

Nižšie uvedená štúdia **Národnej Akadémie Medicíny Francúzska** aj napriek nedostatočným znalostiam tej doby o vplyve infrazvuku z veterných turbín na ľudské zdravie **doporučuje minimálnu vzdialenosť turbín 1,5 kilometra od ľudských obydľí**. To pritom išlo iba o turbíny inštalované v roku 2003, s výkonom každej len 2,5 MW a s výškou 102 metrov (vrátane 40-metrových lopatiek), Dnešné plánované turbíny v akceleračných zónach majú mať 270 metrov a výkon až 8 MW. Z posudkov prof. Žiarana a prof. Mattsona, ako aj z iných štúdií vieme, že čím väčší priemer turbíny, tým viac devastálny infrazvuk s tým dlhším dosahom...

Originál štúdie prikladáme pod prekladom. Plus tu je link na originál štúdiu: <https://docs.wind-watch.org/FrAcadMed-eoliennes.pdf>

NÁRODNÁ AKADÉMIA MEDICÍNY

SPRÁVA

Vplyv prevádzky veterných turbín na ľudské zdravie

Claude-Henri CHOUARD**

Asociácia APSA (Asociácia na ochranu Abergov) listom zo 7. marca 2005 požiadala ministra zdravotníctva a solidarity o preskúmanie možnosti škodlivého vplyvu veterných turbín na ľudské zdravie. Kópia bola zaslaná na informáciu prezidentovi Národnej akadémie medicíny. Správna rada akadémie na svojom zasadnutí 15. marca 2005 považovala za potrebné zaoberať sa touto otázkou a zveriť jej preskúmanie pracovnej skupine špeciálne vytvorenej na tento účel.

1- Úvod

Rozvoj veterných elektrární vo Francúzsku je jedným zo spôsobov, ako znížiť energetickú závislosť krajiny. Obyvateľstvo žijúce v niektorých prípadoch veľmi blízko veterných turbín však vyjadruje rôzne funkčné sťažnosti a sťažuje sa na veľmi špecifické zvuky z ich blízkosti. Predpisy týkajúce sa inštalácie týchto strojov už približne desať rokov zahŕňajú štúdiu vplyvu na životné prostredie, ktorá má vplyv na flóru aj faunu, najmä na vtáctvo. Pre ľudí je však potenciál obťažovania, najmä hluku, spôsobeného prevádzkou týchto strojov minimalizovaný a jeho špecifické hodnotenie nebolo regulované [1].

Tento klamlivo upokojujúci nedostatok informácií bol nepochybne jedným z dôvodov úzkosti týchto populácií a umožnil vznik pochybných patogénnych fám, ktoré vysvetľovali prežívané symptómy, najmä tých, ktoré sa týkali úlohy infrazvuku. Tieto fámy mohli len zosilniť závažnosť funkčných porúch.

Je pochopiteľné, že tieto sťažnosti a obavy sa potom široko rozšírili, pretože poskytli ďalšie argumenty pre združenia, ktoré sa stavajú proti inštalácii týchto zariadení z ekologických, estetických alebo ekonomických dôvodov, ktoré patria do všeobecnej politiky, nie do kompetencie Akadémie.

V súčasnosti vedecká literatúra obsahuje veľmi málo údajov o potenciálnych nebezpečenstvách veterných turbín pre ľudí. Poslaním tejto pracovnej skupiny bolo preskúmať súčasné poznatky a posúdiť možnosť týchto škodlivých účinkov, čo ju viedlo k predloženiu viacerých odporúčaní predstavenstvu.

2. Veterné turbíny

Veterné turbíny, či už izolované alebo zoskupené vo veľkom počte vo formáciách, ktoré sa nesprávne nazývajú „veterné farmy“, sú obnoviteľným zdrojom energie, ktorý vzbudzuje celosvetový záujem. Vo Francúzsku sa tento zdroj energie napriek kontroverziám okolo ich prevádzky začína rozvíjať (pozri dodatok A), keďže tieto zariadenia už niekoľko rokov profitujú zo značných finančných stimulov. Tieto stimuly predstavujú jasný finančný prínos pre jednotlivcov a obce, ktoré tieto turbíny prevádzkujú.

Prospech z nich však majú iba vlastníci pozemkov, ktorí si prenajímajú pozemok potrebný na inštaláciu, bez toho, aby z toho obyvatelia bezprostredného alebo okolitého okolia mali akúkoľvek výhodu. Pokiaľ ide o malých vlastníkov pozemkov, často dôchodcov, ktorí navyše vidia, ako hodnota ich skromného majetku prudko klesá, pociťujú pocit nespravodlivosti, čo zosilňuje hlukovú záťaž, ktorej je táto časť obyvateľstva vystavená. **Okrem toho sú kroky súkromných spoločností zodpovedných za inštaláciu veterných turbín založené na marketingových technikách, ktorých techniky niekedy vedú, aby sa získal predchádzajúci súhlas miestnych obyvateľov, k minimalizácii nepríjemností spojených s blízkosťou týchto strojov; sklamanie, ktoré sa pociťuje neskôr z objavenia netušených nepríjemností, však určite zvyšuje psychologický dopad rušenia.**

Napriek článku 98, ktorý sa v zákone z 2. júla 2003 zaoberá veternými turbínami, tieto stroje naďalej podliehajú jednoduchým predpisom o hluku v susedstve (články R 1336-8 a R 1336-9 Zákona o verejnom zdraví, dekrét z 10. mája 1995 o metódach merania takéhoto hluku [2]), takže administratívne postupy, ktoré sú v súčasnosti potrebné na získanie stavebného povolenia na veternú turbínu, nestanovujú minimálnu vzdialenosť od obydľí. V niektorých prípadoch sa tieto obydľia nachádzajú menej ako päťsto metrov od turbín. Je paradoxné poznamenať, že doteraz sa veterné turbíny, mechanické a elektrické zariadenia, ktoré generujú dane z podnikania pre obce, nikdy nepovažovali za priemyselné zariadenia: ich inštalácia podlieha špecifickým predpisom určeným na predchádzanie rizikám, ktoré môže ich prevádzka priniesť, a najmä dôsledkom hlukového znečistenia v susedstve.

Na záver treba poznamenať, že predpisy týkajúce sa merania hlukového znečistenia z veterných turbín sa v jednotlivých krajinách líšia. Európska únia začína riešiť tento rozdiel a nedávno štandardizovala¹ metódy merania hluku vyvolaného v blízkosti prevádzkovanvej veternej turbíny.

V súčasnosti však toto európske nariadenie nezahŕňa merania vykonávané počas dlhých období niekoľkých týždňov.

Infrazvuk je definovaný ako najnižší frekvenčný rozsah zvukového prostredia (šíreného vzduchom, kvapalinou alebo pevnou látkou), počuteľný alebo nepočuteľný pre ľudí, s trochu vágnou hornou hranicou okolo 20 Hz. Na to, aby bol počuteľný, je potrebná značná intenzita, a preto by nemal byť

zahrnutý, aby sa predišlo nedorozumeniu, do širšieho rozsahu nízkofrekvenčných zvukov, ktoré sú široko zastúpené vo vnímaní samohlások a hudby, na ktoré je ľudské ucho citlivé. Hoci je nepočuteľný, infrazvuk je prítomný v našom každodennom prostredí (pozri dodatok B). Existuje v celom priemyselnom prostredí. V obrovských intenzitách sa nachádza aj pri výbuchoch, hromoch a zemetraseniach. Experimentálne štúdium ich počuteľnosti a ich účinkov na ľudí alebo zvieratá si vyžaduje vysoko sofistikované laboratóriá kvôli ich dlhej vlnovej dĺžke a obrovským intenzitám, ktoré musia byť generované, aby boli vnímateľné.

3 – Sťažnosti týkajúce sa ich zdravia, ktoré podali niektorí ľudia žijúci v blízkosti veterných turbín.

Ich katalóg je ťažké zostaviť, pretože komplexné klinické štúdie bez akejkoľvek metodologickej zaujatosti sú vo vedeckej literatúre zriedkavé.

Hluk je najčastejšou sťažnosťou. Je opisovaný ako pretrvávajúci, znepokojujúci, neustále prekvapujúci, pretože má nepravidelnú intenzitu, ale zahŕňa aj škripavé a nesúrodé zvuky, ktoré rozptyľujú pozornosť alebo narúšajú odpočinok. Neočakávaný výskyt týchto zvukov v noci narúša spánok, náhle zobudí človeka hneď, ako sa zdvihne vietor, alebo mu bráni v opätovnom zaspávaní.

Veterné turbíny boli obviňované z ďalších zdravotných problémov, s ktorými sa stretávajú ľudia žijúci v ich blízkosti. Tieto sú menej špecifické, menej dobre opísané a pozostávajú zo subjektívnych symptómov (bolesti hlavy, únava, dočasné pocity opitosti, nevoľnosť) a niekedy aj objektívnych symptómov (vracanie, nespavosť, búšenie srdca).

Treba poznamenať, že tiene vrhané rotujúcimi lopatkami boli obviňované z rozptýlenia, ktoré môže viesť k dopravným nehodám a dokonca aj k epilepsii.

4- Fyzikálne zmeny prostredia v dôsledku prevádzky veterných turbín.

A- Veľkosť veterných turbín, ktoré dnes často dosahujú výšku viac ako sto metrov, a ich umiestnenie na často veterných miestach, t. j. v otvorených a/alebo vyvýšených oblastiach, ich môže urobiť viditeľnými zo vzdialenosti niekoľkých kilometrov.

B - Táto zmena prostredia je ešte zreteľnejšia, keď sa pridá rotačný pohyb lopatiek, ktorých priemer sa blíži k sto metrom. Táto rotácia lopatiek, ktorá bola obvinená z nebezpečnosti pre ľudí, môže vtáky zraniť; súčasné predpisy toto riziko zohľadňujú, takže hniezdiská ani migračné oblasti nie sú inštaláciou týchto strojov narušené.

C - Najvýznamnejšou zmenou prostredia je však určite, ako pri každej priemyselnej inštalácii, vytváranie vibrácií v okolitom prostredí.

Či už sú tieto vibrácie prenášané konštrukciou alebo vzduchom, keď sú počuteľné, sú zodpovedné za hluk, ktorého fyzikálne vlastnosti sú jedinečné len v premenlivosti jeho parametrov a najmä v jeho prahu počuteľnosti pre ľudí.

Tento hluk [3] je spôsobený otáčaním ozubených kolies v strojoch, ktoré zabezpečujú zarovnanie osí lopatiek s vetrom, a dynamo, ktoré vyrába elektrinu. Je tiež spôsobený trením vetra o lopatky a o rám veternej turbíny. Tento hluk je premenlivý a prerušovaný; za pokojného počasia sú veterné turbíny v pokoji alebo veľmi tiché; ale či už sa zvyšuje alebo zostáva mierny, aj ten najstabilnejší vietor je vždy nepravidelný. Táto premenlivosť hluku vysvetľuje kontroverzie okolo jeho intenzity. Zvyšuje jeho vplyv na ľudí tým, že spôsobuje opakované a nepredvídateľné prebúdzania.

Charakteristiky hluku veterných turbín boli študované len nedávno, možno kvôli sťažnostiam environmentálnych skupín. Tento hluk bol analyzovaný v bezprostrednom vzdušnom priestore okolo týchto strojov alebo ďalej v kvapalnom prostredí [4] v pobrežných veterných elektrárnach. Podobne sú teraz dobre pochopené spôsoby, akými sa šíri na dlhé vzdialenosti [5]:

závisí to od klimatických podmienok (teplota, vlhkosť, smer a rýchlosť vetra atď.), ale rovnako aj od topografie a špecifického prostredia každého miesta. Napríklad kopcovitá oblasť môže tento hluk na určitých miestach odrážať a zosilňovať (alebo maskovať) veľmi lokalizovaným spôsobom. Naopak, obyvatelia domov nachádzajúcich sa na pobreží nepočujú veterné turbíny, aj keď sú veľmi blízko, pretože sú vystavení, bez toho, aby ich to rušilo, neustálemu hluku vln, príboja a pobrežného vetra. Túto variabilitu ilustrujú aj nedávne merania hluku vykonané modernými prístrojmi v blízkosti domov, vykonané na žiadosť postihnutého obyvateľstva. Napríklad v jednom z nich [6], boli vykonané záznamy na 9 rôznych miestach; ukázali 6 hodnôt bez prekročenia povolenej hladiny hluku a 3 hodnoty mimo normy; medzi prvými 6, zaznamenali 6 hladín hluku v rámci povolených limitov **a 3 ich prekročili**. Z prvých 6 boli niektoré veterné turbíny vzdialené menej ako 500 metrov od domov, **zatiaľ čo v ďalších 3 bola zodpovedná turbína vzdialená viac ako jeden kilometer od domu, kde sa nachádzal merací prístroj**. Tieto rozdiely boli spôsobené výlučne miestnou topografiou. Pre budúce projekty by bolo vhodné, aby sa na každom navrhovanom mieste pred akoukoľvek výstavbou vykonali simulácie umelého hluku a ich zaznamenanie na úrovni príslušných domov. Na tento účel je potrebné, aby sa tieto simulácie teraz integrovali do posúdenia vplyvov týchto veterných elektrární. Vo Francúzsku sa meranie hluku v susedstve, najmä hluku produkovaného veternými turbínami, od roku 1995 riadilo normou NF S 31-110, ktorá vyžadovala, aby sa merania hluku vykonávali pri vetre pod 20 km/h [7], pretože pri vyšších rýchlostiach by „zvukomery mohli zaznamenávať cudzie zvuky“...!. Táto regulačná situácia bola o to prekvapujúcejšia, že na jednej strane bolo už v tom čase technicky jednoduché obísť túto ťažkosť a **na druhej strane sú tieto stroje zvyčajne vystavené oveľa vyšším rýchlostiam vetra. Jej aplikácia nepochybne vysvetľuje väčšinu sťažností, ktoré sa na ne dnes vyjadrujú**.

Bola oznámená úprava tejto normy. V ministerských dokumentoch [8] sa však predikcia hluku oveľa viac spolieha na softvérové modelovanie ako na terénne merania, ktoré dlhodobo zohľadňujú variabilitu hlukového spektra a sezónne zmeny rýchlosti a smeru vetra. **Preto hrozí, že bude neúčinná**.

Vďaka tomu je ešte poľutovaniahodnejšie, že pri formulácii článku 98 o veterných turbínach v zákone z 2. júla 2003 neboli tieto elektromechanické zariadenia, ktoré sú evidentne hlučné, okamžite považované za priemyselné zariadenia. Je pravda, že nad určitou výškou podliehajú požiadavke na stavebné povolenie a nad určitý výkon podliehajú posúdeniu vplyvov. **Toto posúdenie však vôbec nezohľadňuje špecifickú povahu hluku z týchto strojov, ktoré, pokiaľ ide o hluk, naďalej podliehajú predpisom platným pre bežné obydliá**. V skutočnosti musí byť pre veterné turbíny definovaná minimálna akustická bezpečnostná vzdialenosť, aj keď je táto vzdialenosť

špecifická pre každé zariadenie. Toto opatrenie je jediný spôsob, ako zabrániť akémukoľvek hluikovému znečisteniu. Tento parameter zdravého rozumu bol doteraz ignorovaný do tej miery, že v súčasnosti ani inštalatéri, ani verejné orgány nemôžu poskytnúť štatistiky, ktoré by pre každú veternú turbínu (alebo veternú farmu), súkromnú alebo verejnú, uvádzali vzdialenosť medzi každým zariadením a najbližším obydliím.

Infrazvuk je definovaný ako najnižší frekvenčný rozsah zvukového prostredia (šíreného vzduchom, kvapalného alebo pevného), počuteľný alebo nepočuteľný pre ľudí, s pomerne vágnoú hornou hranicou okolo 20 Hz. Na to, aby bol počuteľný, je potrebná značná intenzita, a preto by sa nemal zahrnúť, aby sa predišlo zámene, do širšieho rozsahu nízkofrekvenčných zvukov, ktoré sú široko zastúpené vo vnímaní samohlások a hudby, na ktoré je ľudské ucho citlivé. Hoci je nepočuteľný, infrazvuk je prítomný v našom najbežnejšom prostredí (pozri dodatok B). Existuje v celom priemyselnom prostredí.

V obrovských intenzitách sa nachádza aj pri výbuchoch, hromoch a zemetraseniach. Experimentálne štúdiom ich počuteľnosti a ich účinkov na ľudí alebo zvieratá si vyžaduje vysoko sofistikované laboratória kvôli ich dlhej vlnovej dĺžke a obrovským intenzitám, ktoré musia byť generované, aby boli vnímateľné.

D- Patofyziologické účinky hluku

Povaha týchto účinkov závisí od intenzity [9]. Všetky počuteľné zvuky, keď sú veľmi intenzívne, môžu viac či menej rýchlo viesť k funkčným poruchám a následne k známemu poškodeniu sluchu. Takéto intenzity sa však vyskytujú len niekoľko metrov od prevádzkovej veternej turbíny, v blízkosti ktorej nikto nebýva ani nepracuje trvalo.

Pri miernych intenzitách chronický hluk nespôsobuje poškodenie sluchu. **Jeho vnímanie však môže vyvolať stresové reakcie, najmä ak je nepravidelné a predovšetkým zle tolerované. Tento vyvolaný stres môže byť zodpovedný za rôzne známe stavy, ktoré budú podrobnejšie opísané neskôr.** Teoreticky je ich prevencia zabezpečená preventívnymi opatreniami uplatňovanými napríklad pri výstavbe diaľnic alebo letísk. **Patogenéza obťažovania spôsobeného hlukom generovaným v počuteľných frekvenciách prerušovanou prevádzkou veterných turbín je rovnakej povahy.**

Infrazvuk

Pri intenzitách zistených v najhlučnejších priemyselných lokalitách nemá infrazvuk, sotva počuteľný, žiadny preukázaný patologický vplyv na ľudí, na rozdiel od vyšších frekvencií sluchového spektra. Iba pri výbuchoch, či už prírodných alebo spôsobených človekom, môže prispieť k často pozorovaným smrteľným zraneniam.

Vo vzdialenosti niekoľkých metrov od týchto zariadení sa infrazvuk z hluku veterných turbín rýchlo stáva nepočuteľným. Nemá žiadny vplyv na ľudské zdravie. Klamlivosť takzvaného vedeckého pôvodu fám, ktoré sa o nich šíria, je podrobne opísaná v dodatku B.[10]

5- Sú veterné turbíny nebezpečné pre ľudí?

Nebezpečenstvá a riziká sú dobre známe a už sú predmetom účinných preventívnych opatrení.

Iné sú menej dobre definované, mnohostranné a nekonzistentné a ich súčasné klinické hodnotenie trpí metodologickými skresleniami.

A- Medzi hlavné nebezpečenstvá patria:

1. Všetky nehody s účasťou ľudí v dôsledku prípravy miesta, inštalácie (alebo demontáže) veterných elektrární a ich následnej údržby. Ide o pracovné úrazy, pri ktorých sú súčasné predpisy, za predpokladu, že sa uplatňujú, postačujúce na zabezpečenie prevencie.

2. Prevádzka veterných turbín predstavuje riziko zranenia v dôsledku vymrštenia viac či menej veľkých častí, ktoré sa náhodne oddelia od týchto strojov po mechanickej poruche. Predchádzanie tomuto riziku zahŕňa vytvorenie dostatočnej zóny nikoho, ktorej veľkosť sa odhaduje na základe veľkosti turbín, ale nie je definovaná v súčasných predpisoch. Treba poznamenať, že toto preventívne opatrenie, ak sa zavádza, je často porušované alebo spochybňované vlastníckmi pozemkov.

3. Rovnaké nebezpečenstvá pretrvávajú už desaťročia na niektorých cintorínoch veterných turbín, kde sú staré turbíny, ktoré boli z finančných dôvodov opustené bez demontáže.

Prevenia všetkých týchto nebezpečenstiev je výslovne stanovená v nedávnych predpisoch, najmä tých, ktoré sa týkajú opustených lokalít.

B - Hypotetické riziká veterných turbín

Medzi často uvádzanými sťažnosťami je psychologický, dokonca neurologický, dopad stroboskopického efektu spôsobeného dlhodobým pozorovaním rotácie lopatiek, najmä ak je namierená na nízko položené slnko na obzore. Obavy z epileptogénneho účinku veterných turbín sa často objavovali. Zatiaľ čo za iných okolností je epileptogénna úloha opakovanej svetelnej stimulácie dobre preukázaná, v literatúre sme nenašli žiadne pozorovania, ktoré by poukazovali na veterné turbíny v tejto patológii: tento strach nie je podložený žiadnym presvedčivým prípadom. Okrem toho treba poznamenať, že očné buľvy subjektu by museli byť výnimočne fixované a dostatočne dlho, aby sa do mozgových centier preniesli variácie svetelného lúča tak úzkeho a vzdialeného, ako je ten, ktorý poskytuje rotácia veternej turbíny.

C - Skutočné riziko veterných turbín: hluk.

Či už ide o veľmi intenzívny alebo miernejší hlukový hluk, hluk je najčastejšie vyjadrovanou sťažnosťou na veterné turbíny [11]. **Môže mať skutočný a doteraz do značnej miery neznámy vplyv na ľudské zdravie (pozri dodatok B).**

Je potrebné pripomenúť, že hluková trauma je nebezpečná dvoma spôsobmi. Môže spôsobiť poškodenie vnútorného ucha, ak intenzita a trvanie vystavenia hluku dosiahnu vysoké úrovne.

Tieto intenzity však nikdy neboli pozorované v domoch v blízkosti veterných turbín.

Pri miernych úrovniach môže hluk vyvolať stresové reakcie, narušiť spánok a ovplyvniť celkové zdravie. Ukázalo sa, že neustále alebo prerušované hlukové znečistenie, aké sa nachádza napríklad v niektorých dielňach alebo v blízkosti letísk či diaľnic, zvyšuje riziko vysokého krvného tlaku [12] a infarktu myokardu [13]. Podobne boli opísané neuroendokrinné poruchy [14] so zvýšením sekrécie noradrenergických hormónov, ACTH a somatotropných hormónov. Poruchy spánku sú napokon obzvlášť bežné v obytných oblastiach v blízkosti hlavných dopravných uzlov, pričom letiská sú kvôli prerušovanej povahe hluku, ktorý generujú, najproblematickejšie. Spánok sa považuje za narušený [15], ak okolitý hluk presiahne 45 dB pre Európske spoločenstvo, ale pre Svetovú zdravotnícku organizáciu iba 35 dB.

Niektorým združeniam sa zdalo legitímne extrapolovať riziká pozorované v blízkosti určitých letísk na veterné turbíny, hoci neexistuje porovnateľná štúdia zameraná na populácie žijúce v blízkosti veterných elektrární. Napriek metodologickým ťažkostiam, ktoré by takýto prieskum musel prekonať, je nevyhnutná seriózna epidemiologická štúdia, pretože veterné turbíny a letiská predstavujú dva veľmi odlišné zdroje hluku.

7. Hlukové znečistenie sa zosilňuje, keď hluk vykazuje významné nepravidelnosti, ktoré stimulujú pozornosť jednotlivca. Naopak, tento hluk je lepšie tolerovaný, ak je nepretržitý [16]. Aj keď si však zvyknutie na tieto nepravidelnosti môže znížiť ich vplyv, toto zvyknutie je o to ťažšie zistiť, keď sa jednotlivec cíti ako obeť hluku. Stres a jeho následky závisia od toho, ako jednotlivec vníma hluk. V prípade veterných turbín môže vplyv tohto obťažovania závisieť od toho, ako je jednotlivcovi spôsobené. Ak z neho majú okamžitý úžitok, ktorý je najčastejšie materiálny, riziko obťažovania bude pravdepodobne nižšie.

V každom prípade, predchádzanie týmto rizikám závisí od jednoduchého presunutia zdroja hluku ďalej. Teoreticky je však ťažké a priori definovať minimálnu vzdialenosť od obydľí, ktorá by bola spoločná pre všetky veterné farmy, pretože šírenie zvuku, teda rozsah tejto rušivej zóny, závisí od topografických a environmentálnych faktorov špecifických pre každú lokalitu.

Napriek tomu, kým sa nevykoná epidemiologická štúdia tohto hlukového znečistenia a vzhľadom na výsledky nedávnych meraní hluku vykonaných moderným zariadením, by bolo preventívne vhodné **pozastaviť výstavbu veterných turbín s kapacitou presahujúcou 2,5 MW umiestnených menej ako 1500 metrov od obydľí. Ako preventívne opatrenie by sa teraz mohla navrhnúť vzdialenosť 1500 metrov.**

6- Diskusia o mechanizmoch vysvetľujúcich hlásené symptómy

1- Väčšinu hlásených funkčných problémov možno interpretovať ako všeobecné dôsledky vyššie uvedeného chronického hluku.

2- Iné však boli pripísané infrazvuku s argumentom, že by ho mohli generovať veterné turbíny s intenzitou dostatočnou na to, aby spôsobili vestibulárne symptómy (únava, nevoľnosť, bolesti hlavy). Túto interpretáciu je potrebné prediskutovať s ohľadom na:

- Veľmi nízke úrovne intenzity infrazvuku merané v bezprostrednej blízkosti veterných turbín

- Úrovně intenzity, které by tieto infrazvuky museli byť viac ako tisíckrát vyššie, aby boli vôbec počuteľné, a dokonca viac ako tisíckrát vyššie, aby sa vyskytli jemné a prechodné vestibulárne reakcie, ktoré sa niekedy experimentálne pozorujú.

Tento strach z infrazvuku produkovaného veternými turbínami je preto neopodstatnený.

7- Závěry

Pracovní skupina zvolaná na tento účel skúmala okrem obáv, ktoré vyvoláva inštalácia veterných turbín, aj tie, ktoré sa týkajú ľudského zdravia.

Záverom je:

1. že produkcia infrazvuku veternými turbínami v ich bezprostrednej blízkosti je dobre analyzovaná a veľmi mierna: nepredstavuje žiadne nebezpečenstvo pre ľudí;
2. že neexistujú žiadne preukázané riziká stroboskopickéj vizuálnej stimulácie z rotácie lopatiek veterných turbín;
3. že riziká zranenia súvisiace s inštaláciou, prevádzkou a demontážou týchto zariadení sú predvídateľné a zmiernené platnými predpismi pre priemyselné lokality, ktoré sa vzťahujú na túto fázu inštalácie a demolácie veterných elektrární, ktoré sa stali zastaranými.

Poznámava:

4. že skutočné riziká prevádzky veterných turbín sú spojené s možnosťou chronickej hlukovej traumy, ktorej patofyziologické parametre sú dobre známe a ktorej vplyv priamo závisí od vzdialenosti oddeľujúcej veternú turbínu od obytných alebo pracovných priestorov blízkych obyvateľov.

Poznámava,

5. že súčasné predpisy týkajúce sa vplyvu hluku vyvolaného týmito strojmi na zdravie

[17] nezohľadňujú:

- ich priemyselný charakter,
- významnú nepravidelnosť zvukových signálov vydávaných týmito strojmi;
- technický pokrok v simulácii a dlhodobom zaznamenávaní hlukových vplyvov.

6. že ani inštalatéri veterných turbín, ani verejné orgány, ani združenia nevypracovali štatistiky, ktoré by pre každú veternú turbínu (alebo veternú farmu), súkromnú alebo verejnú, uvádzali vzdialenosť oddeľujúcu každú turbínu od najbližšieho obydľia;

8- Odporúčania

Na preukázanie potenciálnej škodlivosti hluku veterných turbín pre ľudí Akadémia považuje za nevyhnutné vykonať dva typy štúdií vrátane:

- vývoja postupu na zaznamenávanie hluku spôsobeného veternými turbínami v obydliach počas dlhého obdobia niekoľkých týždňov a následnej analýzy v rôznych časových mierkach, aby sa tieto odborné znalosti mohli uplatniť na dotknuté populácie.
- epidemiologická štúdia o potenciálnych zdravotných dôsledkoch hluku veterných turbín na obyvateľstvo, ktoré budú korelované so vzdialenosťou týchto turbín od ich umiestnenia a s výsledkami vyššie navrhovaných opatrení.

Akadémia odporúča, aby verejné orgány okamžite:

- **ako preventívne opatrenie pozastavili výstavbu veterných turbín s kapacitou presahujúcou 2,5 MW, ktoré sa nachádzajú menej ako 1500 metrov od obydli,**

- článok 98 zákona z 2. júla 2003 bol zodpovedajúcim spôsobom zmenený tak, aby sa veterné turbíny, hneď ako prekročia určitý výkon, považovali za priemyselné zariadenia a aby ich inštalácia odteraz podliehala osobitným predpisom zohľadňujúcim špecifické hlukové znečistenie, ktoré vytvárajú.

Dodatok A

Veterné turbíny: Technické a ekonomické aspekty

Výroba veternej energie na celom svete

Obnoviteľné zdroje energie sa globálne rozvíjajú (+1,4 % ročne), ale ich podiel na výrobe elektriny klesá: 18,1 % v roku 2002 v porovnaní s 20,5 % v roku 1993, pretože spotreba každý rok rastie.

Vodná energia zostáva dominantným sektorom (90,4 %), ale jej rast je veľmi pomalý, rádovo 1 % ročne. Naopak, zatiaľ čo veterná energia predstavuje iba 0,33 % celosvetovej výroby elektriny, jej rast sa stal veľmi rýchlym. V Európskej únii, kde sa od roku 1993 zvýšila o 37,8 %, sa v súčasnosti 1,5 % elektriny vyrába veternými turbínami.

Vo Francúzsku pochádza 14 % elektriny z obnoviteľných zdrojov. Hoci sa vďaka veľmi atraktívnym finančným stimulom veľmi rýchlo zvyšuje (+59 % ročne), výroba veternej energie zostáva vo všeobecnosti marginálna, s nainštalovaným výkonom niečo vyše 200 MW.

Teoreticky má Francúzsko značný potenciál: má druhý najväčší zdroj veternej energie v Európe po Spojenom kráľovstve. Tento zdroj sa nachádza na západnom pobreží (od Severného mora po La Rochelle), v údolí Rhôny a v Languedoc-Roussillon. Tri veterné farmy postavené v roku 2004 majú celkovú kapacitu 43 MW.

Uvedeným cieľom Francúzska je 10 000 MW veternej energie do roku 2010.

Veterné turbíny inštalované vo Francúzsku majú rôzny výkon. Napríklad medzi najväčšie a najnovšie patrí osem veterných turbín vo veternej farme Bouin v regióne Vendée, **inštalovaných v roku 2003, s výkonom 2,5 MW každá. Sú vysoké 102 metrov (vrátane 40-metrových lopatiek)**, čo je zhruba výška 30-poschodovej budovy. Ich celková produkcia sa odhaduje na 40 GWh (40 miliónov kilowatthodín), čo predstavuje dostupnosť približne 25 %. Táto produkcia zodpovedá spotrebe elektriny (bez vykurovania) 20 000 domácností a ročne generuje 200 000 eur na daniach z podnikania pre obec Bouin.

Výhody veternej energie

Veterná energia je prirodzene obnoviteľná, neznečisťuje životné prostredie a neprodukuje skleníkové plyny (okrem procesu výstavby).

Vo Francúzsku, keď sa veterná energia používa ako základná energia, znižuje závislosť od jadrových elektrární, a tým aj objem jadrového odpadu.

Umožňuje decentralizovanú výrobu elektriny, vďaka čomu je vhodná pre oblasti bez infraštruktúry na prenos elektriny, najmä v rozvojových krajinách.

Nevýhody veternej energie

V porovnaní s inými formami výroby elektriny (vodná, tepelná alebo jadrová) je veterná energia výrazne drahšia. „Palivo“ je zadarmo,

ale veterná turbína s výkonom 2,5 MW stojí približne 3 milióny eur pri priemernom skutočnom elektrickom výkone 0,6 MW.

Produkcia je prerušovaná a vysoko korelovaná medzi jednotlivými veternými turbínami: poklesy vetra ovplyvňujú všetky inštalácie v rovnakej oblasti. **To vedie k nestabilite v prenosovej sieti, ktorá sa môže stať nevyváženou s rizikom výpadkov, ak je podiel veterných turbín príliš vysoký. Kapacita veternej energie 10 000 MW je pre Francúzsko limitom.**

Finančné stimuly pre ich inštaláciu tiež podnecujú diskusie o súčasných skutočných nákladoch na takto vyrobenú energiu, realite zníženia emisií skleníkových plynov, za ktoré sú údajne zodpovedné, a dokonca aj o priemyselnom znečistení z niektorých starých, opustených zariadení, ktoré neboli demontované.

Inštalácie veterných turbín sú vo všeobecnosti negatívne vnímané miestnymi obyvateľmi a združeniami na ochranu životného prostredia, ktorí ich obviňujú z vizuálneho a hlukového znečistenia.

Tieto nepríjemnosti by sa zmiernili, keby boli turbíny inštalované na mori, aj keď s výraznými dodatočnými nákladmi.

Dodatok B

Hluk a infrazvuk

Hluk:

Hluk, súbor aperiodických vibrácií, je definovaný svojím frekvenčným spektrom a rozsahom intenzít, ktoré každá frekvencia prenáša. Stojí za to pripomenúť, že anatómia ľudského ucha ho robí veľmi citlivým na frekvenčný rozsah 500 – 4 000 Hz a že práve v tomto rozsahu ľudia umiestnili najvýznamnejšie frekvencie svojej reči. Väčšina priemyselných zvukov má pri svojom zdroji pomerne

podobné spektrá, ktoré sa líšia najmä v ich relatívnych intenzitách [18], ale v ktorých sú intenzity infrazvuku často nižšie ako ich počuteľnosť.

Treba zdôrazniť, že frekvenčné spektrum veterných turbín je porovnateľné so spektrom akéhokoľvek priemyselného stroja.

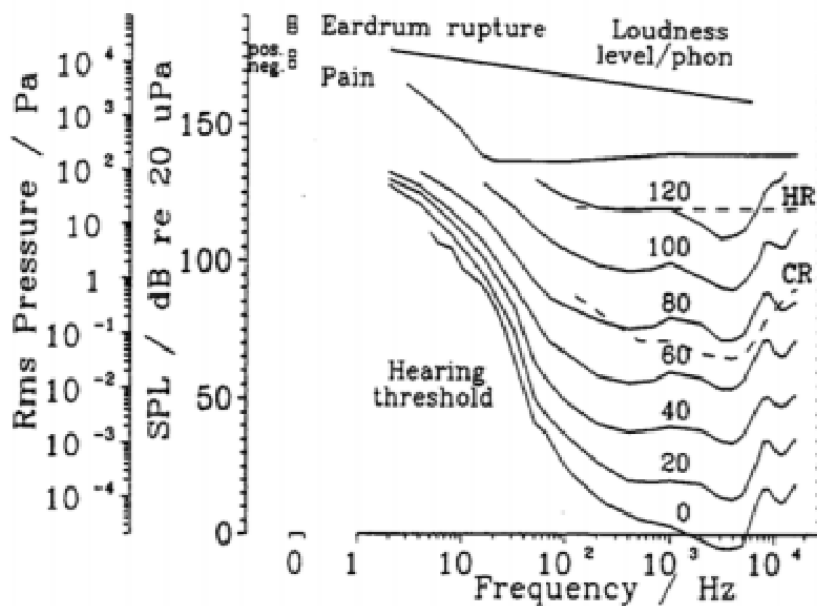
Rozptyl zvukovej energie zo zdroja závisí od povahy prostredia, ktorým sa šíri, a od vyžarovanej vlnovej dĺžky. Rozptyl nízkych frekvencií je takmer sférický, zatiaľ čo rozptyl ultrazvuku je prakticky jednosmerný. **Strata energie so vzdialenosťou je obrovská pre vysoké frekvencie, malá pre nízke frekvencie** a pre stredné frekvencie sa mení zhruba nepriamo úmerne druhej mocniny vzdialenosti. Niekoľko stoviek metrov od zdroja intenzívneho hluku teda už takmer žiadne vysoké frekvencie nezostávajú a **pretrvávajú iba stredné a nízke frekvencie. Medzi ne patria infrazvuky.**

Infrazvuk:

Rýchlosť šírenia infrazvuku vo vzduchu sa blíži rýchlosti počuteľných vln, približne 330 m/s. Keďže vlnová dĺžka zvuku je nepriamo úmerná jeho frekvencii, vlnová dĺžka infrazvuku s frekvenciou 20 Hz je približne 16 metrov, čo je oveľa viac ako veľkosť väčšiny živých bytostí vrátane ľudí.

Keď je telo, predmet alebo živá bytosť vystavená infrazvuku prenášanému vzduchom, je ponorená do akustického poľa, ktorého fáza je vždy konštantná. Za týchto podmienok sa viac ako 90 % prijatej mechanickej energie odrazí späť od tela. **To neplatí, ak telo obsahuje orgány naplnené vzduchom, ktoré nekomunikujú s vonkajším svetom (t. j. u ľudí stredné ucho, tráviaci trakt a dýchacie cesty, keď je hlasivka zatvorená).** **Keď k šíreniu dochádza aj cez pevné látky, čo spôsobuje napríklad vibrácie stien vzduchovej dutiny, energia absorbovaná telom pri dotyku s jednou z týchto stien môže byť oveľa väčšia.**

Obr.



OBRÁZOK 1 (podľa J. Dancera)

Fechnerove a Munsonove krivky rovnakej hlasitosti. Každý bod zodpovedá čistému tónu (frekvencia na osi x a intenzita zvuku na osi y v logaritmických súradniciach). Každá krivka, nazývaná „krivka rovnakej hlasitosti“, spája body, ktoré zodpovedajú zvukom s rovnakým subjektívnym dojmom intenzity. Najnižšia oblasť každej krivky zodpovedá maximálnej citlivosti ucha (500 – 4000 Hz). Krivka 0 phon zodpovedá najtichším počuteľným zvukom; krivka 120 phon prahu bolesti.

Tieto vlastnosti si vyžadujú použitie uzavretých komôr na fyziologické štúdie.

Tieto komory majú dva protiľahlé panely, každý prepichnutý oknom pokrytým membránou typu reproduktora. Týmto spôsobom je relatívne jednoduché získať u malých telies lokálne zmeny tlaku, ktoré sa dajú efektívne prenášať na malé zvieratá; avšak aplikácia týchto signálov na ľudí si vyžaduje oveľa zložitejšie nastavenia.

Okrem toho detekcia a meranie infrazvuku vyžaduje iné prístroje ako tie, ktoré sa používajú pre zvukové vlny, čo si vyžaduje použitie prevodníkov porovnateľných s barometrami, ktoré sa menia podľa frekvencie.

Smerovosť zvukových vln navyše klesá s frekvenciou. Ultrazvukový žiarič vyžaruje prakticky jedným smerom. Naproti tomu vlny vyžarované generátorom infrazvuku sú prakticky sférické a vyžarujú všetkými smermi. Nad 150 dB, teda tesne nad ich prahom počuteľnosti, sa rýchlo stáva nemožným produkovať kontrolovaným a opakujúcim sa spôsobom úroveň infrazvukových vln šíriacich sa vo voľnom priestore.

Šírenie infrazvuku, za predpokladu, že jeho zdrojová energia je dostatočne vysoká, môže prebiehať na značné vzdialenosti. Vďaka odrazu od horných vrstiev atmosféry môže vzduchom prenášaný infrazvuk emitovaný jadrovým výbuchom niekoľkokrát obkľúčiť Zem, čo umožňuje detekciu týchto výbuchov na veľké vzdialenosti. Okrem toho, nízke frekvencie sa lepšie šíria v pevných médiách ako vo vzduchu; infrazvuk prenášaný pevnými látkami je menej utlmený ako vzduchom prenášaný infrazvuk.

Prirodzený infrazvuk (vietor, hrom atď.) je súčasťou prirodzeného ľudského prostredia.

Aj keď je nepočuteľný, pretože jeho intenzita je príliš nízka, vzniká pri mnohých denných činnostiach:

7. beh = 90 dB o 2:00;

8. plávanie = 140 dB pri 0,5 Hz;

9. Cesta autom s otvorenými oknami = 115 dB pri 15 Hz;

10. Počas určitých manévrov škrabania vonkajšieho zvukovodu = 160 dB pri 2 Hz;

Strojovňa (napríklad zaoceánskej lode) = 130 – 140 dB pri 5 – 20 Hz.

TABUĽKA

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

TABLEAU I (d'après J. Rolland)
Seuil d'audibilité en dBA des basses fréquences et de quelques infrasons détectables instrumentalement dans les circonstances de la vie courante.

TABUĽKA I (podľa J. Rollanda)

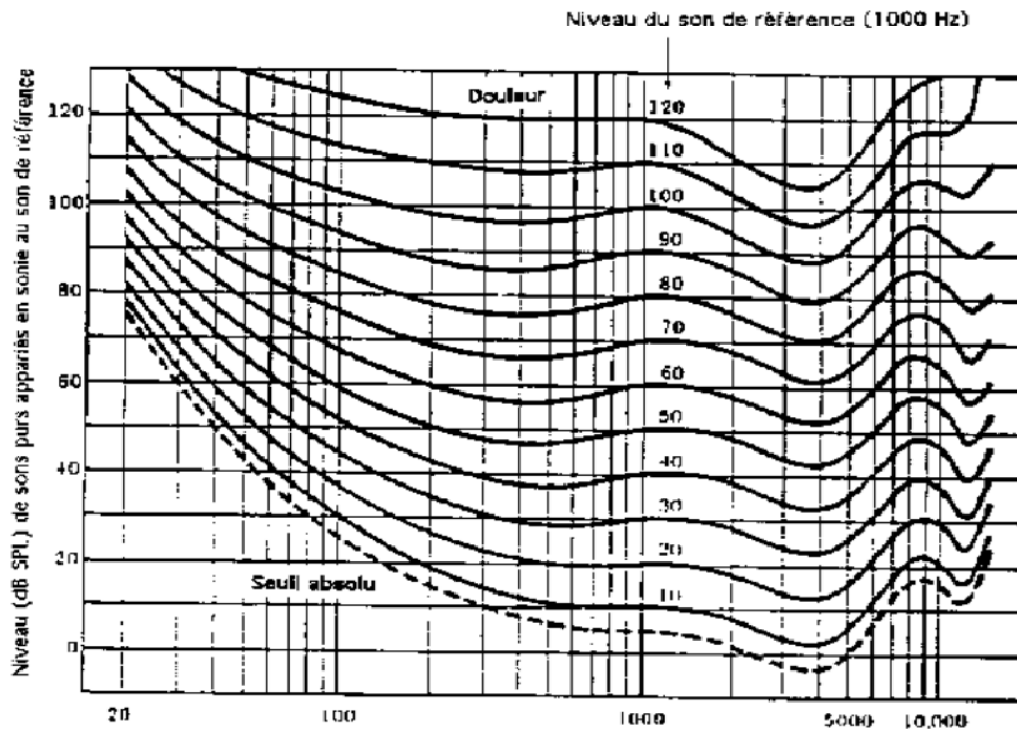
Prah počuteľnosti v dBA nízkych frekvencií a niektorých infrazvukov inštrumentálne detekovateľných v každodennom živote. Ako frekvencia zvuku klesá pod konverzačný frekvenčný rozsah, energia potrebná na jeho vnímanie ľudským ušom sa rýchlo zvyšuje.

Okrem toho v týchto nízkofrekvenčných rozsahoch, zatiaľ čo pri vysokých intenzitách dokáže ucho rozpoznať tón, pod týmto rozsahom vníma iba odlišné javy opísané ako údery. Táto charakteristika prispieva k definícii infrazvuku. 20 Hz je však rozmazaná hranica, **pretože nelinearita stredného ucha vedie k skresleniam zodpovedným za premenlivé vnímanie nežiaduceho zvuku.**

Pri intenzitách pod 160 dB sú patofyziologické účinky infrazvuku dobre zdokumentované, hoci ich štúdium na ľuďoch vyžaduje rozsiahle zariadenia, ktoré existujú iba vo vysoko špecializovaných laboratóriách.

Prah ľudského sluchu pre infrazvuk je 105 dB pri 8 Hz, 95 dB pri 16 Hz, 66 dB pri 32 Hz, 45 dB pri 63 Hz a 29 dB pri 29 Hz. Prah bolesti je medzi 140 dB pri 20 Hz a 162 dB pri 3 Hz. Nepozoruje sa žiadna sluchová únava, a to ani pri 140 dB pri 14 Hz počas 30 minút, ani pri 170 dB medzi 1 a 10 Hz počas 30 sekúnd.

Ide však o obrovské energetické hladiny, ktoré sa (mimo laboratórneho prostredia) vyskytujú iba pri výbuchoch.



OBRÁZOK 2 (podľa A. Dancera)

Energia potrebná (os x) na dosiahnutie prahu vnímania a prahov ekvivalentnej intenzity, v porovnaní so zvukom s frekvenciou 1000 Hz použitým ako referencia, pre rôzne frekvencie (os y). Infrazvuk (vľavo hore na obrázku) vyžaduje na vnímanie veľmi vysokú intenzitu a na dosiahnutie prahu bolesti úplne abnormálnu intenzitu.

Infrazvuk, podobne ako počuteľné zvuky, môže tiež vyvolať rezonančné javy; hrudník rezonuje medzi 40 a 60 Hz a brucho slabšie medzi 4 a 8 Hz. Otvorenie hlasiviek umožňuje hrudnému vzduchu rezonovať s frekvenciou 1 Hz, takže okolo 165 dB možno pozorovať pasívne dýchanie modulované infrazvukom. Stredné ucho trpí ako prvé, keď sa intenzita infrazvuku zvyšuje, pretože elastická membrána bubienka je citlivá na zmeny tlaku a absorbuje energiu oveľa lepšie ako zvyšok tela. Preto možno od 130 dB pozorovať prechodnú tympanickú hyperémiu, ktorá zmizne po ukončení stimulácie.

Úrovně nad 160 dB, ktoré by mohli spôsobiť poškodenie kochleárne lézie, by si vyžadovali generátory s úplne nereálnym výkonom a veľkosťou vo voľnom poli.

Postihnutie vestibulárneho systému predstavuje väčšinu javov vyvolaných infrazvukom vo vnútornom uchu. Tieto poruchy odrážajú difúziu energie dodávanej strmičkou do labyrintových tekutín do vestibulu. Počas tympanometrie, rutinného postupu v klinickej audiometrii, sa na vonkajší zvukovod aplikuje statický tlak, čím sa vytvára monoaurálny tlak a potenciálne môže spôsobiť mierne závraty. U zvierat však vystavenie 169 dB pri 10 Hz alebo 158 dB pri 30 Hz nevyvoláva nystagmus. Podobne u ľudí vystavených hladinám od 142 do 150 dB sa nepozoruje žiadny nystagmus, či už je stimulácia monoaurálna alebo bilaterálna, vo fáze alebo mimo fázy. Avšak výbuchy šumu (tónové výbuchy) alebo amplitúdovo modulované zvuky môžu pri monoaurálnej alebo asymetrickej aplikácii 125 dB s frekvenciou tri za sekundu spôsobiť rýchle pohyby očí alebo prechodnú nerovnováhu.

Okrem toho bol pri priblížení sa k konverzačným frekvenciám hlásený kašeľ a „pocit dusenia“ počas vystavenia sa zvukom sirén s intenzitou 150 až 154 dB v rozsahu 50 až 100 Hz. Nepohodlie sa pozoruje iba pri stimuloch obsahujúcich zvukové spektrum so strmými sklonmi pri nízkych frekvenciách (8 dB/oktáva) a pri intenzite presahujúcej prah vnímania zvuku. U zdravých jedincov experimentálne vystavených infrazvuku sa môžu nad 110 dB objaviť takzvané „psychologické“ účinky, ako napríklad nedostatok koncentrácie.

V konkrétnom prípade veterných turbín je potrebné poznamenať, že:

- vo vzdialenosti 100 metrov od veternej turbíny s výkonom 1 MW sú hladiny zvuku 58 dB pri 8 Hz, 74 dB pri 32 Hz, 83 dB pri 63 Hz a 90 dB pri 125 Hz;

- nízke frekvencie merané vo vzdialenosti 100 metrov od veterných turbín sú preto najmenej 40 dB pod prahom počuteľnosti.

V tejto vzdialenosti je intenzita infrazvuku taká nízka [19], že tieto zariadenia nemôžu spôsobiť ani nepohodlie, ani ospalosť spojenú s pôsobením infrazvuku na vestibulárnu časť vnútorného ucha, ktorú možno pozorovať iba pri najvyšších experimentálne dosiahnuteľných intenzitách.

Strach zrodený z infrazvuku

Pre určitú časť populácie a na rozdiel od zvukových vln, ktoré vníma každý, patria nízke frekvencie do tajomnej a desivej ríše. Uvádzajú sa tieto dôvody:

- Sprevádzajú zlé udalosti: hromy, výbuchy, najmä jadrové, atď.
- **Tieto vlny sa šíria veľmi ďaleko,**
- **Je veľmi ťažké chrániť sa pred infrazvukovými vlnami, ktoré zvonku veľmi ľahko prenikajú do budov.**
- **Fyziologické javy, ktoré môžu generovať pri veľmi vysokých intenzitách, sú obávané.**

Treba poznamenať, že široká verejnosť si neuvedomuje, že tieto vysoké intenzity, za ktoré môže byť zodpovedná ľudská vynaliezavosť (explózie rôzneho pôvodu, zvukové tresky atď.), nemajú nič spoločné s intenzitou infrazvuku produkovaného zvyškom priemyselnej činnosti, najmä s tým, ktorý generujú veterné turbíny.

Tento strach z infrazvuku je živený, najmä na internete, odkazom na publikáciu

[20] z roku 1966. Túto staršiu prácu nedávno analyzoval G. Leventhall[21]; prehodnotil všetky jej prvky a metodicky ich kritizoval. Dokázal, že použitá metodika bola neprípustná a jej závery neprijateľné vzhľadom na súčasné vedecké štandardy.

Bibliografia

Vedecká literatúra týkajúca sa patológie vyvolanej u ľudí veternými turbínami je obmedzená. Tento nedostatok je ešte výraznejší, ak vezmeme do úvahy iba štúdiu vplyvu infrazvuku na ľudí: v roku 2005 Medline uviedol iba 179 článkov na túto tému, pričom tento efekt sa najčastejšie spomínal iba v rámci všeobecnejšej štúdie účinkov zvukovej stimulácie. Preto sa naše skúmanie zameralo

konkrétne na súčasný stav poznatkov týkajúcich sa infrazvuku, a to rozhovormi s dvoma špecialistami na tieto fyzikálne javy:

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

Mali by sme tiež zdôrazniť, keďže ide o veľmi nedávne, pôvodné publikácie z Prvej medzinárodnej konferencie o hluku veterných turbín: Perspektívy kontroly. Zatiaľ nie sú publikované ani dostupné online, ale je možné si ich preštudovať v knižnici Akadémie.

Napriek nedostatku vedeckej dôslednosti väčšiny webových stránok zaoberajúcich sa vzťahom medzi infrazvukom a veternými turbínami ich nemožno ignorovať vzhľadom na ich potenciálne významný vplyv na dotknuté populácie. V tejto súvislosti by sme mali spomenúť prácu publikovanú v roku 2002, dostupnú na adrese <http://crrm.u3mrs.fr/ile-rousse/2002/IleRousse2002.pdf>: „Infrazvuk medzi vedou a mýtom: môže bibliometria pomôcť objasniť kontroverznú vedeckú pravdu?“ Autor, inžinier Bertrand Goujard, predstavuje štúdiu online bibliografie týkajúcej sa infrazvuku, ktorá stojí za prečítanie.

[1] **Predbežná príručka pre posudzovanie vplyvov veterných elektrární.** Francúzska agentúra pre životné prostredie a energetický manažment (ADEME), Ministerstvo ekológie a trvalo udržateľného rozvoja, február 2001, s. 117.

[2] **Sprievodca posudzovaním vplyvov veterných elektrární na životné prostredie.** Francúzska agentúra pre životné prostredie a energetický manažment (ADEME), Ministerstvo ekológie a trvalo udržateľného rozvoja, február 2005, s. 75 – 83.

[3] KLUG H. – **Prehľad hluku veterných turbín.** Prvá medzinárodná konferencia o hluku veterných turbín: Perspektívy pre kontrolné postupy, Berlín, 17. – 18. októbra 2005, 11 s.

[4] HENRIKSEN O.D., DEGN U., MILLER L., TOUGAARD J. – **Nízkofrekvenčný podvodný hluk z pobrežných veterných turbín:** detekčné dosahy a potenciálne dôsledky pre morské cicavce. Prvá medzinárodná konferencia o hluku veterných turbín: Perspektívy pre kontrolné postupy, Berlín 17. – 18. októbra 2005, 9 s.

[5] GAMBA R., GARRIGUES S., SENAT C. - **Mapovanie šírenia hluku vzduchom proti vetru a po vetre.** Prvá medzinárodná konferencia o hluku veterných turbín: Perspektívy pre kontrolu, Berlín 17. – 18. októbra 2005, 14 s.

[6] Riaditeľstvo pre zdravie a sociálne záležitosti Charente-Maritime, Zdravie-životné prostredie, Súhrnná správa o akustických meraciach kampaniach vykonaných v okolí veternej farmy Saint-Crépin, La Rochelle, 19. januára 2006.

[7] **Predbežná príručka pre posudzovanie vplyvov veterných elektrární na životné prostredie.** Francúzska agentúra pre životné prostredie a energetický manažment (Ademe), Ministerstvo ekológie a trvalo udržateľného rozvoja, február 2001, s. 117.

[8] **Sprievodca posudzovaním vplyvov veterných elektrární na životné prostredie.** Francúzska agentúra pre životné prostredie a energetický manažment (Ademe), Ministerstvo ekológie a trvalo udržateľného rozvoja, február 2005, s. 77.

[9] CHOUARD C.H., Znečistenie mestským hlukom. C R Acad Sci III, 2001 júl 324(7), 657-661.

[10] LEVENTHALL G. - **Ako sa mohla vyvinúť „mytológia“ infrazvuku a nízkofrekvenčného hluku súvisiaceho s veternými turbínami.** Prvá medzinárodná konferencia o hluku veterných turbín: Perspektívy pre kontrolu, Berlín 17. – 18. októbra 2005, 15 s.

[11] PEDERSEN E., WAYE K.P. – **Ľudská reakcia na hluk veterných turbín:** obťažovanie a moderujúce faktory. Prvá medzinárodná konferencia o hluku veterných turbín: Perspektívy pre kontrolu, Berlín 17. – 18. októbra 2005, 13 s.

[12] TOMEI F., FANTINI S., TOMAO E., BACCOLO T.P., ROSATI M.V. - Hypertenzia a chronické vystavenie hluku.

Arch. Approximately. Health, (2000), 55, 319–325.

[13] BABISCH W., ISING H., GALLACHER J.E., SWEETNAM P.M., ELWOOD P.C. - Hluk z dopravy a kardiovaskulárne riziko: štúdie Caerphilly a Speedwell, tretia fáza - 10-ročné sledovanie. Arch. Approximately. Health, 1999, 54, 210–216.

[14] SOULAIRAC A. - Hluk: neuroendokrinné aspekty. Bull. Acad. Natl. M, 1992, 176, 401–405.

[15] MOURET J., VALLET M. - Účinky hluku na zdravie. Ministerstvo práce a solidarity, 1998, Comelli, Paríž.

[16] WAYE K.P. - Vplyv nízkofrekvenčného hluku na spánok. Hluk a zdravie, 2004, 6; 23, 87-91.

[17] Sprievodca posudzovaním vplyvov veterných elektrární na životné prostredie. - Francúzska agentúra pre životné prostredie a energetický manažment (ADEME), Ministerstvo ekológie a trvalo udržateľného rozvoja, 2005, s. 75.

[18] BERGLUND B., HASSMEN P. - Zdroje a účinky nízkofrekvenčného hluku, J. Acoustic Soc. Am., 1996, 99 (5), 2985-3002.

[19] Nízkofrekvenčný hluk a vietor, Britská asociácia pre veternú energiu, február 2005,

Turbíny <http://www.bwea.com/ref/lowfrequencynoise.html>

[20] GAVREAU V, CONDAT R A SAUL H. - Infrazvuk: generátor, detektory, fyzikálne vlastnosti, biologické účinky, Acustica, 1966, 17, 1-10.

[21] LEVENTHALL G. - Ako sa mohla vyvinúť „mytológia“ infrazvuku a nízkofrekvenčného šumu súvisiaceho s veternými turbínami. Prvá medzinárodná konferencia o hluku veterných turbín: Perspektívy pre kontrolu, Berlín, 17. – 18. októbra 2005, 15 s.

* * * Akadémia po konzultácii na svojom zasadnutí v utorok 14. marca 2006 jednomyseľne schválila text tejto správy.

Pre overenú kópiu,

Stály tajomník,

Profesor Jacques-Louis BINET

RAPPORT

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

Claude-Henri CHOUARD**

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

1- Introduction

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

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

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

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

** Membre de l'Académie nationale de médecine

2- Les éoliennes

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

D- Les effets physiopathologiques du bruit

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

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

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

Les infrasons

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

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

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

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

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

A- Les premiers dangers comportent:

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

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

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

B- Les risques hypothétiques des éoliennes

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

C- Le vrai risque des éoliennes : le bruit.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

7- Conclusions

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

Il estime :

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

Il constate:

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

Il observe

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

8- Recommandations

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

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

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

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

Annexe A

Les éoliennes : éléments techniques et économiques

Production d'énergie éolienne dans le monde

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

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

Production d'énergie éolienne en France

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

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

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

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

Avantages de l'énergie éolienne

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

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

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

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

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

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

Inconvénients de l'énergie éolienne

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

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

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

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

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

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

Annexe B

Le bruit et les infrasons

Le bruit:

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

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

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

Les Infrasons:

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

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

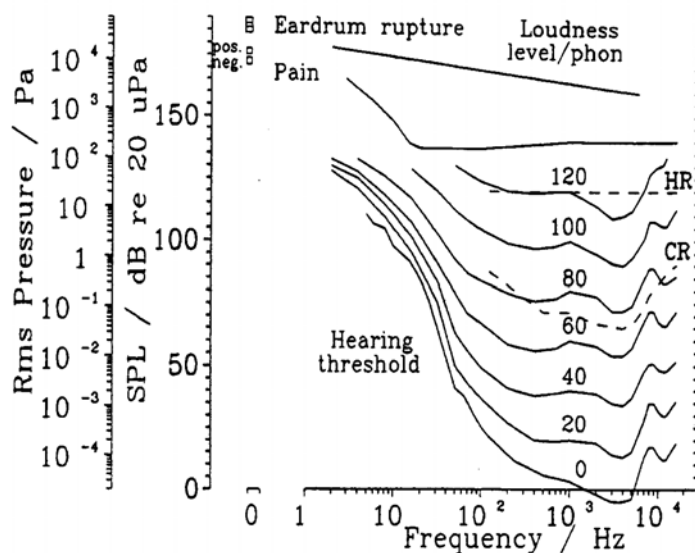


FIGURE 1 (d'après J. Dancer)

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

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

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

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

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

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

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

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

TABLEAU I (d'après J. Rolland)

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

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

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

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

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

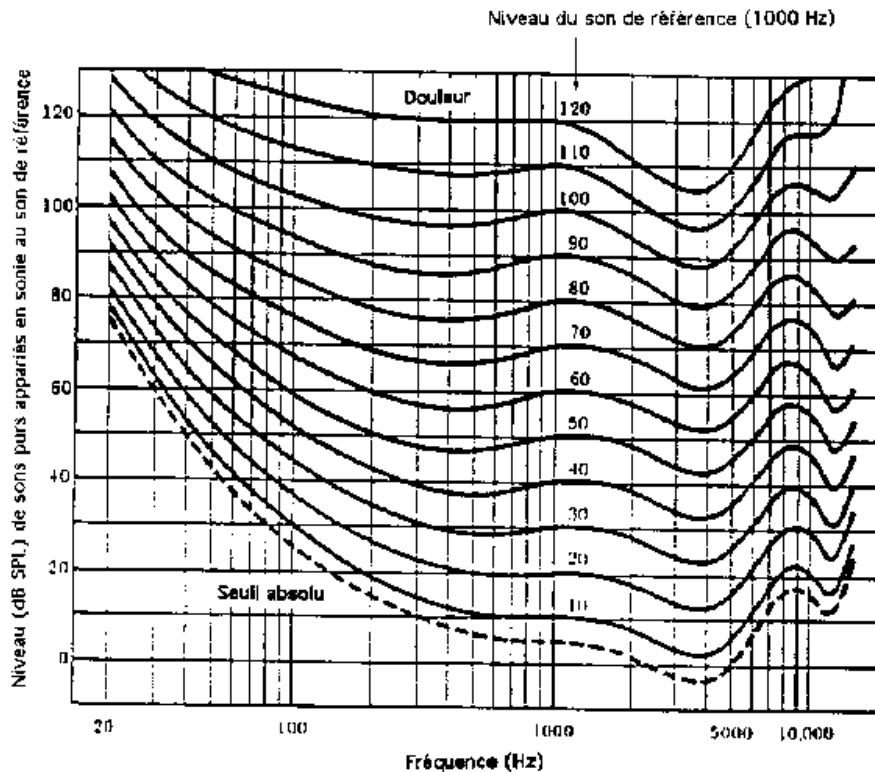


FIGURE 2 (d'après A. Dancer)

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

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

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

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

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

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

Dans le cas particulier des éoliennes, notons que :

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

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

Les phantasmes nés des infrasons

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

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

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

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

Bibliographie

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*

* *

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

Pour copie certifiée conforme,
Le Secrétaire perpétuel,

Professeur Jacques-Louis BINET