



**HAL**  
open science

## [Effects of acoustic treatment of a dialysis room on the quality of life of patients]

F. Fumey, E. Benarrou, L. Souquet, B. Rousset, J. Soares, C. Oltra-Gay, M. Laville

### ► To cite this version:

F. Fumey, E. Benarrou, L. Souquet, B. Rousset, J. Soares, et al.. [Effects of acoustic treatment of a dialysis room on the quality of life of patients]. *Néphrologie & Thérapeutique*, 2019, 15 (1), pp.35–43. 10.1016/j.nephro.2018.07.405 . hal-02195257

**HAL Id: hal-02195257**

**<https://hal.science/hal-02195257v1>**

Submitted on 22 Oct 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

**Effets du traitement acoustique d'une salle de dialyse sur la qualité de vie des patients**

**Effects of acoustic treatment of a dialysis room on the quality of life of patients**

Franck Fumey<sup>a</sup>, Edmond Benarrous<sup>b</sup>, Laurine Souquet<sup>c</sup>, Brigitte Rousset<sup>c</sup>, Joachim Soares<sup>d</sup>, Christine Oltra-Gay<sup>e</sup>, Maurice Laville<sup>f,\*</sup>

<sup>a</sup> Société Continuum, 35 rue du Dauphiné, 69960 Corbas, France

<sup>b</sup> EDBE Conseil, France

<sup>c</sup> Essca, 7 rue Curie, 69006 Lyon, France

<sup>d</sup> France-Rein Rhône Alpes, 183 rue des Salins, 73000 Chambéry, France

<sup>e</sup> Aural, Association pour l'utilisation du rein artificiel de la région lyonnaise, 124 rue Villon, 69008 Lyon, France

<sup>f</sup> Univ. Lyon, CarMeN lab, Insa-Lyon, Inserm U1060, Inra, Université Claude Bernard Lyon 1, 69621 Villeurbanne, France

**\* Auteur correspondant**

**laville@univ-lyon1.fr**

## Résumé

L'altération de la qualité de vie perçue par les patients traités en hémodialyse chronique résulte de nombreux facteurs, parmi lesquels l'environnement de soins. La réglementation en vigueur a sensiblement amélioré les conditions d'accueil et de traitement des patients, mais une attention, peut-être insuffisante, a été apportée aux nuisances sonores liées aux équipements de dialyse. Il nous est donc apparu utile de conduire une étude sur les paramètres acoustiques en salle de dialyse, et d'évaluer les effets sur la qualité de vie perçue d'un traitement acoustique destiné à réduire le niveau de bruit ambiant. Après des mesures réalisées en conditions standard, des dispositifs adaptés d'absorption du bruit (panneaux et claustras) ont été installés dans une salle de traitement de 8 postes, accueillant 32 patients volontaires, et leurs effets évalués par un questionnaire de qualité de vie administré à 3 reprises (avant l'installation, au terme d'une semaine, et après le retrait des dispositifs), chaque patient étant son propre témoin. Les mesures du bruit ambiant pendant les périodes de dialyse et une modélisation numérique de la salle ont été effectuées en parallèle afin de rechercher des corrélations entre les modifications subjectives exprimées par les patients et les critères quantitatifs du bruit. Les résultats montrent que de tels dispositifs permettent de réduire significativement la gêne acoustique perçue et leurs conséquences (céphalées), et suggèrent que ces améliorations sont dues à l'homogénéisation fréquentielle du temps de réverbération dans la salle et à la réduction des composantes basses fréquences induites par les différentes sources de bruit identifiées.

**Mots clés :** acoustique ; basses fréquences ; dialyse ; nuisances sonores ; qualité de vie

## Abstract

The impairment of quality of life experienced by patients treated with chronic hemodialysis results from many factors, including the care environment. Current regulations have significantly improved reception and treatment conditions for patients, but perhaps insufficient attention has been paid to the noise nuisance associated with dialysis equipment. We therefore found it useful to conduct a study on acoustic parameters in the dialysis room, and to evaluate the effects on perceived quality of life of an acoustic treatment intended to reduce the level of ambient noise. After measurements carried out under standard conditions, adapted noise absorption (devices panels and trellis) were installed in a treatment room of 8 posts hosting 32 volunteer patients, and their effects evaluated by a quality of life questionnaire administered 3 times (before, at the end of one week, and after the removal of the devices), each patient being his own witness. Measurements of ambient noise during dialysis periods and numerical modeling of the room were performed in parallel in order to search for correlations between the subjective changes expressed by the patients and the quantitative noise criteria. The results show that such devices can significantly reduce the perceived acoustic discomfort and their consequences (headaches), and suggest that these improvements are due to the frequential homogenization of the reverberation time in the room and the reduction of the low frequency components induced by the different sources of noise identified.

**Keywords:** acoustics; dialysis; low frequencies; noise pollution; quality of life

## Introduction

Aujourd'hui, en France, 3 millions de personnes souffrent d'insuffisance rénale et parmi elles, près de 47 000 personnes survivent grâce à la dialyse, dont la grande majorité (93 %) est traitée par hémodialyse intermittente [1]. Dans l'immense majorité des cas, ce traitement est dispensé en unité d'hémodialyse selon différentes modalités : autodialyse, dialyse médicalisée, centre lourd. Dans tous les cas, les salles de dialyse sont communes et comportent au moins 6 générateurs individuels. Les conséquences immédiates sont doubles : chaque patient est exposé au bruit de proximité de son propre générateur individuel (pompes, alarmes), mais aussi aux contributions des autres générateurs présents dans l'espace commun, et bruits liés aux pratiques de soins (interactions chaotiques des différents cycles de dialyse, chariots à roulettes, conversations entre soignants...). Sans oublier de multiples autres sources qui correspondent aux équipements collectifs (portes, ordinateurs, climatisation, chauffage, radios et télévisions, voire traitement d'eau) et individuels (téléphones cellulaires).

Le niveau de bruit ambiant relativement élevé qui en découle entraîne une gêne et une tension qui ne sont pas dénuées de conséquences sur la santé des patients. Le bruit induit en effet des phénomènes mesurables tels que le stress, la baisse de vigilance, de dextérité ou de concentration, mais aussi une baisse de la qualité de vie, ou d'authentiques troubles du sommeil [2]. Au niveau psychique, on observe généralement des symptômes de nervosité et d'agressivité. Sans avoir pu mettre en évidence l'influence de la durée d'exposition au bruit de manière explicite, on sait que ce paramètre joue un rôle primordial dans le ressenti, ainsi que ses effets traumatiques et non traumatiques. Les effets neurosensoriels de la surexposition à des niveaux de bruit élevés pendant un temps relativement long ont été étudiés par Pilati et al., qui ont observé une augmentation de la fréquence des décharges neuronales cochléaires [3]. Plus empiriquement, la norme NF 31-010, « Caractérisation et mesurage des bruits d'environnement », a introduit une durée cumulée d'apparition du bruit pour évaluer le risque de gêne à partir de la notion d'émergence d'un bruit particulier dans un bruit résiduel. Plus grave encore, les infrasons (< 20 Hz) et les basses fréquences (< 200 Hz) induisent une activation du cortex cérébral auditif en agissant de manière délétère directement sur le cerveau, comme l'ont mis en évidence Dommesa et al. [4] et Bauer et al. [5] par une technique d'imagerie IRMf.

Parmi toutes les sources de bruit rencontrées dans les unités de soins intensifs, auxquelles les salles de dialyse peuvent être assimilées sous plusieurs aspects, celles qui émettent des basses fréquences sont particulièrement nocives et ce, pour plusieurs raisons :

- les basses fréquences (BF) se propageant sur de longues distances sans atténuation notable, il est difficile, la plupart du temps, d'identifier la source du bruit et tout le voisinage est concerné ;
- certaines parties du corps humain ont des fréquences propres dans cette gamme de fréquence. L'effet sur les yeux et le cerveau est particulièrement sensible, d'où la nocivité des phénomènes sur de longues durées ;
- elles sont responsables de céphalées, de fatigue inhabituelle et de manque de sommeil.

L'habitude et la normalisation veulent que l'on applique aux mesures acoustiques conventionnelles, une pondération A qui atténue fortement les contributions en dessous de 1000 Hz. Cela a longtemps empêché l'identification d'un risque de nuisance à ces fréquences. Roberts a montré que la mesure en dBA n'était pas une base de critère de nuisance judicieuse et préconise la pondération G (qui a fait l'objet d'une normalisation ISO 7196 en 1995) [6]. La perception de ces basses fréquences (BF) ainsi que leur nuisance et leurs effets physiologiques sont bien résumés par Leventhall [7]. L'apparition de réels symptômes est généralement avérée à partir de la convergence de plusieurs critères, mais un niveau acoustique de 90 dBlin SPL (*Sound Pressure Level*) est une première alerte.

Une étude réalisée chez des anesthésistes-réanimateurs montre que le bruit altère sensiblement les performances de raisonnement médical [8]. Il semble donc important de prévenir le plus possible les nuisances sonores dans les services de soins, dans le but d'améliorer la qualité de vie des patients, mais aussi de préserver le confort et les capacités des soignants.

Ces constatations nous ont amenés à mettre en œuvre à l'Association pour l'utilisation du rein artificiel à Lyon (Aural) une étude collaborative visant à analyser techniquement la problématique acoustique d'une salle de soins, et à réaliser une étude clinique d'évaluation des effets du traitement acoustique d'une salle de dialyse sur la qualité de vie des patients.

## **Conditions expérimentales**

### **Patients**

L'étude a été conduite dans le centre de dialyse de l'Aural, chez 32 patients dialysés volontaires. Ces patients étaient invités à répondre à des questionnaires papiers simples, et dire s'ils avaient l'impression que les solutions correctives mises en place dans la salle leur apportaient un meilleur confort acoustique et une meilleure qualité de vie. Il n'y avait pas pour le patient d'investigation invasive.

### **Matériel et méthodes**

Les mesures ont été réalisées à l'aide de deux appareils : un sonomètre enregistreur Solo<sup>®</sup> de marque 01dB et un enregistreur binaural SQuadriga<sup>®</sup> de marque Head Acoustics. La prise de son a été réalisée à 1,1 m du sol pour être représentative de la position des oreilles d'un patient alité. Les mesures de bruit de machine ont été effectuées à 50 cm de la face avant. Les dépouillements ont été pratiqués avec les logiciels d'analyse dBtrait<sup>®</sup> et dBsonic<sup>®</sup> de 01dB. L'analyse audio a été effectuée avec le logiciel Adobe Audition<sup>®</sup>. La gamme d'analyse spectrale couvrait les fréquences de 20 à 20 000 Hz.

Des mesures préliminaires ont été réalisées dans le centre de dialyse afin de caractériser l'acoustique du local à vide et les machines de dialyses utilisées. Les références des générateurs qui équipaient la salle de dialyse étaient les suivantes : B. Braun, modèle Dialog+<sup>®</sup> (G1) ; Fresenius Medical Care, modèle 5008S<sup>®</sup> (G2) ; Baxter-Gambro, modèle Artis<sup>®</sup> (G3). À titre comparatif, nous avons également testé des machines mises à disposition chez des particuliers : Physidia, modèle S3<sup>®</sup> (G4) ; Baxter-Gambro, modèle AK 95<sup>®</sup> (G5).

Étant donné qu'une salle de dialyse contient un certain nombre de machines en fonctionnement parallèle pouvant aller jusqu'à 16 unités, voire plus, les résultats partiels obtenus sur des machines isolées ne sont pas représentatifs de l'ambiance générale perçue par les patients dialysés dans la salle. De plus, de nombreux bruits supplémentaires contribuent au niveau sonore global, notamment le bruit de climatisation et le bruit de conversations, mais aussi les bruits d'usage et de manipulations diverses, sans oublier les conversations entre personnel soignant et patients.

C'est pourquoi nous avons analysé le bruit ambiant dans la salle de dialyse à plusieurs moments de la journée. Nous avons retenu le créneau 11h-14h, représentatif d'une forte activité dans le centre de soins pour faire une analyse plus poussée de l'ambiance acoustique perçue par les patients et les personnels soignants.

### **Modélisation numérique**

Afin de permettre d'optimiser le traitement et d'anticiper les performances atteignables en fonction du niveau d'aménagement choisi, nous avons modélisé la salle de dialyse à l'aide du logiciel de calcul 3D RAY+<sup>®</sup> de l'INRS.

Comme il est illusoire de pouvoir effectuer des mesures sur plusieurs heures dans les mêmes conditions acoustiques d'une séance de dialyse à une autre, nous avons modélisé l'environnement en usage dans la salle en créant un scénario type de fonctionnement des machines. Pour ce faire, la puissance acoustique d'un dialyseur a été estimée par bande d'octave à partir de nos mesures acoustiques en champ proche, en faisant une moyenne sur les 3 types de machines testées. Par ailleurs, afin de modéliser le bruit induit par la présence du personnel, nous avons introduit des sources de bruits supplémentaires correspondant à des voix humaines féminines de personnels soignants parlant normalement.

### **Traitement acoustique du local**

Il a consisté en l'installation d'un ensemble de matériels (Marmonier-Continuum) conçus pour absorber le son en très large bande, de 63 à 10 000 Hz, grâce à un dispositif auto-adaptatif breveté permettant d'atténuer les phénomènes d'ondes stationnaires des espaces confinés, améliorant ainsi l'homogénéité spatiale du son, et réduisant la pénibilité acoustique, notamment en basses fréquences.

Une étude préalable des performances des solutions acoustiques avec divers revêtements potentiellement adaptés à des exigences d'hygiène et de lavabilité a été effectuée dans le laboratoire du fabricant pour déterminer le meilleur compromis « performance d'absorption-contraite liée au revêtement ».

Après avoir réalisé les solutions murales et les claustras en prenant en compte le besoin de les rendre facilement manipulables afin de ne pas, ou peu, entraver les gestes des soignants, le fabricant (Marmonier-Continuum) a ensuite équipé la salle de dialyse. La *figure 1* indique l'implantation des surfaces absorbantes et montre un aperçu des traitements apportés. Quatorze solutions murales et 28 claustras ont été installés, apportant une surface d'absorption supplémentaire de 36 m<sup>2</sup>.

### **Étude clinique**

L'étude clinique s'est déroulée sur une période de 3 semaines, en octobre 2016, dans une salle de dialyse de 8 lits. La 1<sup>re</sup> semaine, les 32 patients étaient questionnés dans leur environnement de dialyse habituel ; la 2<sup>e</sup> semaine, ces mêmes patients étaient questionnés dans l'environnement de dialyse équipé des solutions acoustiques ; durant la 3<sup>e</sup> semaine, les patients étaient de nouveau questionnés dans leur environnement de dialyse redevenu habituel. Ainsi, chaque patient a été son propre témoin.

Les paramètres cliniques étudiés étaient :

- la qualité de vie (échelle MOS SF-36 et échelle KDQOL [*Kidney Disease Quality Of Life*] [9] ;
- la qualité du sommeil (échelle de Spiegel) [10] ;
- l'existence ou pas de troubles anxio-dépressifs (échelle d'anxio-dépression HAD *Hard Ruffin Ferreri*) [11] ;
- l'existence de céphalées.

Par ailleurs, la perception auditive subjective des patients a été abordée en estimant :

- leur inconfort auditif mesuré par l'échelle EVA (le patient évalue son inconfort acoustique avec une réglette graduée de 1 à 10) ;
- leur perception acoustique de l'environnement au travers d'un questionnaire acoustique spécifique type GABO [12].

## **Résultats**

### **Étude acoustique**

#### *Bruit rayonné par les dialyseurs*

Les niveaux de bruit mesurés en face avant des dialyseurs sont représentés sur la *figure 2A*. On a indiqué les niveaux sonores en dBA (mesure normative), mais aussi en dB lin (sans pondération) pour mieux mettre en évidence les composantes basses fréquences présentes dans le spectre audible.

Le contenu spectral du bruit rayonné par ces machines est indiqué sur la même figure (2B) et montre un spectre étendu jusqu'aux basses fréquences. La dernière machine qui fonctionnait avec la centrale à eau montre en particulier de fortes émergences à 100 Hz et à 200 Hz.

#### Bruit rayonné par les alarmes sonores

Les alarmes des machines sont des sources de bruit importantes dans les centres de dialyse eu égard à leur occurrence. Le réglage initial d'un appareil d'hémodialyse doit produire un niveau de pression acoustique d'au moins 65 dB(A) à une distance de 1 m. Les niveaux sonores émis par les alarmes des machines de dialyse testées ont été mesurés à 70 dBA en niveau moyen et à 73 dBA en niveau crête. Sachant que nos mesures ont été effectuées à une distance de 0,5 m (ce qui augmente de façon théorique le niveau de 6 dB) et sachant qu'il n'a pas été possible de réaliser les conditions de champ libre sur place pendant les essais, les exigences en termes de niveau sonore des alarmes semblent respectées pour ces machines.

Par ailleurs, chaque appareil a une alarme de sonorité bien particulière dont la signature temps-fréquence a été analysée. Les richesses harmoniques sont très variables dans les 3 cas étudiés, mais n'ont pas exhibé de composante basse fréquence notable.

#### Analyse de l'ambiance sonore en salle de dialyse

Le niveau acoustique équivalent  $L_{eq}$  mesuré au cours d'une période de référence de 3h30 s'est élevé à 55,0 dBA. L'évolution du  $L_{eq}$  minute par minute montre que le niveau sonore varie fortement, indiquant que des événements acoustiques se succèdent assez rapidement tout au long de la période d'observation. Le niveau minimum mesuré par période de 1 minute s'élève à 46,1 dBA et le niveau maximum à 64,1 dBA.

#### Analyse de l'ambiance sonore en dialyse à domicile

Les mesures effectuées chez un premier patient dialysé avec la machine 4 ont pris en compte toute la phase de préparation de la machine, réalisée par le patient lui-même. Le niveau acoustique équivalent sur une période de préparation de 34 minutes s'est élevé à 63,4 dBA. Le niveau minimum mesuré par période de 1 minute s'élève à 40,1 dBA et le niveau maximum à 72,4 dBA. Le fort niveau crête relevé montre qu'il y a de nombreux pics transitoires dus en grande partie à la manipulation des poches de dialysat. Dès que le dialyseur est en état de fonctionnement, le niveau acoustique équivalent est alors très stable et se stabilise autour de 46,2 dBA pendant le traitement.

Chez un deuxième patient dialysé à domicile, la machine 5 était plus ancienne et fonctionnait avec une centrale à eau. Le niveau acoustique équivalent mesuré pendant la phase de dialyse s'est élevé à 54,1 dBA.

Il est manifeste que la phase de dialyse proprement dite est moins bruyante chez un patient qu'en salle, mais il faut toutefois tenir compte que la phase de mise en route de ces machines est relativement bruyante pour le patient qui effectue lui-même les manipulations.

#### Temps de réverbération

Avec la configuration retenue pour le traitement final de la salle de dialyse, l'absorption moyenne dans la salle a été significativement et uniformément augmentée (66 %), notamment aux basses fréquences. Ce faisant, le temps de réverbération a été réduit de plus de 0,2 seconde et homogénéisé sur toutes les fréquences.

### Niveaux sonores

Les enregistrements du niveau sonore minute par minute pendant une même période de 3h30 de dialyse (10h30-14h), avant et après traitement de la salle, sont présentés sur la *figure 3A et 3B*. Alors que les niveaux acoustiques équivalents sur la période se sont révélés quasiment identiques (55 dBA), le niveau de bruit minimum a été réduit, passant de 46,1 dBA à 41,3 dBA. La comparaison des traces graphiques montre clairement que les périodes de récupération auditive (bas niveau sonore) après des pics de bruit ont été augmentées après traitement acoustique de la salle. Les histogrammes d'amplitude des niveaux sonores, *figure 3C*, confirment ce changement d'ambiance sonore.

### Simulations numériques

Nous avons simulé 4 scénarii pour encadrer au mieux les usages et l'expérimentation :

- simulation avant traitement de la salle avec toutes les machines de dialyse en fonctionnement ;
- simulation après traitement de la salle avec toutes les machines de dialyse en fonctionnement ;
- simulation avant traitement de la salle avec toutes les machines de dialyse en fonctionnement + 2 locutrices parlant à voix normale ;
- simulation après traitement de la salle avec toutes les machines de dialyse en fonctionnement + 2 locutrices parlant à voix normale.

Les résultats obtenus par le calcul sont présentés sous forme de cartographie sonore dont l'échelle de couleur est rappelée en regard. Chaque image permet de visualiser spatialement, dans un plan passant approximativement par les oreilles d'un patient alité, le niveau sonore ambiant. La *figure 4A* présente le scénario 1 (salle sans traitement) et la *figure 4B* le scénario 2 (salle avec traitement). Les *figures 4C et 4D* montrent respectivement les résultats des scénarios 3 et 4, avec la présence de deux personnes parlant à voix normale.

On peut en conclure que les gains obtenus sur le bruit ambiant par le traitement de la salle avec des solutions Continuum sont de l'ordre de 3 à 4 dB.

### **Étude Clinique**

Sur les 32 patients ayant signé un consentement éclairé, seulement 30 ont été retenus (22 hommes, 8 femmes). La moyenne d'âge du panel était de 76,4 ans pour les femmes et 75,4 ans pour les hommes (écart type 10 ans) et le nombre moyen d'années de dialyse était de 6,6 ans pour les femmes et de 5,5 ans pour les hommes (écart type 4 ans).

### Évaluation de la gêne acoustique

Les enquêtes auprès des patients ont permis de mieux cerner les sources de la gêne ressentie en leur demandant de hiérarchiser, de la moins gênante à la plus gênante, 9 causes possibles de bruit. Les résultats sont indiqués sur la *figure 5*. Le bruit des alarmes, bien qu'intermittent, apparaît comme le plus gênant, suivi des appareils de dialyse, des conversations et de la ventilation/climatisation, bruits moins forts mais beaucoup plus prégnants vu leur permanence et leur durée.

Les patients ont ressenti une différence très significative de leur gêne au bruit mesurée par l'échelle EVA, entre la salle non traitée pendant la première semaine (score 5,1) et en présence des solutions Continuum (score 2,3) pendant la seconde semaine. Malgré le score inférieur de 4,0 obtenu pendant la troisième semaine dans la salle non traitée, les résultats permettent toutefois d'affirmer que les solutions testées apportent une diminution réelle d'environ 50 % de la gêne auditive.

L'efficacité des solutions acoustiques mises en place a pu être mise en évidence sur certaines sources de bruit en demandant aux patients d'évaluer, sur une échelle de valeur



de 1 à 5 (pas du tout, peu, moyennement, beaucoup, énormément), la gêne ressentie avant et après traitement de la salle de dialyse. Les résultats montrent que les principales sources de la pollution sonore sont impactées (bruit d'alarme, bruit de machines, bruit de conversations), et confirment l'amélioration générale du bruit perçu (réduction du score global de 2,5 à 1,5).

### Évaluation des céphalées

Alors que 63 % des patients disaient se plaindre de la survenue de céphalées en salle de dialyse la première semaine, seuls 3 % ont ressenti des maux de tête pendant leur dialyse dans la salle traitée en deuxième semaine. Le score est retombé à 27 % lors de la troisième semaine. En tenant compte de la moyenne des scores des semaines 1 et 3, on peut toutefois avancer que l'occurrence des maux de tête a été réduite d'au moins 10 fois. Les résultats montrent, en outre, que leur intensité a aussi fortement diminué : sur une échelle analogique de 0 à 10, le score est passé de 6 à 2.

### **Analyse de l'influence des basses fréquences**

Les patients ayant objectivé au cours de l'étude clinique une très nette diminution de leur gêne auditive et moins de maux de tête avec le traitement acoustique mis en place, alors même que le niveau acoustique équivalent mesuré n'indiquait pas de différence notable sur une période de 3h30, nous avons recherché une explication dans le contenu spectral du bruit perçu à basse fréquence, reconnu comme un critère de nuisance sonore avéré. La *figure 6A* montre le spectre moyen du bruit ambiant de la salle de dialyse avant et après traitement, et confirme qu'il y a bien eu une réduction des composantes basses fréquences.

Les spectres de bruit mesurés en période de dialyse ont été analysés avec un logiciel développé par Marmonier-Continuum, qui détecte à partir de critères globaux et spectraux les potentialités de nuisance sonore des basses fréquences (10 Hz-200 Hz), ainsi que la présence d'émergence tonale. Ce dernier indique, selon une échelle de nuisance simple (pas déplaisant, déplaisant, fortement déplaisant), les bandes de tiers d'octave concernées afin de mieux cibler les correctifs à apporter.

On a pu ainsi constater que, prises individuellement, les machines de dialyse utilisées dans le centre de soins de l'Aural n'engendrent pas de risque de gêne acoustique au regard des critères de détection utilisés. Ce n'est pas le cas, par exemple, de la centrale à eau de la machine 5 dont l'analyse a montré des émergences tonales fortement déplaisantes à 100 et 200 Hz.

La *figure 6B* montre les conclusions de l'analyse basse fréquence fournie par le logiciel appliquée au bruit global de la salle de soin avant et après traitement. On identifie clairement des nuisances sonores « déplaisantes » dans les tiers d'octave 100 et 125 Hz qui disparaissent avec le traitement acoustique de la salle de soin.

À cet égard, la simulation numérique nous a fourni les cartographies du niveau sonore ambiant dans le scénario 4 (avec 2 locutrices) à l'octave 125 Hz seul. La *figure 7* présente les résultats obtenus avant et après traitement acoustique de la salle de dialyse. On peut constater que les solutions Continuum apportent une diminution de 1,6 dB dans cette bande d'octave, et ceci dans tout l'espace de soin, comme le montre la couleur dominante de la cartographie, ce qui, compte tenu du nombre de sources modélisées dans le scénario de calcul, est cohérent avec les résultats de mesures spectrales précédents qui indiquaient des réductions de l'ordre de 2,6 dB, et même plus à plus basse fréquence (*figure 6A*).

### **Discussion**

Les rares études réalisées en dialyse montrent que le niveau acoustique dans un centre d'hémodialyse peut atteindre 100 dBA en valeur crête, alors qu'il ne devrait pas dépasser

50 dBA en niveau acoustique équivalent [13]. La première étude réalisée par Buemi et al. fait référence à une recommandation allemande prescrivant un Leq (niveau acoustique équivalent) inférieur à 55 dBA, sachant qu'un niveau de 50 dBA est fortement recommandé pour les ICU (*Intensive Care Unit*) [14]. Ces auteurs rapportent les résultats du traitement acoustique d'une unité de dialyse consistant notamment en diverses modifications de l'absorption des murs et du sol, l'isolation des machines de dialyse et le remplacement des roues de tous les équipements mobiles. Les niveaux sonores relevés dans les salles sont alors passés de 61,7-67,7 dBA à 48,4-53,6 dBA.

Des valeurs comparables, dans le même créneau journalier, ont été relevées par James sur 5 jours, dans un centre d'hémodialyse de 18 postes en Angleterre [15]. Les valeurs moyennes observées se situaient entre 59,6 et 67,6 dBA.

L'ambiance acoustique observée au cours de notre étude (55 dBA) est cohérente avec les valeurs précédentes eu égard au nombre de postes dans les salles de dialyse. Compte tenu de la diversité des sources sonores, il semble illusoire de vouloir réduire fortement le bruit global car on ne peut agir sur le bruit des alarmes ni sur le bruit des conversations, ni sur le bruit des machines de dialyse sans perturber gravement leur utilité et leur fonctionnement. La voie que nous avons suivie est plus prometteuse et tente de réduire la nuisance sonore par un traitement des basses fréquences et un abaissement du seuil de bruit de fond propice à la récupération de l'ouïe pendant les phases silencieuses du traitement des patients dialysés.

## Conclusions

Le traitement de la salle de dialyse avec des solutions acoustiques large bande dotées d'un dispositif de dissipation mécanique basse-fréquence auto-adaptatif améliore très sensiblement la gêne liée au bruit. L'amélioration ressentie par les patients est de l'ordre de 50 %.

Le traitement acoustique a par ailleurs un effet sur la moindre survenue et la moindre intensité des maux de tête à l'issue des séances de dialyse. Les patients se sont plaints 10 fois moins de maux de tête.

Les simulations numériques, les analyses spectrales ainsi que les mesures de niveaux statistiques sur des observations de 3h30 de l'ambiance acoustique en salle de dialyse confirment que le traitement mis en place homogénéise le temps de réverbération. Dans le cas étudié, elles ont apporté une réduction du bruit ambiant de l'ordre de 3,5 dB, mais aussi une diminution du niveau de bruit basse fréquence (< 250 Hz) de l'ordre de 2 dB.

On peut en conclure, d'une manière générale, que le traitement d'une salle de dialyse par des solutions acoustiques Continuum peut améliorer très sensiblement la qualité de vie des patients hémodialysés. Les résultats laissent également entendre que c'est la réduction des basses fréquences qui est la plus bénéfique à la diminution de la gêne au bruit.

**Conflits d'intérêt :** aucun

## Références

- [1] Rapport REIN (Réseau Épidémiologie et Information en Néphrologie). Agence de la Biomédecine; 2016. [www.agencebiomedecine.fr/IMG/pdf/rapportrein2016.compressed.pdf](http://www.agencebiomedecine.fr/IMG/pdf/rapportrein2016.compressed.pdf)
- [2] Waye KP. Effects of low frequency noise and vibrations: Environmental and occupational perspectives. *Encyclopedia of Environmental Health* 2011;2:240-53.
- [3] Pilati N, Large C, Forsythe ID, Hamann M. Acoustic over-exposure triggers burst firing in dorsal cochlear nucleus fusiform cells. *Hear Res* 2012;283:98-106.
- [4] Dommes E, Bauknecht HC, Scholz G, Rothmund Y, Hensel J, Klingebiel R. Auditory cortex stimulation by low-frequency tones-An fMRI study. *Brain Res* 2009;1304:129-37.

- [5] Bauer M, Sander-Thömmes T, Ihlenfeld A. Investigation of perception at infrasound frequency by functional magnetic resonance imaging and magnetoencephalography. 22<sup>nd</sup> International Congress of Sound and Vibration, 12-16 July 2015. Italy.
- [6] Roberts C. Ecoaccess guideline for the assessment of low frequency noise. Proceedings of Acoustics 2004;3-5:620-4.
- [7] Leventhall G. Low frequency noise. What we know, what we do not know and what we would like to know. J Low Frequency Noise, Vibration and Active Control 2009;28-2:79-104.
- [8] Enser ML, Moriceau J, Dureuil B, Compère V. Impact du bruit sur le raisonnement médical des internes d'anesthésie-réanimation : évaluation par le test de concordance de script. Anest Reanim 2015;1(Suppl. 1):A298.
- [9] Échelle KDQOL (Kidney Disease Quality Of Life). RAND,1997.
- [10] Questionnaire de Spiegel. Centre du sommeil et de la vigilance. Hôtel Dieu, Paris.
- [11] Échelle HAD (Hospital Anxiety and Depression Scale). Service des bonnes pratiques professionnelles. Haute Autorité de Santé, 2014.
- [12] Norme française AFNOR NFS 31-199. Acoustique-Performances acoustiques des espaces ouverts de bureaux. Annexe C. Mars 2016.
- [13] Ronco C. Noise pollution in hemodialysis centers. Nat Clin Pract Nephrol 2008;4:289.
- [14] Buemi M, Allegra A, Grasso F, Mondio G. Noise pollution in a intensive care unit for nephrology and dialysis. Nephrol Dial Transplant 1995;10:2235-9.
- [15] James R. Dialysis and the environment: comparing home and unit-based haemodialysis. J Ren Care 2007;33:119-23.

**Figure 1.** Plan de la salle d'hémodialyse et de la répartition des solutions acoustiques. Photographies de la salle traitée.

**Figure 2. A.** Niveau sonore mesuré en face avant des dialyseurs (à 0,5 m). **B.** Spectre de la pression acoustique rayonnée en face avant des dialyseurs.

**Figure 3. A.** Évolution du niveau acoustique équivalent sur une plage horaire de 3h30, avant traitement acoustique de la salle de dialyse. **B.** Évolution du niveau acoustique équivalent sur une plage horaire de 3h30, après traitement. **C.** Histogramme d'amplitude du niveau sonore avant et après traitement de la salle de dialyse.

**Figure 4.** Cartographie du niveau sonore dans la salle de dialyse à 1,10 m du sol. **A.** Avant traitement avec le fonctionnement de tous les dialyseurs. **B.** Après traitement avec le fonctionnement de tous les dialyseurs. **C.** Avant traitement en présence de 2 locutrices en plus. **D.** Après traitement en présence de 2 locutrices en plus.

**Figure 5.** Hiérarchisation des sources de bruit gênantes selon les patients dialysés.

**Figure 6.** Analyse basse fréquence du niveau de pression sonore dans la salle de dialyse avant et après traitement. **A.** Spectre en 1/3 octave. **B.** Détermination des bandes de fréquence présentant un risque de nuisance sonore avérée.

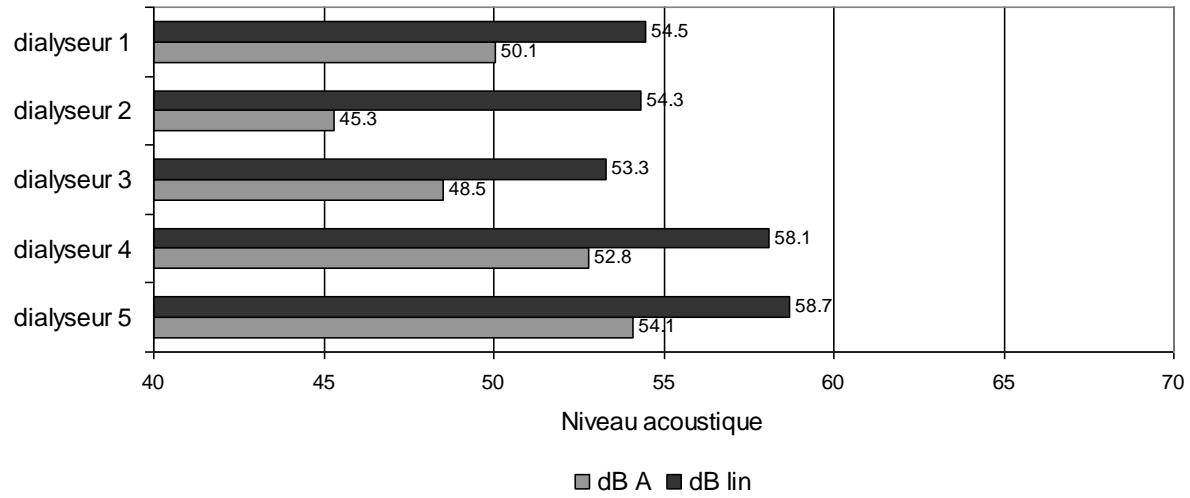
**Figure 7.** Résultats de simulation de bruit basse fréquence à 125 Hz. **A.** Avant traitement. **B.** Après traitement.



a

### Niveau sonore

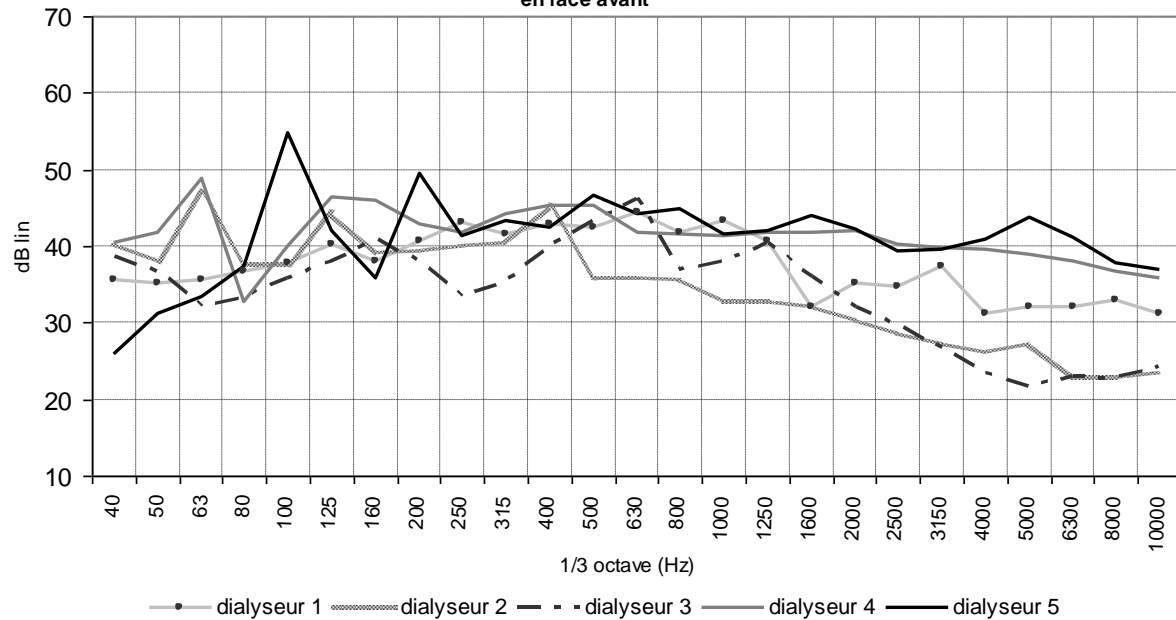
en face avant

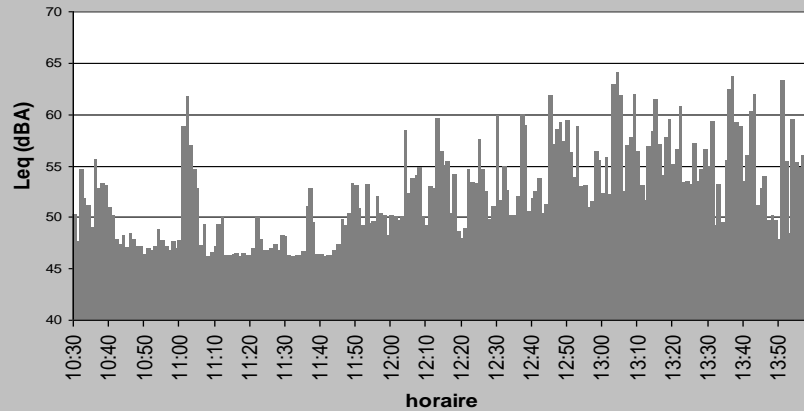
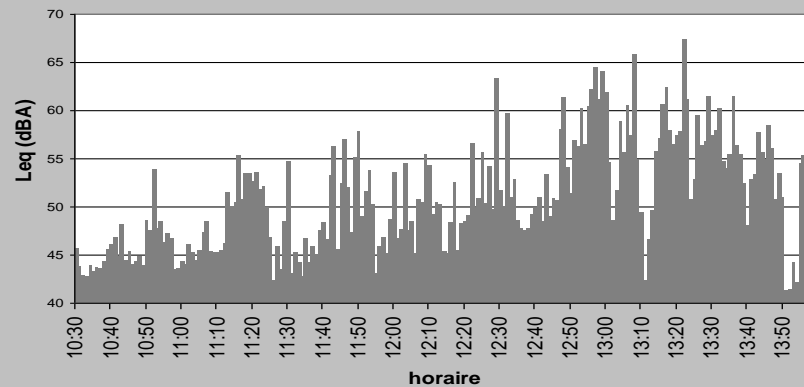
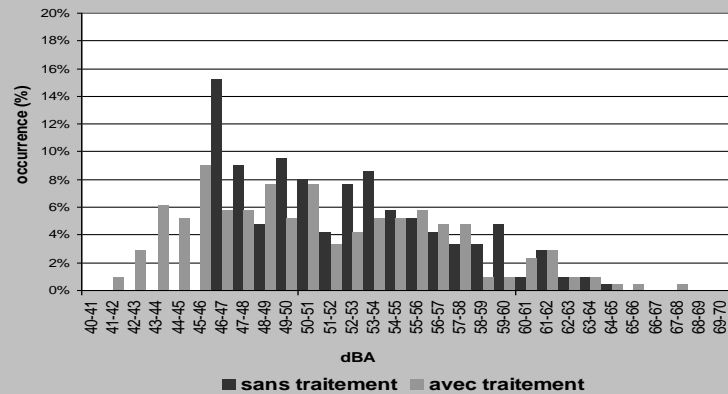


b

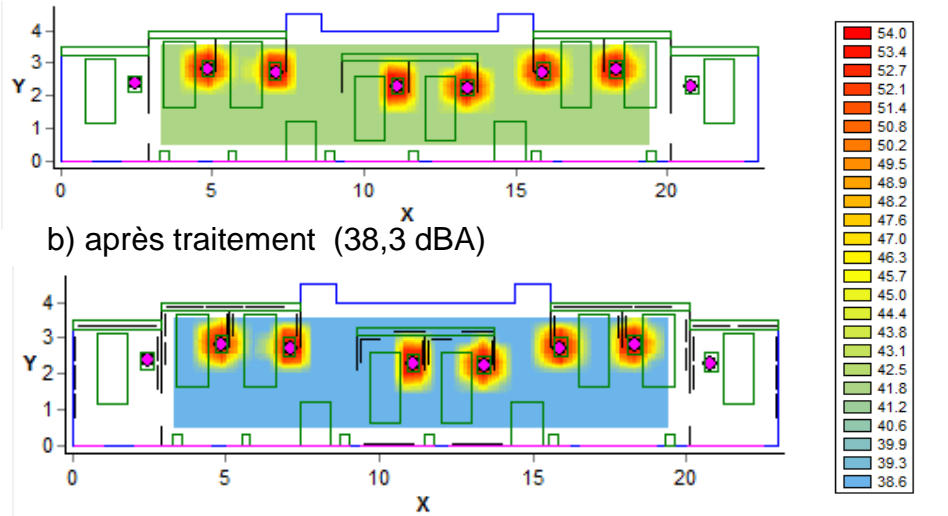
### Spectre du bruit rayonné

en face avant

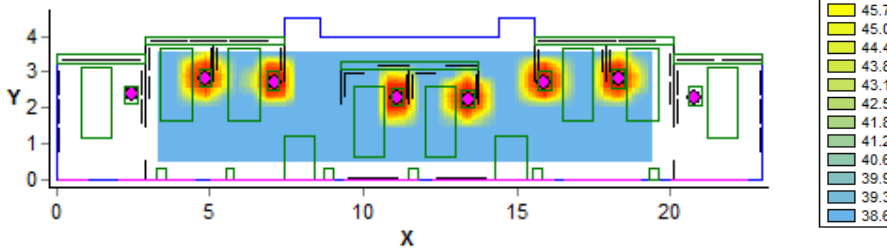


**a****Leq-salle non traitée**  
par période de 1 minute**b****Leq-salle traitée Continuum**  
par période de 1 minute**c****Niveau sonore dans la salle de dialyse**  
Histogramme d'amplitude

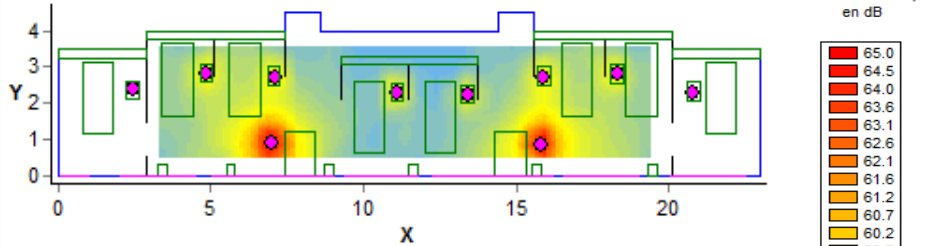
a) avant traitement (41,7 dBA)



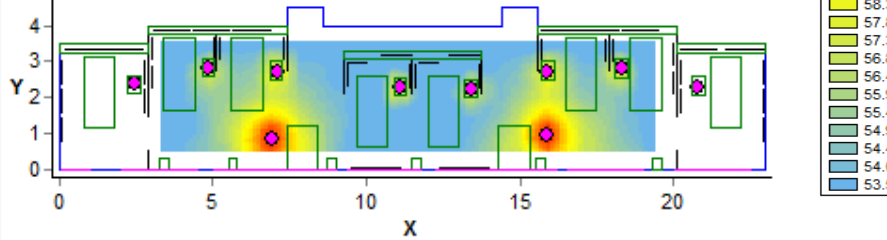
b) après traitement (38,3 dBA)



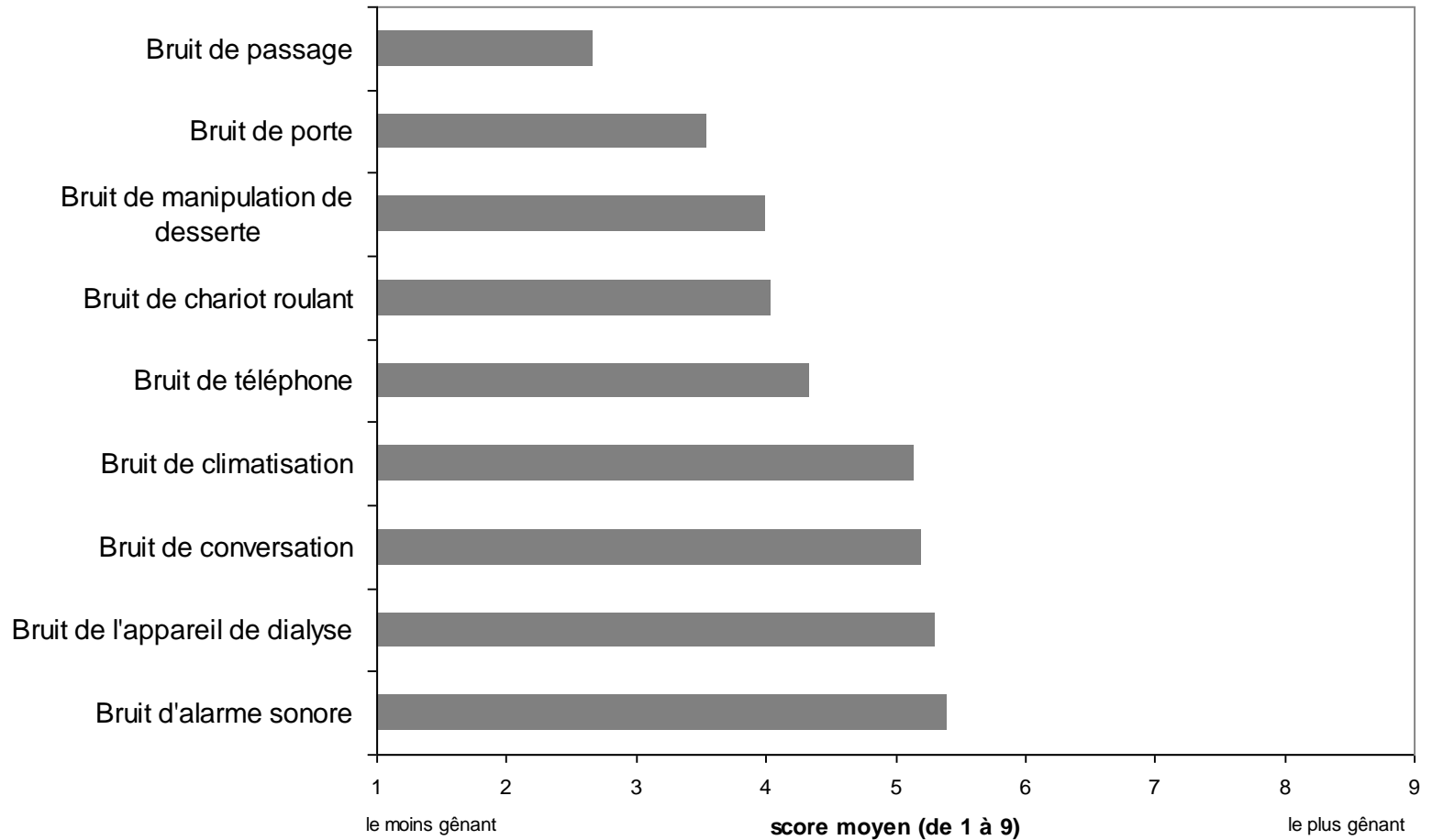
c) avant traitement (53,0 dBA)



d) après traitement (48,7 dBA)



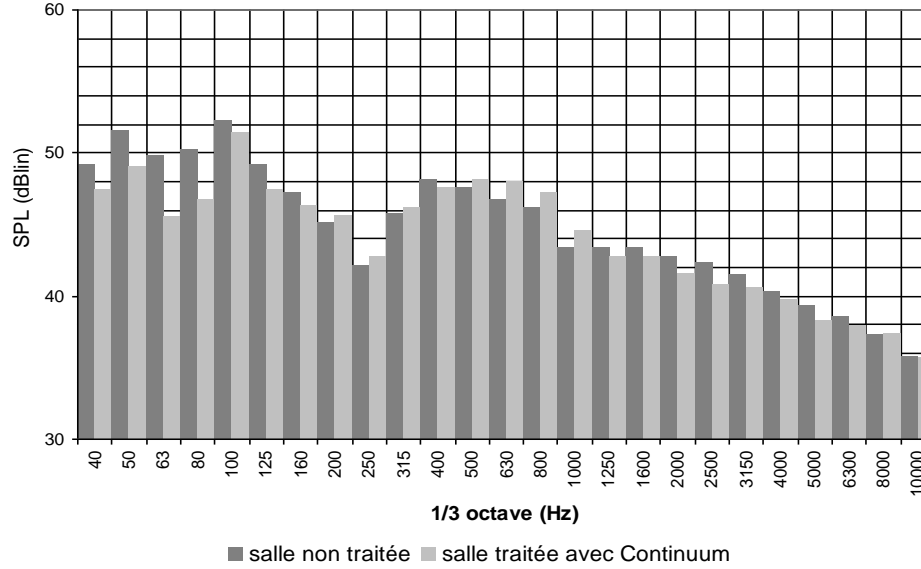
## Hiérankisation des sources de gêne sonore





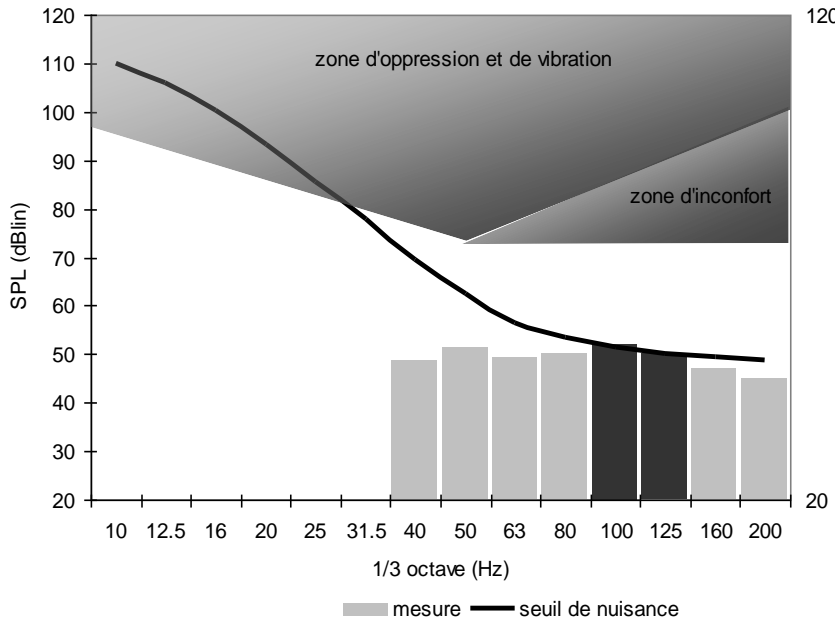
### Spectre moyen du bruit ambiant

a

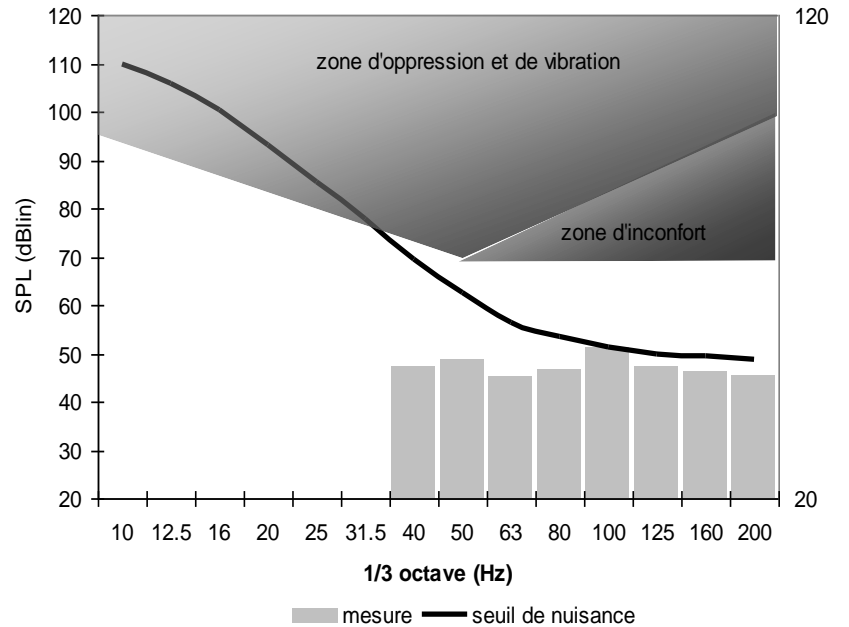


b

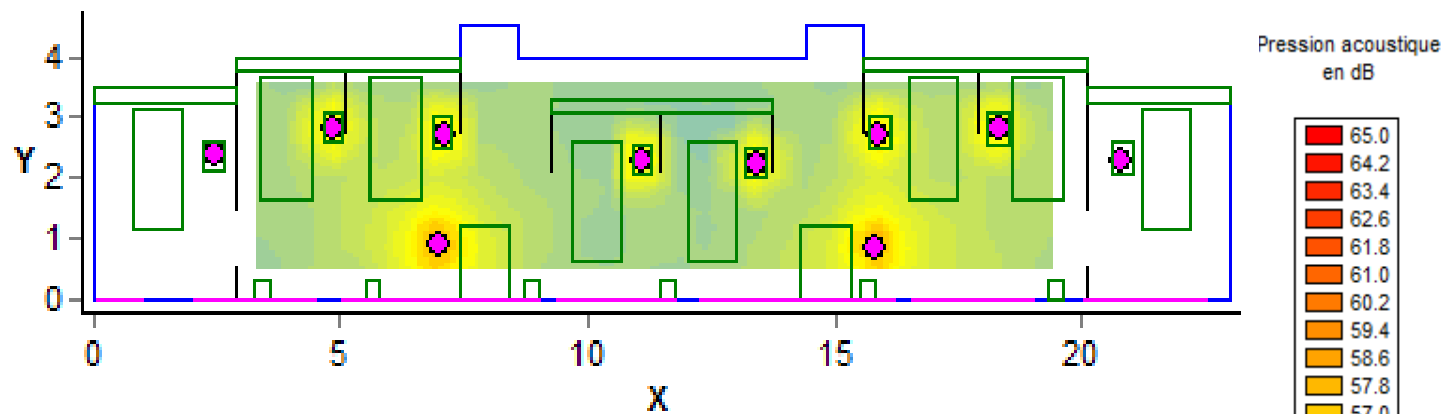
### Détermination spectrale de la nuisance sonore avant traitement acoustique



### Détermination spectrale de la nuisance sonore après traitement acoustique



a) avant traitement (49,0 dBA)



b) après traitement (47,4 dBA)

