

La perturbation du sommeil par le bruit

M. Vallet¹

Introduction

La perturbation du sommeil par le bruit est un effet exprimé avec insistance par les riverains de grands axes routiers, d'aéroports et d'autres lieux bruyants, au même titre que les interférences avec la communication, l'obligation de fermer les fenêtres et la gêne psychologique.

L'ensemble des enquêtes psychosociologiques concernant le bruit se sont attachées à évaluer les différents aspects des perturbations du sommeil et leur fréquence. Des travaux très récents [1, 2] ont exposé l'influence du bruit sur la consommation de médicaments, des somnifères notamment.

Une autre voie d'évaluation de la perturbation est l'approche physiologique. Depuis une quinzaine d'années, de nombreuses expériences réalisées en laboratoire et sur le terrain ont consisté à examiner principalement l'électroencéphalogramme (EEG) et l'électrocardiogramme (ECG) de dormeurs soumis au bruit. Les auteurs se sont intéressés d'abord aux modifications EEG et ECG *ponctuelles* survenant après un bruit isolé, puis plus récemment aux modifications de la *structure* même du sommeil lié à l'ambiance acoustique globale. L'intérêt des expériences physiologiques réalisées in situ est d'abord de se placer dans des conditions plus réalistes qu'en laboratoire – bien que dormir avec des électrodes sur le scalp ne soit pas naturel – et surtout de pouvoir pratiquer des observations après des durées d'exposition au bruit très longues, de plusieurs années, alors que les expériences en laboratoire ont une durée limitée. La prise en compte de la durée d'exposition au bruit est fondamentale, car elle permet, comme pour les enquêtes sociologiques ou épidémiologiques, d'évaluer l'adaptation des personnes dormant sous bruit, que celle-ci consiste en un ajustement comportemental (fermeture des fenêtres, décalage des heures de sommeil), une modification de l'habitat (isolation des façades, changement de la disposition du logement) ou une habitude physiologique.

On présente d'abord les résultats des expérimentations physiologiques récentes puis on examine quelles propositions semblent raisonnables pour la réglementation de l'environnement et pour protéger la qualité du sommeil.

1. Les principales modifications du sommeil par le bruit

On pourra consulter l'introduction d'*Alexandre* [3] et l'étude documentaire très complète de *Griefahn* et al. [4].

1.1 Rappel des caractéristiques du sommeil

Il existe trois grands états de vigilance: l'éveil (E), le sommeil classique ou sommeil lent (SL), subdivisé en quatre stades cotés de I à IV, et le sommeil paradoxal (SP).

La reconnaissance des états de vigilance se fait à partir de l'enregistrement de certains paramètres dont les modifications associées déterminent les stades ou états suivant les normes internationales définies par Rechtschaffen et Kales.

Les paramètres enregistrés sont, au minimum, au nombre de trois:

- activité électroencéphalographique (EEG), faisant intervenir une électrode occipitale,
- activité des groupes musculaires de la houppe du menton (activité électromyographique ou EMG),
- activité oculomotrice (EOG), enregistrée par l'intermédiaire de la différence de potentiel entre la cornée et la rétine.

D'autres critères importants peuvent également être étudiés, tels les rythmes cardiaque et respiratoire, la tension artérielle, l'excrétion sudorale, etc., mais ils ne sont pas nécessaires à la reconnaissance des différents stades du sommeil.

Le sommeil consiste en une succession de cycles au cours desquels s'enchaînent les différents stades décrits au *tableau 1*.

Organisation d'une nuit de sommeil chez l'adulte jeune normal

Certaines règles doivent être retrouvées pour qu'une nuit de sommeil puisse être considérée comme normale. En particulier, le SP ne fait jamais suite directement à l'éveil, ni à un stade III ou IV. De plus, après l'endormissement, la latence d'apparition du premier épisode de SP ne doit pas être inférieure à 60 à 90 minutes.

Un sujet qui s'endort va présenter les stades I, II, III et IV du sommeil puis, après un bref retour au stade II, un premier épisode de SP. Quatre ou cinq épisodes de cet état de sommeil vont ainsi apparaître au cours de la nuit, augmentant progressivement de durée du premier au troisième épisode. La périodicité d'apparition du SP (intervalle entre le début d'un épisode et le début du suivant), est relativement fixe pour un individu donné (90 à 93 minutes).

Entre le premier et le deuxième épisode de SP peuvent encore apparaître des stades III et IV dont la présence en fin de nuit peut être considérée comme pathologique.

L'ensemble de cette organisation est tel que l'on peut considérer que le SP prédomine en fin de nuit (par sa latence d'apparition et l'augmentation de la durée moyenne de ses épisodes), que les stades III et IV se produisent surtout en début de nuit tandis que la répartition du stade II est uniforme.

¹ Centre d'évaluation et de recherche des nuisances et de l'énergie (CERNE). Institut de recherche des transports, avenue Salvador Allende 109, BP 75, F-69672 Bron Cedex.

Stades	Données électro-physiologiques	Dénomination	Pourcentage moyen chez l'adulte jeune
SP – REM	Ondes rapides Atonie musculaire	Stade paradoxal rapid eyes movement dream stage	20
IV	Rythme δ bien volté plus de 50 %	Sommeil profond lent delta	
III	Bouffées rythme δ (2–3 Hz) entre 30 et 50 % du tracé		19
II	Apparition rythme δ (3 Hz) Pointes vertex K complexes sur fond de rythme Θ	55	
I	Rythme α (8–12 Hz) en diminution Apparition rythme Θ (5–7 Hz)		6
Eveil Ondes rapides peu amples. Rythme α (8–12 Hz) à la fermeture des yeux			

Tabl. 1. Principales caractéristiques des stades de sommeil

Variations physiologiques

Outre les variations quantitatives et qualitatives liées à l'âge, il faut noter une typologie du sommeil génétiquement déterminée. De nombreux travaux ont permis la caractérisation de sujets considérés comme de courts (durée de sommeil inférieure à 6 heures) ou de longs dormeurs (durée de sommeil supérieure à 8 heures). La réalisation de ce besoin génétiquement déterminé sera nécessaire aux individus pour qu'ils aient l'impression d'avoir bien ou assez dormi. Ces différences se traduisent également par des variations dans les proportions relatives des stades du sommeil par rapport au temps de sommeil total; elles doivent être considérées comme des facteurs d'erreurs possibles dans des études portant sur des échantillons non homogènes.

Chez l'adulte: la durée moyenne de sommeil est de 8 heures, et peut varier de 6 à 10 heures, parfois plus.

Chez le nouveau-né: veille et sommeil alternent au cours des 24 heures. La durée totale du sommeil est comprise entre 15 et 18 heures.

Entre 2 et 5 ans: selon les enfants, l'organisation monophasique (veille durant le jour, sommeil pendant la nuit) est acquise. La durée va progressivement diminuer: 14–15 heures à 1 mois, 11–12 heures à 1 an, 9–10 heures à 10 ans.

Chez le sujet âgé: la durée est de l'ordre de 6 heures et on observe des périodes de somnolence durant le jour et des périodes d'éveil durant la nuit.

1.2 Modification de la structure du sommeil

L'ensemble des stades de sommeil constitue une structure relativement constante. L'effet le plus significatif des niveaux de bruit nocturne est de déformer cette organisation du sommeil. Cela a été constaté

aussi bien dans les études en laboratoire que dans les expérimentations à domicile.

1.2.1 Recherches effectuées en laboratoire

Jurriens [7] a exposé 6 sujets mâles (18–30 ans) à une série de 10 nuits «calmes» puis à une série de 20 nuits «bruyantes». Le bruit de fond du laboratoire est de 34 dB(A) en L_{eq} . La source de bruit est celui d'un enregistrement du trafic routier enregistré en situation réelle et reproduit au même niveau acoustique en laboratoire. Les niveaux intérieurs à la chambre pour les périodes de début et de fin de nuit sont de 60 dB(A) L_{eq} et de 40 dB(A) au milieu de la nuit. Les EEG, EOG et ECG sont enregistrés en continu. L'auteur note que le temps passé en sommeil profond (stades III et IV) est plus élevé pour les nuits calmes que pour les nuits bruyantes (4 sujets ont une différence significative). *Ehrenstein* et *Muller-Limmroth* [6] ont exposé 6 sujets mâles à un bruit de trafic urbain (50–70 dB(A)) mixé avec du bruit de marteaux-piqueurs (76–86 dB(A)) pendant 8 nuits consécutives. Les auteurs ont noté une réduction du sommeil profond seulement pendant les 2 premières nuits de la série. Le sommeil paradoxal n'est pas affecté pendant ces 2 premières nuits, mais ensuite il est sensiblement réduit, pour présenter un rebond significatif pendant les 2 nuits de récupération (calmes).

1.2.2 Recherches in situ

1.2.2.1 Effets du bruit routier

Vallet et al. [7] ont pratiqué des enregistrements polygraphiques (2 EEG, 1 EMG, 1 EOG, 1 ECG) pendant 9 nuits auprès de 12 riverains mâles (27–50 ans) d'une autoroute, avant et après l'ouverture de celle-ci. Dans la situation bruyante (après ouverture au

trafic), le niveau de bruit intérieur était de 45 dB(A) en L_{eq} ; les crêtes atteignaient 55–60 dB(A). On a constaté une nette diminution du sommeil profond en condition bruyante, qui passe de 74 minutes (soit 18 % du temps de sommeil total) à 47 minutes (soit 11 % du TST). Cela revient à constater que le sommeil d'un échantillon de sujets de 35 ans de moyenne est comparable à celui des hommes de 50 ans, pour ce type de sommeil.

Wilkinson [8] a enregistré 12 sujets (7 sujets < 45 ans, 5 sujets > 45 ans) par couples (homme et femme) dormant dans leur maison.

Le niveau de bruit intérieur était de 47 dB(A) L_{eq} en temps normal et réduit à 41 dB(A) L_{eq} par pose d'un double vitrage sur la fenêtre de la chambre. Trois grandeurs du sommeil sont améliorées significativement en condition calme: l'activité delta (plus de sommeil profond, surtout pour les femmes), le temps de réaction psychomoteur est plus rapide et la sensation de repos au matin est meilleure. Cette expérience montre qu'une réduction modérée de 6 dB(A) L_{eq} peut provoquer une amélioration sensible du sommeil aux plans physiologique, comportemental et subjectif.

Vallet et al. [9] ont enregistré 26 sujets pendant 12 nuits consécutives. 4 sujets < 30 ans, 30 ans, < 10 sujets < 50 ans, 12 sujets > 50 ans. Les données polygraphiques sont obtenues par télégraphie. La condition bruyante est habituelle depuis plus de cinq ans et les niveaux en L_{eq} sont de 42–52 dB(A) à l'intérieur. Les sujets changent de chambre et les niveaux observés vont de 27 à 44 dB(A) en L_{eq} . Les auteurs n'ont pas constaté de différence significative pour la durée totale de sommeil, ni pour celle du sommeil profond. Pour ce dernier paramètre, il faut noter que l'âge moyen de l'échantillon des sujets est très sensiblement plus élevé que dans les autres expériences et il faut savoir que la durée naturelle du sommeil profond décroît fortement avec l'âge.

Dans cette expérience, on note des changements significatifs concernant le sommeil paradoxal (latence diminuée au calme, durée en minutes, pourcentage du TST augmentés au calme) et des tendances à une réduction des durées d'éveil, du nombre de changement de stades et, au plan comportemental, une plus grande vivacité des réactions psychomotrices (tabl. 2) ainsi qu'une amélioration de la sensation de repos le matin.

Paramètres	Conditions	
	Bruyante	Calme
Temps de sommeil total	455	455
Latence rêve	94	84
Durée rêve	83	99
Durée d'éveil	28	24
Nombre d'éveils	8,2	6,9
Temps de réaction	308 m sec	276 m sec
Qualité du sommeil (note)	7,2	8,1

Tabl. 2. Principales différences entre conditions bruyante et calme

1.2.2 Effets du bruit d'avions

On dispose d'une seule expérience, réalisée par Friedmann et Globus [10], qui ont enregistré le sommeil de riverains de l'aéroport de Los Angeles, de manière à comparer la qualité du sommeil avant et après la cessation des vols nocturnes. Les différences constatées sur 80 nuits d'un groupe mixte de personnes ayant 45 ans (en moyenne) sont modérées et non pas nulles, comme cela a été montré par l'enquête réalisée sur le même site au même moment [11]. Dans l'ensemble des résultats, la durée du sommeil profond (stades III + IV) présente une augmentation sensible en condition silencieuse (tabl. 3).

On conclut que le bruit modifie la structure du sommeil en réduisant surtout la durée du sommeil profond, chez les sujets jeunes et parfois même le sommeil paradoxal chez des sujets plus âgés.

1.3 Modifications ponctuelles du sommeil

Elles sont reliées surtout aux bruits bien isolés comme les avions, les camions, les trains. Elles se manifestent au plan électroencéphalographique et aussi au niveau cardiaque.

1.3.1 Perturbations ponctuelles EEG

Elles ont été très étudiées en laboratoire où l'on peut aisément contrôler les niveaux de crête et le nombre d'événements.

1.3.1.1 Perturbations ponctuelles provoquées par le bruit routier

Thiessen [12] présente, après de nombreux autres travaux, des résultats donnant la probabilité d'un réveil et celle d'un changement de stade de sommeil lors de passages de camions à différents niveaux de crêtes. Pour un niveau intérieur de 60 dB(A), la probabilité d'un réveil est de 25 % tandis que les changements de stade apparaissent à partir de 35 dB(A). Le sommeil de 16 sujets a été étudié pendant 12 ou 24 nuits consécutives en laboratoire; les bruits de camions sont présentés à 7 reprises, à intervalles irréguliers durant les 6 premières heures de la nuit. Les résultats montrent que la probabilité des changements de stades ne diminue pas au fur et à mesure des bruits mais que les éveils (signalés en pressant un bouton) diminuent fortement, à peu près de moitié, au bout de 2 semaines. Au niveau de crête de 65 dB(A) et pour le nombre de passages cité (ce qui équivaut à un niveau de 40 dB(A) en L_{eq}), la probabilité des changements de stades se situe à 60 %.

Muzet et Metz [13] ont mené une recherche centrée sur l'interaction du bruit et de la température auprès de 18 sujets. 2 situations acoustiques ont été étudiées en laboratoire: la première avec un bruit de fond de 40 dB(A) et des crêtes de 65 dB(A), la seconde avec un bruit de fond de 55 dB(A) et des crêtes de 80 dB(A). L'auteur note dans la seconde situation un nombre d'éveils plus élevé que dans la première, ainsi que la durée totale de veille. Cette différence très marquée pendant la première nuit s'estompe ensuite.

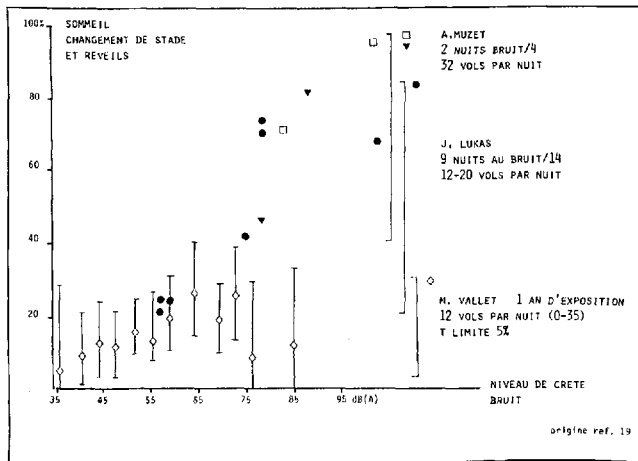


Fig. 1. Effets des niveaux de crête sur le sommeil et impact de l'habituation

1.3.1.2 Perturbations ponctuelles provoquées par le bruit des avions

Rice [14] a étudié les effets des bangs soniques. Pour des pressions extérieures de 25–300 N/m² les enfants sont relativement insensibles, alors que 30% de la population d'âge moyen est réveillé par des stimuli de ce niveau.

Rylander et al. [15] ont abordé le sujet par une expérience sur le terrain auprès de populations civile et militaire. Pour des bangs de 60 N/m², on note 10% d'augmentation des éveils chez les militaires et 56% chez les civils, mettant ainsi en évidence à la fois le rôle de la signification perceptivo-affective et celui de l'habituation.

Lukas [18] a mené de nombreuses recherches tant sur les effets du bang sonique que sur le bruit des avions, qui ont été résumées. La synthèse concerne les études en laboratoire. L'auteur préconise de considérer le critère de non-réponse physiologique au bruit d'un événement isolé, le seuil idéal se situant en dessous du plus bas niveau qui provoque un effet EEG. 25% de la population ne présente pas d'effet EEG à un niveau de crête de 70 EPN dB, soit 57 dB(A). L'ordonnée à l'origine se situe à 40 dB(A). Un second critère est retenu: on note qu'un bruit de crête supérieur à 70 dB(A) provoque un éveil chez 25% de la population, l'ordonnée à l'origine se situant à 50 dB(A).

Muzet et al. [17] ont mis en évidence sur 18 sujets enregistrés en laboratoire (9 hommes, 9 femmes de 19 à 24 ans) pendant 4 nuits consécutives, le rôle du bruit de crête des avions pendant 2 des 4 nuits: 32 bruits sont présentés chaque nuit à des niveaux de crêtes allant de 80 à 100 dB(A) et d'une durée de 30 et 90 sec. Le pourcentage des réveils va de 5 à 33% selon les niveaux de stimulation (fig. 1).

Lukas [18] a pratiqué la même expérience que Muzet et al. [17], mais sur un temps long, soit 12 nuits consécutives dont 9 sont bruyantes. Le nombre de vols varie de 12 à 20 par nuit, les bruits simulés sont d'une durée de 30 secondes et les niveaux de crêtes sont de

50 à 80 dB(A) (fig. 1). L'auteur souligne qu'il se produit une certaine habituation.

Vallet et al. [19] rapportent les résultats d'une expérience réalisée au domicile de riverains de l'aéroport de Paris-Roissy. Le sommeil de 40 hommes, âgés de 25 à 53 ans, a été enregistré pendant 4 nuits consécutives. Les niveaux de crêtes vont de 40 à 85 dB(A), le nombre moyen de vols nocturnes est de 12 (5–35). Tous les sujets habitaient sur place depuis 1 an et ont eu le temps de s'habituer sensiblement (fig. 1). Au-dessus de 75 dB(A), on observe des changements de sommeil pour 20% des bruits. Les éveils se produisent à partir de 44 dB(A) en stade II et 60 dB(A) pour le sommeil profond et le rêve. Les changements de stades apparaissent à partir de 35 dB(A) en stade II et de 40 dB(A) en sommeil profond et rêve.

La comparaison des résultats obtenus in situ et en laboratoire est effectuée par la figure 1. La durée d'exposition au bruit est un facteur primordial pour examiner l'habituation au bruit et pour la proposition d'un seuil.

1.3.1.3 Perturbations ponctuelles provoquées par le bruit des trains

Vernet [20] a réalisé une étude comparative in situ des effets du bruit des trains et du bruit de trafic routier à un niveau de 70 L_{eq} dB(A). Le nombre total des perturbations temporaires est trois fois plus grand pour les camions que pour les passages de trains. On n'a pas constaté d'éveil pour des niveaux intérieurs inférieurs à 52 dB(A) en crête. Quand le niveau de crête dépasse 70 dB(A), il y a 25% de chance pour qu'il provoque un éveil.

1.3.2 Modifications ponctuelles végétatives

Les principales grandeurs observées pendant le sommeil concerne la vaso-constriction périphérique et le rythme cardiaque.

Jansen [21] a montré que des niveaux de 55 dB(A) ne réveillent pas les dormeurs, bien qu'il apparaisse des changements de stades de sommeil associés à des réponses de vaso-constriction synchronisées au changement de profondeur du sommeil.

Jurriens [22] a analysé le niveau moyen et la variabilité du rythme cardiaque chez 10 sujets, représentant 127 nuits enregistrées in situ. Le niveau L_{eq} et l'ECG sont chiffrés par minute. Les corrélations entre les deux paramètres sont positives pour 119 nuits sur 127 et la variabilité cardiaque est liée aux variations du bruit pour 99 nuits sur 109. Les niveaux intérieurs varient de 35 à 52 dB(A) en L_{eq} et de 42 à 59 dB(A) en L₁.

Les niveaux moyens du rythme cardiaque présentent des différences entre la condition bruyante et la condition calme, allant de 13 battements/min à 3 battements/min. Sur 11 sujets, 9 ont une augmentation du rythme cardiaque moyen en condition bruyante.

Muzet et al. [23] ont étudié sur 26 sujets, en laboratoire, l'effet de bruit de véhicules isolés dont les niveaux varient de 40 à 65 dB(A) en crête, à raison de 90 bruits par heure. L'auteur a mis en évidence que le

rythme cardiaque (accélération puis décélération) et la vaso-motricité (vaso-constriction) varient selon l'intensité de crête du bruit, surtout pour les niveaux de 60 et 65 dB(A) (fig. 2).

L'examen de ces résultats par tranche horaire montre qu'il n'y a pas d'habituation durant la nuit. Dans la même expérimentation, on constate qu'il n'y a pas non plus d'habituation végétative après une exposition de 14 jours. Cette expérience, qui portait sur trois groupes d'âge, a mis aussi en évidence que la réactivité cardiaque et vaso-motrice diminue chez les personnes âgées. En matière de seuil, l'auteur montre que les effets apparaissent à partir de 50 dB(A) pour l'enfant, 55 dB(A) chez la personne âgée et à 60 dB(A) pour l'adulte jeune.

2. Analyse acoustique de la perturbation du sommeil

On a montré au chapitre précédent que la perturbation du sommeil comportait deux aspects physiologiques: l'un concerne l'organisation du sommeil et il est lié au niveau moyen de bruit, l'autre concerne des modifications ponctuelles liées à des événements acoustiques isolés. Les propositions de standards acoustiques doivent donc prendre en compte ces deux aspects de l'environnement: le niveau moyen et les crêtes de bruit. Jusqu'à présent, les situations acoustiques dans l'environnement étaient très typées; le bruit des mouvements d'avions survient au-dessus de zones calmes et on utilise des indices basés sur la moyenne énergétique des niveaux de bruit maximum produits par les survols et le nombre de survols, pour aboutir à des formules du type NNI (Noise and Number Index) = M_{ax} PNdB + 15 log N - 80, N (indice français) = PNdB M_{ax} + 10 log N - 30. Dans le cas de trafic routier on utilise une formule moyennant l'énergie reçue à chaque instant.

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{L/10} dt \quad (L = \text{niveau instantané}).$$

L'augmentation des niveaux de bruit de l'environnement et leur extension dans l'espace font que les événements singuliers émergent moins nettement et renforcent l'utilisation de l'indice énergétique. Pour la question du sommeil, le rôle des crêtes reste important.

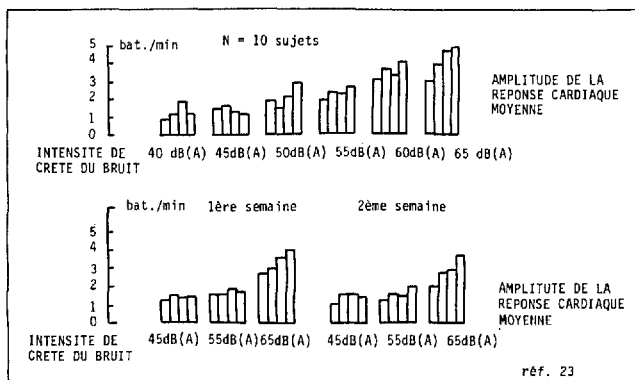


Fig. 2. Amplitudes des réponses cardio-vasculaires moyennes calculées par périodes de deux heures

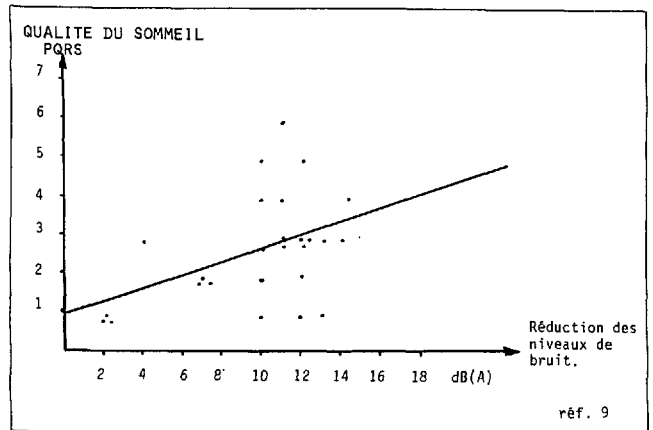


Fig. 3. Amélioration concomitante de l'ambiance acoustique et de la qualité du sommeil

2.1 Dose énergétique de bruit et déformation du sommeil

Les modifications de la structure du sommeil sont liées au niveau de bruit mesuré sous forme énergétique et apparaissent pour des niveaux stables de l'ordre de 35 dB(A) sur toute la nuit mais, dans certains travaux, la déformation du pattern de sommeil est minime à 50 dB(A). Une première variation dans la réponse physiologique s'explique par le profil acoustique nocturne. Les simulations en laboratoire sont rarement réalistes au point de préserver une plage centrale du profil nocturne (1-4 heures du matin). L'existence de cette plage peut s'avérer déterminante pour la récupération du sommeil lent qui n'aurait pu apparaître en début de nuit à cause d'un niveau de bruit trop fort.

Les données récentes fournies par Vallet et al. [9] proposent un indice de qualité physiologique relative du sommeil (PQRS), construit à partir des principales durées de stades observées: on bâtit une échelle en sept points dont on considère les intervalles égaux.

Quand le temps de sommeil total augmente de 10% en condition calme par rapport à la condition bruit, on attribue cinq points à PQRS.

Si TST ne varie pas de 10%, on examine les améliorations sur les stades I + II (sommeil léger), III + IV (sommeil lent), SP (rêve) et To (temps d'éveil); chacun compte pour 1 point. Si la latence heure d'extinction des feux-premier sommeil est réduite, PQRS vaut 1 point et si la latence premier sommeil-première période de rêve est réduite, cela vaut aussi 1 point. La seule qualité de cet indice est de fournir une évaluation simple du sommeil, basée sur les observations cliniques.

L'amélioration du sommeil, évaluée par l'indice PQRS, est reliée à l'abattement des niveaux de bruit, obtenu par un changement de chambre ou par isolation des fenêtres (fig. 3).

L'amélioration de la qualité physiologique de sommeil est liée au bruit, davantage pour les abattements faibles que pour les abattements de 10 dB(A) et plus, où l'amélioration du sommeil est très variable. Elle dépend aussi des niveaux absolus auxquels on se situe.

	Avec vols nocturnes	1 semaine après	1 mois après
t en min	47	68	61
% du temps sommeil total	12	17	15
Niveau de bruit en extér. L_{eq} 23-6 heures	77 dB(A)		51 dB(A)
Bruit intérieur	Pic moyen 52 dB(A)		Pic moyen 39 dB(A)

Tabl. 3. Modification de durée du sommeil lent en fonction du niveau de bruit

Les niveaux absolus qui ont subi des abattements faibles (2 dB(A)) se situent à 42 dB(A). Ces abattements provoquent, après une période d'exposition et sans doute d'habituation, une amélioration encore sensible du sommeil. On en conclut donc que le niveau optimal de bruit nocturne à l'intérieur des chambres se situe en dessous de 40 dB(A) en L_{eq} . Cette proposition de seuil n'est pas nouvelle. La proposition idéale de l'OMS (1980) vise 35 dB(A) de nuit. Cette recherche fournit des données expérimentales qui étayent cette recommandation de l'OMS.

La prise en compte du bruit nocturne n'est pas tout à fait suffisante. Blois et al. [25] ont montré que le niveau de bruit de la journée a un effet activateur général et plus la dose de bruit diurne est élevée moins bon est le sommeil de nuit.

2.2 Caractéristiques acoustiques des événements isolés

On dénombre plusieurs caractéristiques acoustiques qui jouent un rôle dans l'apparition d'une brève perturbation du sommeil après un événement isolé. Il s'agit:

- du rôle du bruit de fond et du bruit de crête,
- du nombre d'événements acoustiques par nuit,
- de l'intervalle de temps entre deux stimulus.

2.2.1 Effet relatif des niveaux de crêtes et du bruit de fond

L'étude du sommeil de riverains d'autoroute en situations acoustiques différenciées bruit-calme [9] a montré qu'en période «calme» il y avait moins de réactions sommeil (21 par nuit au bruit contre 9 au calme), mais les niveaux de bruit de crête qui les provoquent sont plus bas que ceux qui provoquent ces réactions en environnement bruyant (tabl. 4).

En condition calme, le niveau moyen de crête des bruits qui provoquent un effet EEG varie de 42 à 44 dB(A), alors que celui des bruits qui causent les mêmes effets en situation bruyante va de 50 à 53 dB(A).

Ainsi le niveau de crête d'un bruit isolé n'est pas suffisant pour prendre en compte les réactions temporaires du sommeil. Il est nécessaire de tenir compte du niveau global ou de l'émergence du bruit de crête. Sur les mêmes données, la fixation d'un seuil à

45 dB(A) supprimerait environ deux tiers des effets perturbateurs des bruits isolés.

2.2.2 Caractéristiques acoustiques supplémentaires

Le nombre d'événements apparus dans la période de temps considéré est important. Il est mis en évidence aussi bien dans les enquêtes [26] que dans les travaux physiologiques [17] où l'auteur a mis en évidence qu'une fréquence moyenne de passage d'automobiles et de camions de 1,8 par minute provoque en proportion plus d'effets EEG ponctuels qu'une fréquence de 4,3 véhicules par minute.

L'intervalle de temps entre deux événements a été étudié par Griefahn [28]. L'auteur a mis en évidence que la probabilité d'un effet EEG était maximale pour un intervalle de 40 minutes. Ce facteur est intéressant au plan pratique pour gérer le trafic ferroviaire ou aérien nocturne. Il vaut mieux rassembler les événements acoustiques autant que le permettent les exigences de sécurité plutôt que de les étaler.

Une synthèse partielle a été tentée pour les bruits d'avions [19] qui considère le niveau énergétique moyen de la nuit et le nombre de vols par nuit. Le minimum de réactions à un survol apparaît pour un niveau $L_{eq} \leq 35$ dB(A) et pour un nombre de vols de 11 à 15 par nuit.

2.3 Conclusion

L'ensemble des données expérimentales citées concernant la déformation de la structure du sommeil montre que le bien-être nocturne requiert un niveau acoustique L_{eq} de l'ordre de 35 dB(A) à l'intérieur des chambres. Cette recommandation ne devrait pas se transformer en $L_{eq} = 55$ dB(A) à l'extérieur par l'addition de l'isolation de la fenêtre, car on sait que par habitude hygiénique un certain nombre de personnes dorment avec la fenêtre ouverte, surtout quand les températures sont clémentes.

Les niveaux des crêtes à respecter pour ne pas provoquer d'effets ponctuels temporaires se situent en dessous de 50 dB(A).

L'examen des situations acoustiques de l'environnement des routes fait apparaître que les crêtes sont supérieures d'environ 15 dB(A) au niveau moyen.

De ce fait, une recommandation de 35 dB(A) en L_{eq}

	Condition bruyante			Condition calme			différence t Student
	niveau de crête en dB(A)	σ	N	niveau de crête en dB(A)	σ	N	
Réveils	52,56	7,86	333	43,85	5,85	114	p < .01
Changements de stades	51	7,37	641	42,38	5,23	299	p < .01
Effets transitoires	50,57	6,29	584	41,99	5,33	310	p < .01

Tabl. 4. Niveaux de bruit de crête provoquant un effet EEG, selon le bruit de fond

ne nécessite pas de complément spécifique aux crêtes. Toutefois, dans des situations plus calmes mais plus fréquentes (en centre ville, dans les traversées de village) qui n'atteignent pas un niveau 35 dB(A) il faudrait limiter les crêtes élevées, ce qui suppose en premier lieu un travail de réduction du bruit à la source et peut-être aussi la limitation stricte des passages de poids lourds pendant une période de 8 heures, dont les bornes sont à déterminer en fonction des modes de vie de la population.

Bibliographie

- [1] Wehrli, B., Wanner, H. U. et al., Auswirkungen des Strassenverkehrs-lärms in der Nacht, Kampf dem Lärm 25, 138–149 (1978).
- [2] Lambert, J., Simonnet, F., et Vallet, M., Comportement dans l'habitat soumis au bruit. Rapport Institut de Recherche des Transports No 47 (1980).
- [3] Alexandre, A., Bruit et Sommeil, Médecine Sociale et Préventive 19, 155–160 (1974).
- [4] Griefahn, B., et al., On the problem of noise-induced sleep disturbances—a review of sleep literature, Berlin Umweltbundesamt, 251 p. (1976) (en allemand).
- [5] Jurriens, A., Sleeping twenty nights with traffic noise: results of laboratory experiments, ASHA No 10, Noise as public health problem, 413–424 (1980).
- [6] Ehrenstein, W., et Muller-Limmroth, W., Laboratory investigations in to effects of noise on human sleep, ASHA No 10, 433–441 (1980).
- [7] Vallet, M., Blanchet, V., et Bruyere, J.-C., La perturbation du sommeil par le bruit de circulation routière: étude in situ, Recherche Environnement 3, 183–212 (1976).
- [8] Wilkinson, R., Effects of traffic Noise upon sleep in the Home. 5th European Congress sleep Res, pp. 225–228 (Karger, Basel 1981).
- [9] Vallet, M., Gagneux, J.-M., et Labiale, G., Les effets d'une exposition au bruit à long terme sur le sommeil et les performances. Rapport IRT-CERNE (1981) à la Communauté Européenne Economique.
- [10] Friedmann, J., et Globus, G., Effects of Cessation of late night landing noise on sleep electrophysiology in the home. Nasa CR 132543 (1974).
- [11] Fidell, S., et Jones, G., Effects of cessation of late night flight on an airport community, J. of Sound and Vibration 42, 422–437 (1975).
- [12] Thiessen, G., Habituation of behavioral awaking and EEG measures of response to noise, ASHA No 10, 397–400 (1980).
- [13] Muzet, A., et Metz, B., Effets propres et interaction de l'élévation du niveau sonore et de la température ambiante sur le sommeil, Recherche Environnement 3, 81–160 (1976).
- [14] Rice, C., Sonic boom exposure effects: Sleep effects, J. of Sound Vibration 4, 22, 511–517 (1972).
- [15] Rylander, R., et al., Sonic boom effects on sleep. A field experiment on military and civilian population, J. of Sound Vibration 24, 41–50 (1971).
- [16] Lukas, J., Noise and sleep: a literature review and a proposed criterion for assessing effects, J. A. S. Acoustics 58.6, 1232–1241 (1975).
- [17] Muzet, A., et al., Relationship between subjective and physiological assessments of noise disturbed sleep. Noise as public health problem, US EPA 550/9 73008, 575–586 (1973).
- [18] Lukas, J., Predicting the response to noise during sleep. Noise as public health problem, US EPA 550/9 73008, 513–525 (1973).
- [19] Vallet, M., Gagneux, J. M., et Simonnet, F., Effects of aircraft noise on sleep: an in situ experience, ASHA No 10, 391–396 (1980).
- [20] Vernet, M., Effects of train noise on sleep for people living in houses bordering the railway line, J. of Sound Vibration 3, 66–74 (1979).
- [21] Jansen, G., Effects of noise on physiological state in Ward & Fricke: Noise as a public health hazard, ASHA No 4, 89–98 (1969).
- [22] Jurriens, A., Noise and sleep in the home: Effects on sleep stages. 5th European Congress Sleep Res. Amsterdam, pp. 217–220 (Karger, Basel 1981).
- [23] Muzet, A., et al., Modifications végétatives entraînées par le bruit au cours du sommeil. Rapport CEB-CNRS pour le Ministère de l'Environnement (1980).
- [24] Organisation Mondiale de la Santé, Environmental Health Criteria 12 Noise (WHO, Genève 1980).
- [25] Blois, R., Debilly, G., et Mouret, J., Daytime noise and its Subsequent Sleep effects. Noise as a public Health Problem, ASHA No 10, 425–432 (1980).
- [26] Rylander, R., et al., Reanalysis of aircraft noise annoyance data against the peak dB(A) concept, J. of Sound Vibration 36, 399–406 (1974).
- [27] Muzet, A., La perturbation du sommeil par le bruit, Le Travail humain 2, 255–274 (1973).
- [28] Griefahn, B., Long Term exposure to noise—Aspects of Adaptation, Habituation and Compensation, Waking and Sleeping 1,4, 383–386 (1977).

Résumé

Le présent article fait le point des connaissances récentes concernant les effets du bruit de l'environnement sur le sommeil et contient des propositions de seuils acoustiques susceptibles d'aider à la réglementation par les pouvoirs publics.

On rappelle les aspects physiologiques du sommeil et l'organisation cyclique des différents stades, puis on examine les effets du bruit, principalement celui créé par le trafic routier, les avions et les trains. Les effets sont d'abord considérés comme des modifications de l'organisation du sommeil au cours de la nuit. On note que les expériences en laboratoire et à domicile incitent aux mêmes conclusions: la durée du sommeil profond est sensiblement réduite, chez les personnes jeunes, alors que c'est le réve qui est touché chez les personnes âgées. Ces perturbations sont liées à un niveau énergétique moyen (L_{eq}). On examine ensuite les effets ponctuels, qu'ils soient électroencéphalographiques ou cardiaques, qui sont davantage liés aux événements acoustiques isolés et pour lesquels on retient le niveau de crête des bruits. D'autres variables, telles que le bruit de fond, le nombre d'événements par périodes, l'intervalle entre deux bruits influent sur la probabilité d'apparition d'un effet ponctuel attribuable à un niveau de crête donné.

On conclut qu'il est nécessaire de retenir deux grandeurs acoustiques pour prendre en compte les perturbations du sommeil: l'un est de niveau énergétique à l'intérieur des chambres, dont le seuil de confort se situe à 35 dB(A) sur la nuit et le second est le niveau intérieur de crête qui ne devrait pas dépasser 50 dB(A).

Zusammenfassung

Schlafstörungen durch Lärm

Dieser Artikel ist eine Darstellung der neuesten Kenntnisse über Schlafbeeinflussung durch Umweltlärm und stellt Lärmschwellenvorschläge vor, um öffentlichen Diensten in der Feststellung von Bestimmungen zu helfen. Physiologische Schlafaspekte sowie die zyklische Organisation der verschiedenen Schlafphasen werden besprochen und die Lärmefekte – besonders aus Strassen-, Flugzeug- und Bahnverkehr – untersucht. Zuerst werden die Lärmefekte als Veränderungen der Schlaforganisation während der Nacht betrachtet. Es wird festgestellt, dass Labor- und Heimexperimente zu denselben Schlussfolgerungen führen: die Tiefschlafdauer ist bei jungen Leuten beträchtlich gekürzt, während bei älteren Leuten die Traumphase beeinflusst wird. Diese Störungen sind einem mittleren Energiewert L_{eq} angeschlossen. Dann werden lokale Effekte – entweder elektroenzephalographische oder Herzeffekte – untersucht; diese Effekte sind hauptsächlich mit isolierten akustischen Erscheinungen verbunden und werden mittels Lärmspitzenwert geschätzt. Andere Größen wie Grundlärm, Zahl von Vorkommnissen pro Zeiteinheit, Abstand zwischen zwei Lärmen beeinflussen die

Erscheinungswahrscheinlichkeit eines einem gegebenen Spitzenwert beigemessenen lokalen Effekts.

Daraus schliesst man, dass zwei akustische Grössen festgestellt werden müssen, um Schlafänderungen zu betrachten: und zwar zuerst den Energiewert im Zimmer, dessen Komfortschwellwert 35 dB(A) in der Nacht ist, und zweitens den kleinsten Spitzenwert, der 50 dB(A) nicht überschreiten muss.

Summary

Sleep Disturbance by Noise

This contribution is a state-of-the-art of recent knowledge regarding effects from environmental noise on sleep and proposes acoustic thresholds likely to help public authorities in setting up regulations. It recalls physiological sleep aspects and the cyclic organization of the various stages; then it examines noise effects, principally those arising from road traffic, planes and trains.

Such effects are firstly considered as changes in sleep organization during night. It is noted that laboratory and home experiments lead to the same conclusions: duration of deep sleep is appreciably reduced for younger people, while the dream phase is disturbed for older people. These disturbances are associated with an average energetic level L_{eq} . Then partial effects are investigated, either electro-encephalographic or cardiac; these effects are more especially associated with isolated acoustic phenomena and determined from the noise peak level. Other variables, e.g. back noise, phenomena number per period, intervall between two noises, have an effect on probability of a local phenomenon which can be connected to a given peak level.

The conclusion is that two acoustic values must be retained for considering sleep disturbances: the first one is the energetic level inside the room, with a comfort threshold of 35 dB(A) by night, and the second one is the lowest peak level which should not exceed 50 dB(A).

Conception et méthodologies en acoustique environnementale

M. Levental et J.-Cl. Landry¹

1. Introduction

L'approche que nous donnons à la problématique de la protection contre le bruit est pragmatique: elle remet en cause à chaque instant les aspects normatifs que l'on inflige à notre cadre de vie. La philosophie qui s'en dégage s'est précisée au cours du temps, au fur et à mesure que nous avons été confrontés aux divers problèmes du trafic, des activités industrielles, artisanales et artistiques, des collectivités et de l'habitat.

En fait, ce ne sont pas tant les problèmes d'émission et de réception du bruit qui sont complexes, mais plutôt ceux de l'*interface* entre les sources et les récepteurs: la plupart des phénomènes y sont complexes.

Fort souvent, il est fait appel à la valeur normative, ou normalisée. C'est dire qu'on juge d'un problème d'impact en ne se préoccupant que de la conformité ou non à des références qui tiennent plus d'un domaine légal et réglementaire que d'un souci scientifique. Toute valeur supérieure à la norme admise devrait être corrigée, mais toute valeur inférieure impliquerait l'augmentation autorisée des niveaux sonores jusqu'à atteindre la norme! A cela s'ajoute la constatation que, dans l'environnement, il n'est possible d'appliquer une même échelle d'évaluation qu'à des situations semblables.

Notre thèse est qu'il n'est pas possible d'appliquer des valeurs normatives sans définir auparavant de manière

précise leur domaine d'utilisation, les conditions dans lesquelles elles ont été définies et leurs limitations. En conséquence, il n'est pas possible de mesurer un niveau sonore brut et de l'utiliser seul, par rapport à la norme. Par exemple, le bruit de fond permet de juger de l'impact d'une source sur l'environnement acoustique. La perturbation du bruit de fond par une source de bruit donnée doit être faible, voire imperceptible.

Nous distinguons donc trois niveaux d'approche:

1. Un niveau brut est fixé, par exemple pour une exposition de huit heures par jour à plus de 90 dB(A), comme étant inadmissible. Il y a là un risque réel. Les mesures de protection sont des mesures provisionnelles.
2. Le domaine de la dynamique des sons et des bruits, qui a pour corrolaire immédiat l'utilisation de la notion de niveaux statistiques de pression acoustique.
3. L'analyse spectrale qui permet l'approche physique de la qualité acoustique.

2. Répartition des tâches au niveau de la République et Canton de Genève

2.1 Répartition des tâches en matière de lutte et de protection contre le bruit au niveau de l'Etat de Genève [7]

Le service de toxicologie industrielle, d'analyse de l'air et de protection contre le bruit (STIAB) est confronté au problème de la mesure des immissions en général.

La brigade antibruit a pour mission principale de contrôler les émissions sonores des véhicules à moteur. La lutte contre le bruit du trafic aérien est menée par

¹ Institut d'hygiène, Service de toxicologie industrielle, d'analyse de l'air et de protection contre le bruit, avenue Sainte-Clotilde 23, case postale 109, 1211 Genève 4.