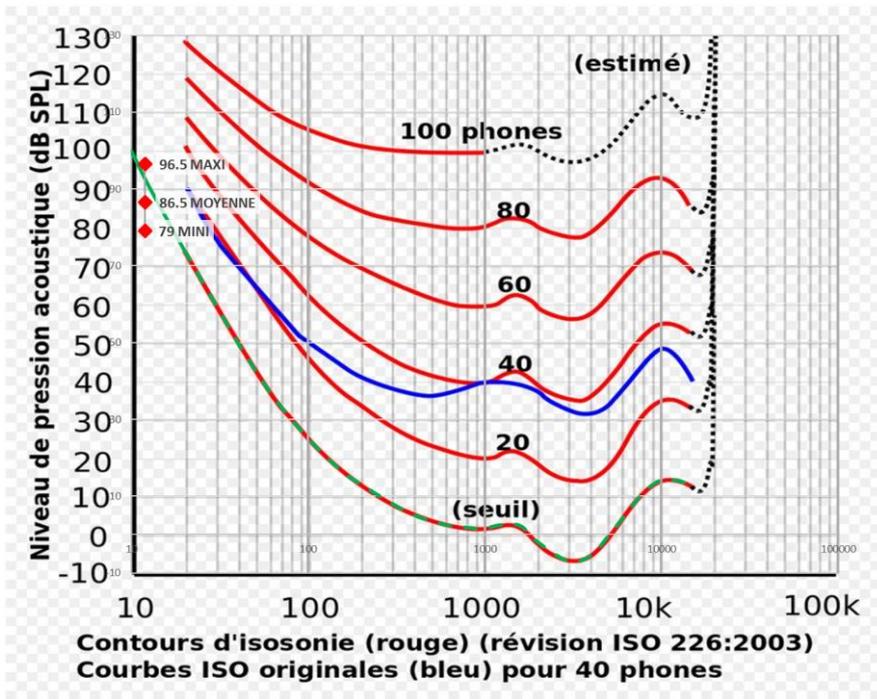


Figure 9 : seuils d'audibilité mesurés des 14 participants à l'étude Allemande reportés sur le graphe des isophonie avec extrapolation du seuil d'audibilité vers les infrasons : on ne peut pas utiliser ces courbes pour en déduire le seuil d'audibilité aux infrasons (ce que beaucoup dans l'éolien s'empressent de faire ...). Les courbes d'iso-sonies ont été faites pour le domaine audible. Des mesures dédiées aux infrasons et des études détaillées doivent être effectuées pour réellement estimer quel est le seuil aux infrasons. On voit ici que la moyenne des 14 participants à l'étude Allemande est quasiment 10 dB en dessous du seuil extrapolé. L'organisme et la psyché humaine sont probablement beaucoup plus sensibles que ce peut suggérer une extrapolation de ces courbes vers les infrasons. On trouve aussi souvent appel à une « obscure » référence d'audibilité des infrasons à 85 dBG issue de certains travaux (Moller) mais qui ne constitue en rien une norme de référence or, on trouve aussi le fait que les cellules ciliées externes de l'oreille sont beaucoup plus sensibles que ce que donne cette courbe à 85 dBG

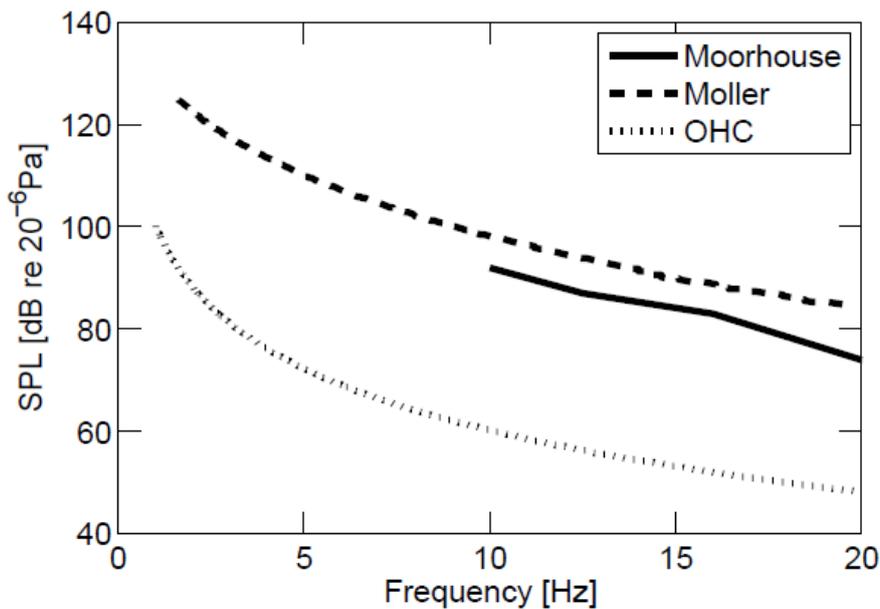


Figure 10 : Seuils d'audibilité (OHC = Outer Hair Cells ou cellule ciliées externes). Moller ou la courbe 85 dBG souvent appelé dans l'éolien. La courbe OHC se corrèle très avec la gêne ressentie par les riverrains.

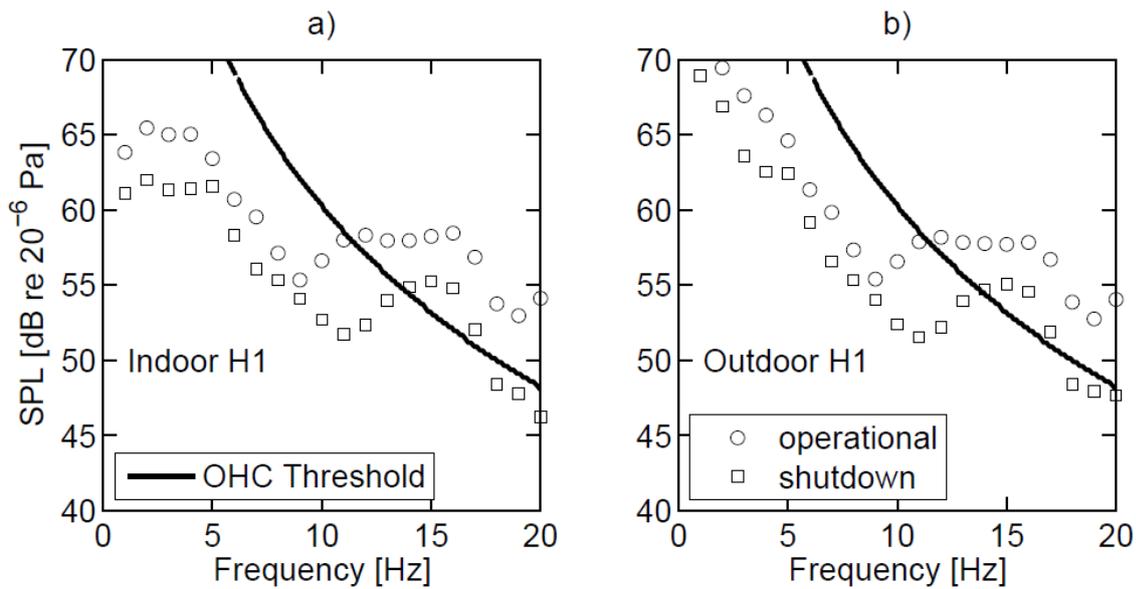


Figure 7 – Peak sound pressure level comparison at H1, for operational and shutdown conditions, indoor (a) and outdoor (b).

Figure 11 : issu de “Investigation of the time dependent nature of infrasound measured near a wind farm”, Branko ZAJAMŠEK; Kristy HANSEN; Colin HANSEN, University of Adelaide, Australia. Ici les infrasons entre 10 et 20 Hz sont régulièrement au-dessus du seuil OHC et sont corrélés aux symptômes décrits par les riverains.

ISO 9613-1:1993(E)

(i) Air temperature: 20 °C											
Preferred frequency Hz	Relative humidity, %										
	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100
50	$2,70 \times 10^{-1}$	$2,14 \times 10^{-1}$	$1,74 \times 10^{-1}$	$1,25 \times 10^{-1}$	$9,65 \times 10^{-2}$	$7,84 \times 10^{-2}$	$6,60 \times 10^{-2}$	$5,70 \times 10^{-2}$	$5,01 \times 10^{-2}$	$4,47 \times 10^{-2}$	$4,03 \times 10^{-2}$
63	$3,70 \times 10^{-1}$	$3,10 \times 10^{-1}$	$2,60 \times 10^{-1}$	$1,92 \times 10^{-1}$	$1,50 \times 10^{-1}$	$1,23 \times 10^{-1}$	$1,04 \times 10^{-1}$	$8,97 \times 10^{-2}$	$7,90 \times 10^{-2}$	$7,05 \times 10^{-2}$	$6,37 \times 10^{-2}$
80	$4,87 \times 10^{-1}$	$4,32 \times 10^{-1}$	$3,77 \times 10^{-1}$	$2,90 \times 10^{-1}$	$2,31 \times 10^{-1}$	$1,91 \times 10^{-1}$	$1,62 \times 10^{-1}$	$1,41 \times 10^{-1}$	$1,24 \times 10^{-1}$	$1,11 \times 10^{-1}$	$1,00 \times 10^{-1}$
100	$6,22 \times 10^{-1}$	$5,79 \times 10^{-1}$	$5,29 \times 10^{-1}$	$4,29 \times 10^{-1}$	$3,51 \times 10^{-1}$	$2,94 \times 10^{-1}$	$2,52 \times 10^{-1}$	$2,20 \times 10^{-1}$	$1,94 \times 10^{-1}$	$1,74 \times 10^{-1}$	$1,58 \times 10^{-1}$
125	$7,78 \times 10^{-1}$	$7,46 \times 10^{-1}$	$7,12 \times 10^{-1}$	$6,15 \times 10^{-1}$	$5,21 \times 10^{-1}$	$4,45 \times 10^{-1}$	$3,86 \times 10^{-1}$	$3,39 \times 10^{-1}$	$3,02 \times 10^{-1}$	$2,72 \times 10^{-1}$	$2,47 \times 10^{-1}$
160	$9,65 \times 10^{-1}$	$9,31 \times 10^{-1}$	$9,19 \times 10^{-1}$	$8,49 \times 10^{-1}$	$7,52 \times 10^{-1}$	$6,60 \times 10^{-1}$	$5,82 \times 10^{-1}$	$5,18 \times 10^{-1}$	$4,65 \times 10^{-1}$	$4,21 \times 10^{-1}$	$3,84 \times 10^{-1}$
200	1,22	1,14	1,14	1,12	1,05	$9,50 \times 10^{-1}$	$8,58 \times 10^{-1}$	$7,76 \times 10^{-1}$	$7,05 \times 10^{-1}$	$6,44 \times 10^{-1}$	$5,91 \times 10^{-1}$
250	1,58	1,39	1,39	1,42	1,39	1,32	1,23	1,13	1,04	$9,66 \times 10^{-1}$	$8,95 \times 10^{-1}$
315	2,12	1,74	1,69	1,75	1,78	1,75	1,68	1,60	1,50	1,41	1,33
400	2,95	2,23	2,06	2,10	2,19	2,23	2,21	2,15	2,08	2,00	1,90
500	4,25	2,97	2,60	2,52	2,63	2,73	2,79	2,80	2,77	2,71	2,63
630	6,26	4,12	3,39	3,06	3,13	3,27	3,40	3,48	3,52	3,52	3,49
800	9,36	5,92	4,62	3,84	3,77	3,89	4,05	4,19	4,31	4,39	4,43
1 000	$1,41 \times 10$	8,72	6,53	5,01	4,65	4,66	4,80	4,98	5,15	5,30	5,42
1 250	$2,11 \times 10$	$1,31 \times 10$	9,53	6,81	5,97	5,75	5,78	5,92	6,10	6,29	6,46
1 600	$3,13 \times 10$	$1,98 \times 10$	$1,42 \times 10$	9,63	8,00	7,37	7,17	7,18	7,31	7,48	7,68
2 000	$4,53 \times 10$	$2,99 \times 10$	$2,15 \times 10$	$1,41 \times 10$	$1,12 \times 10$	9,86	9,25	9,02	9,98	9,06	9,21
2 500	$6,35 \times 10$	$4,48 \times 10$	$3,26 \times 10$	$2,10 \times 10$	$1,61 \times 10$	$1,37 \times 10$	$1,25 \times 10$	$1,18 \times 10$	$1,15 \times 10$	$1,13 \times 10$	$1,13 \times 10$
3 150	$8,54 \times 10$	$6,62 \times 10$	$4,94 \times 10$	$3,18 \times 10$	$2,39 \times 10$	$1,98 \times 10$	$1,75 \times 10$	$1,61 \times 10$	$1,53 \times 10$	$1,48 \times 10$	$1,45 \times 10$
4 000	$1,09 \times 10^2$	$9,51 \times 10^1$	$7,41 \times 10^1$	$4,85 \times 10^1$	$3,61 \times 10^1$	$2,94 \times 10^1$	$2,54 \times 10^1$	$2,29 \times 10^1$	$2,13 \times 10^1$	$2,02 \times 10^1$	$1,94 \times 10^1$
5 000	$1,33 \times 10^2$	$1,32 \times 10^2$	$1,09 \times 10^2$	$7,39 \times 10^1$	$5,51 \times 10^1$	$4,44 \times 10^1$	$3,79 \times 10^1$	$3,36 \times 10^1$	$3,06 \times 10^1$	$2,86 \times 10^1$	$2,71 \times 10^1$
6 300	$1,56 \times 10^2$	$1,75 \times 10^2$	$1,56 \times 10^2$	$1,12 \times 10^2$	$8,42 \times 10^1$	$6,78 \times 10^1$	$5,74 \times 10^1$	$5,04 \times 10^1$	$4,54 \times 10^1$	$4,18 \times 10^1$	$3,91 \times 10^1$
8 000	$1,75 \times 10^2$	$2,21 \times 10^2$	$2,15 \times 10^2$	$1,66 \times 10^2$	$1,28 \times 10^2$	$1,04 \times 10^2$	$8,78 \times 10^1$	$7,66 \times 10^1$	$6,86 \times 10^1$	$6,26 \times 10^1$	$5,81 \times 10^1$
10 000	$1,93 \times 10^2$	$2,67 \times 10^2$	$2,84 \times 10^2$	$2,42 \times 10^2$	$1,94 \times 10^2$	$1,59 \times 10^2$	$1,35 \times 10^2$	$1,18 \times 10^2$	$1,05 \times 10^2$	$9,53 \times 10^1$	$8,79 \times 10^1$

Figure 12 : atténuation atmosphérique

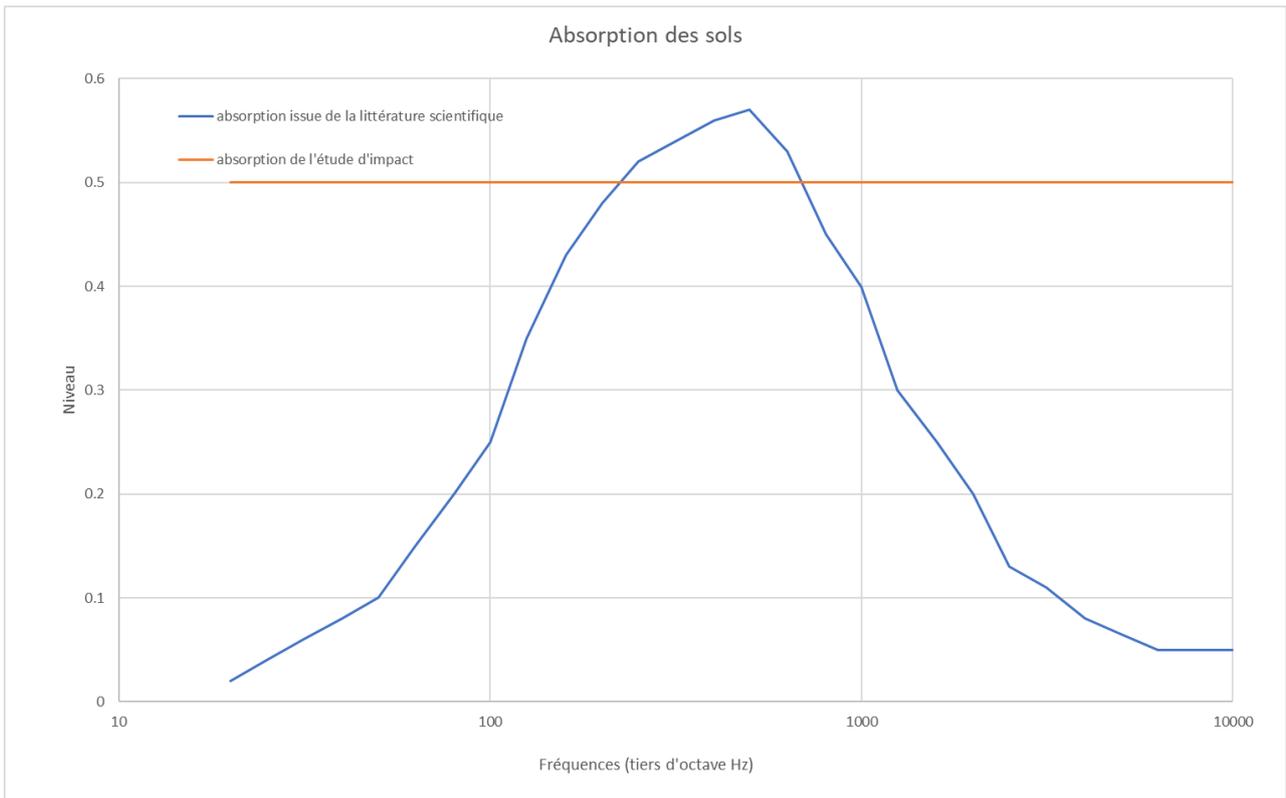


Figure 13 : absorption des sols dans la littérature scientifique et celui utilisé dans l'étude d'impact.

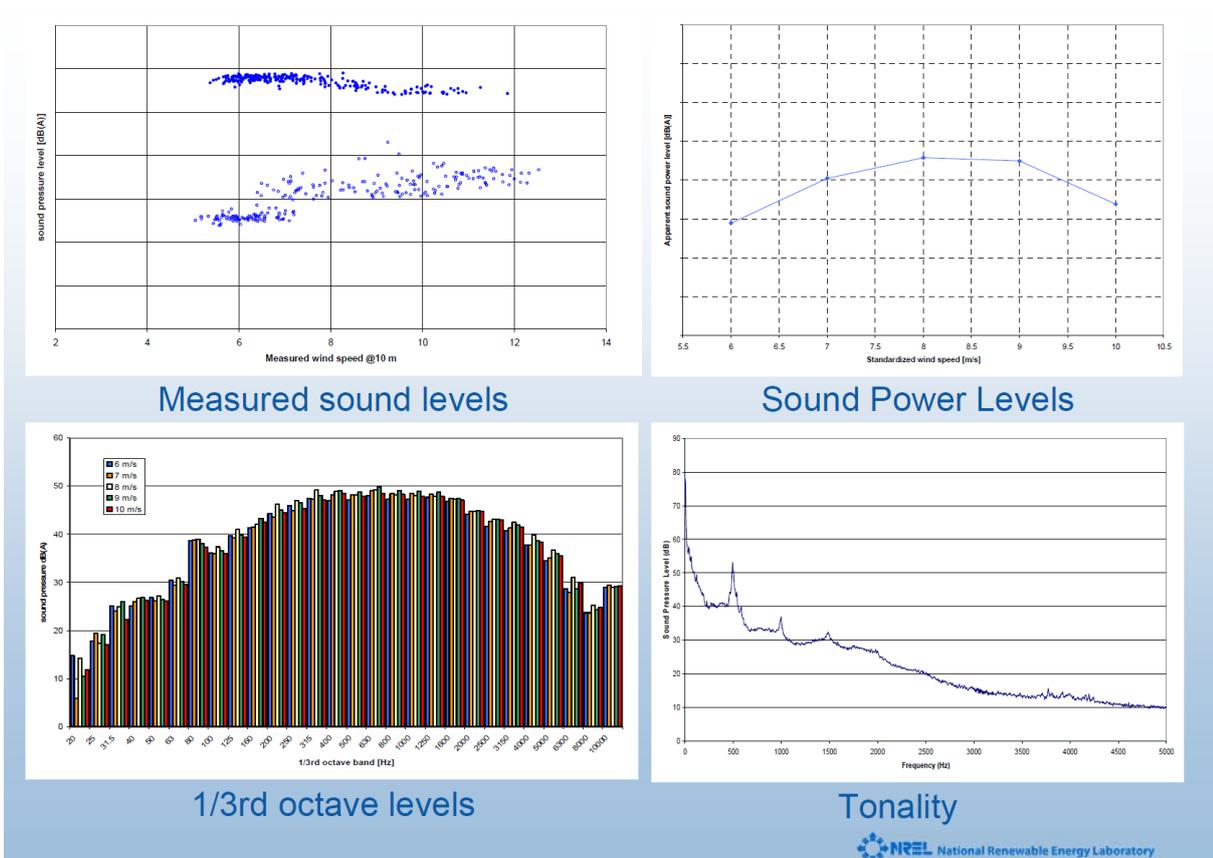


Figure 14 : exemple de bruit d'éolienne à partir de 20 Hz et spectre bande fine pour études de tonalité.

Table 2: Tonality results of all spectra

Spectrum No.	Tone (dB)	Tone frequency (Hz)	Critical bandwidth	Energy average (dB)	Masking level $L_{pn, j, k}$ (dB)	Tonality $\Delta L_{m, j, k}$ (dB)	Audibility $\Delta L_{a, j, k}$ (dB)	Result
S01	36.21	1776	266	20.29	33.44	7.6	11	Reported
S02	32.84	380	110	24.47	40.36	-7.55	-5.4	No relevant tone
S03	41.16	70	100	15.46	30.7	10.95	12.9	Reported
S04	38.91	1344	204	27.17	39.79	4.7	7.8	Reported
S05	40.42	748	137	23.91	37.27	6.44	9	Reported
S06	39.81	6986	1422	9.01	32.98	7.66	12.5	Reported
S07	42.12	98	101	24.81	40.1	3.07	5.1	Reported
S08	39.16	888	150	26.29	35.46	9.21	11.9	Reported
S09	39.28	162	102	27.18	42.06	-0.44	1.6	Reported
S10	48.08	380	110	20.15	35.79	12.31	14.5	Reported
S11	40.61	1930	290	22.26	34.55	9.3	14.5	Reported
S12	40.76	740	136	22.83	38.01	5.27	7.8	Reported
S13	22.6	976	160	20.59	17.27	-17.27	-14.5	No relevant tone
S14	32.07	6984	1422	6.58	32.88	0.19	5.1	Reported
S15	43.13	136	101	26.43	38.62	7.29	9.3	Reported
S16	42.22	126	101	26.43	41.64	2.43	4.4	Reported
S17	37.6	380	110	24.31	39.95	-2.33	-0.2	Reported
S18	33.06	1776	266	18.92	31.31	9.59	12.9	Reported
S19	40.26	1776	266	22.86	32.85	11.34	14.7	Reported
S20	45.59	380	110	22.62	38.27	7.37	9.5	Reported
S21	42.62	224	104	22.68	37.67	5.43	7.5	Reported
S22	34.06	1776	266	17.42	33.31	4.46	7.8	Reported
S23	43.07	2096	316	18.15	37.98	6.36	9.7	Reported
S24	41.84	152	102	24.41	39.39	3.53	5.6	Reported
S25	33.06	1750	262	15	33.74	1.3	4.7	Reported
S26	41.82	380	110	23.84	39.48	2.44	4.6	Reported
S27	38.57	1172	182	26.54	41.05	5.02	8.0	Reported
S28	30.83	120	101	26.83	33.43	0.45	3.8	Reported
S29	42.51	104	101	25.99	37.24	7.91	9.9	Reported
S30	39.59	698	132	14.95	31.38	8.29	10.8	Reported

Note: S- sample data, Reported- reported as audible, No relevant tone – reported as no relevant tone

Figure 15 : tonalité éolienne selon IEC 61400-11 AMD 2018: ed. 3.1

Mode 0	Hub Height Wind Speed m/s						
Frequency (Hz)	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s	13 m/s	14 m/s
16	57.2	58.9	59.6	60.7	59.5	59.3	59.1
31.5	71.1	72.7	73.1	73.8	73.2	73.0	72.7
63	82.1	83.7	83.9	84.2	84.1	83.9	83.6
125	90.3	91.9	91.9	91.9	92.2	91.9	91.7
250	95.7	97.2	97.1	97.0	97.4	97.2	97.0
500	98.2	99.8	99.7	99.5	99.8	99.7	99.6
1000	97.9	99.5	99.5	99.4	99.4	99.5	99.5
2000	94.7	96.4	96.5	96.7	96.1	96.4	96.6
4000	88.7	90.5	90.9	91.4	90.1	90.6	91.0
8000	79.7	81.7	82.4	83.4	81.1	81.9	82.6
All	103.3	104.9	104.9	104.9	104.9	104.9	104.9

Air Density 1.225 kg/m³
Values in accordance with IEC 61400-11 Ed. 3
Maximum turbulence at hub height: 30%
Inflow angle (vertical): +/- 2 deg

Table 4-1. Sound Power Levels (LwA) for Vestas V150 Wind Turbine (Mode 0 STE Blades)

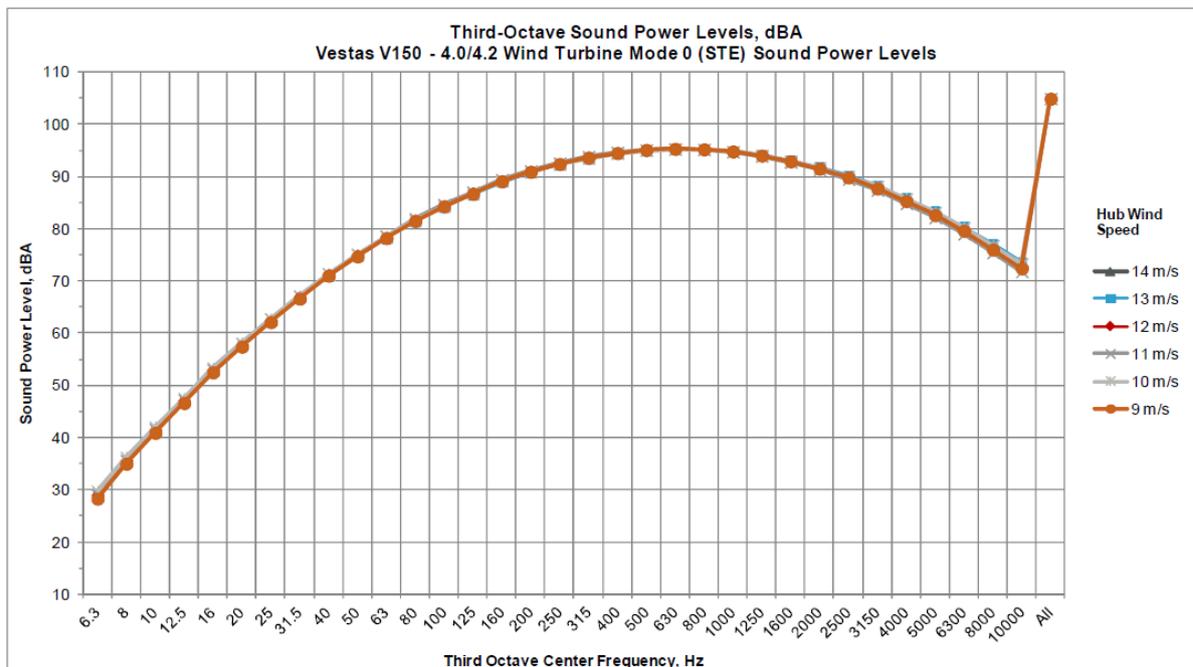
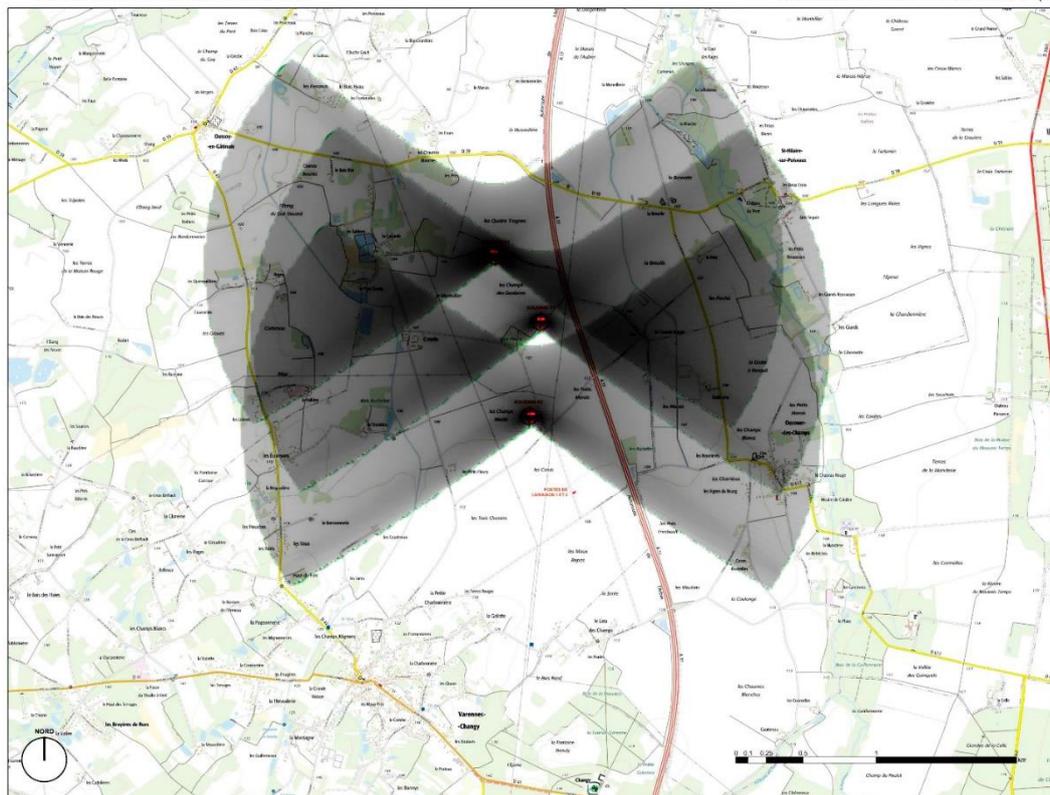


Figure 4-2. Sound Power Levels for Vestas V150 Wind Turbine (Mode 0 STE Blades) for Hub Height Wind Speeds of 9 to 14 meters/second

Figure 16 : niveau de puissance présentés depuis le tiers d'octave 6.3 Hz. : un rotor de 150 m de diamètre, possibilité de mats à 173 m et une puissance inférieure à celle de Nordex...

PARC ÉOLIEN LES AILES DU GÂTINAIS
COMMUNE DE VARENNES-CHANGY (45)

Carte 67: Situation du Parc éolien des Ailes du Gâtinais



DOSSIER D'
AUTORISATION
ENVIRONNEMENTALE

**PLAN DE
SITUATION**

Légende
+ ÉOLIENNE N149 TS105
• POSTES DE LIVRAISONS

Maîtrise d'ouvrage
RWE Renewables France
PL 01
A3 // Echelle 1:25 000
DATE Février 2021

Figure 17 : calcul des ombres projetées annuelles limité à 2 km. Les riverains seront bien impactés par le phénomène stroboscopique.