



Direction des Études Économiques
et de l'Évaluation Environnementale

Recherche Environnement

LE BRUIT DES TRANSPORTS : INTERNOISE 2000

SOMMAIRE

Thèmes

p.1 : le bruit des transports
INTERNOISE 2000

p.2 : pollution de l'air et
transport automobile

p.3 : **Nouvelles tirées de la
presse scientifique**

Ozone et épithélium
pulmonaire

Particules et métabolisme
cellulaire

Pollution de l'air et mortalité

p.4 : **Actualité des
programmes**

Bruit et nuisances sonores,
un volet du programme
PREDIT

Vient de Paraître

L'environnement au 21^{ème} siècle

n°5/2000

Septembre 2000

Directeur de la publication :
Benoît Lesaffre

Le congrès « INTERNOISE 2000 » s'est tenu à Nice du 27 au 30 août 2000, rassemblant plus de 1200 scientifiques venus de 45 pays différents. Le thème principal retenu par les organisateurs a été « **le bruit des transports** » vu sous l'angle de tous les modes sauf les deux - roues : véhicules, trains, tramways, avions.

Si le trafic routier est la cause principale de la nuisance sonore pour les citoyens, l'établissement d'un lien entre lutte contre le bruit du trafic routier et aménagement urbain s'est fait jour durant la décennie 90 avec, d'une part, la publication du livre vert de la Commission Européenne intitulé «des politiques futures sur le bruit» dans lequel le bruit du trafic routier est largement évoqué et, d'autre part, les nombreuses expériences réalisées dans différents pays hors Europe.

Les principaux enseignements qui peuvent être tirés de ce congrès sont les suivants :

- Au niveau de la **réduction à la source**, les résultats scientifiques les plus marquants sont les **gains obtenus en ce qui concerne le contact entre le pneu et la chaussée** : le traitement de la chaussée par des enrobés « expérimentaux » apporte un gain supérieur à 5 dB(A). Ce gain peut paraître dérisoire mais il contribue à atténuer le bruit de roulement caractéristique en ville où la vitesse est limitée et offre pour le conducteur un confort apprécié (rayonnement vibratoire réduit, habitacle moins bruyant). Les autres sources de bruit provenant d'un véhicule ont été étudiées (ventilateurs, climatisation, pots d'échappement) mais les résultats restent peu significatifs.

- Au niveau des **politiques d'aménagement et de la réduction du bruit routier**, les résultats ont porté sur des **mesures de gestion du trafic** notamment sur les mesures pour limiter la vitesse (zones 30, ralentisseurs) mais également sur des mesures assurant

l'amélioration des structures cyclables et piétonnes, la gestion du stationnement, la gestion du trafic du fret. La **fermeture du trafic** a été étudiée pour en connaître **l'incidence sur le bruit dans l'environnement urbain**. En France, une réduction de 8 dBA a été constatée dans les rues en U, sans transport en commun ; cette réduction est de 3 dBA en présence de transport en commun. Toutefois, il convient d'être prudent sur les modalités des expériences engagées car la méthodologie est en discussion au niveau de la future directive européenne sur le bruit ambiant.

- **L'absence de recherches sur la multiexposition et la multinuissance** est à noter dans la mesure où, par exemple, les effets combinés des pollutions atmosphériques et du bruit seraient, pour les maires des grandes villes, à étudier.

- Des évaluations économiques faites au Danemark concernant la réduction du bruit des transports montrent que la **dépréciation des logements** due au bruit des transports est estimée à 1% par dB(A) de la valeur du logement.

- La **modélisation** était au rendez-vous avec une pléiade de modèles très souvent axés sur la prise en compte des flux de trafic pour l'élaboration de **cartographies sonores** plus ou moins sophistiquées.

Si ce congrès a tenu ses promesses sur les innovations technologiques comme le confort acoustique à l'intérieur des véhicules, il n'a pas abordé des sujets émergents comme la route « intelligente » et son incidence sur le bruit et sur la pollution atmosphérique, le développement du télétravail et son impact sur la réduction du trafic, ni la voiture électrique ou hybride pour laquelle les constructeurs automobiles mobilisent leurs efforts de recherche.

POLLUTION DE L'AIR ET TRANSPORT AUTOMOBILE

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime qu'un grand nombre de métropoles européennes sont soumises actuellement à des niveaux d'oxydes d'azote et d'ozone supérieurs aux seuils jugés nocifs (200µg/m³/h pour les oxydes d'azote et 120µg/m³/h sur 8 heures pour l'ozone), notamment chez certains groupes de sujets sensibles. Ces pollutions urbaines, principalement celles dues aux émissions automobiles, sont un sujet d'inquiétude de plus en plus important pour les citoyens.

Malgré leur complexité (mélange d'oxydes d'azote, de composés organiques et aromatiques...), les mécanismes de formation de cette pollution et ses impacts sont de mieux en mieux connus grâce aux nombreuses recherches réalisées.

Les caractéristiques de la pollution

Les processus de formation et la caractérisation des différents polluants émis par les transports routiers, notamment en fonction de la composition des carburants (présence ou non d'additifs oxygénés), **du type de motorisation ou de post-traitement**, vont permettre d'affiner les modèles de pollution atmosphérique. Les modèles développés actuellement ont par exemple montré, par simulation, que l'utilisation de carburants aux normes "2005" aurait eu des conséquences favorables sur les épisodes de pollution.

Les apports de la modélisation

Les travaux de modélisation montrent aussi que **la réduction des sources polluantes automobiles n'a pas d'influence immédiate sur la concentration en ozone estivale** et que celle-ci est souvent due en grande partie aux masses d'air atmosphériques chargées de ce polluant arrivant sur les agglomérations. En effet, la survenue d'épisodes de pollution photochimique (c'est-à-dire pour une teneur atmosphérique d'ozone supérieure à 180 µg/m³), souvent sur une grande aire géographique, est révélatrice de l'état chronique de la pollution de fond des basses couches de l'atmosphère. Ceci confirme la

nécessité primordiale de poursuivre et d'amplifier les efforts coordonnés de réduction à long terme et à l'échelle de l'Europe des émissions d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils par les sources fixes et surtout les sources mobiles. En revanche, **la diminution des émissions automobiles a un impact plus important sur les teneurs en oxydes d'azote**, facteur principal des épisodes de pollution en période hivernale.

La connaissance des expositions

Renforcer les connaissances en matière d'exposition des populations est une nécessité. Un moyen en est le développement actuel de méthodes permettant d'évaluer ces expositions à partir des **réseaux de surveillance de la qualité de l'air**. De nouveaux outils pour la mesure en routine d'autres polluants ainsi qu'une meilleure connaissance des expositions à l'air intérieur sont nécessaires pour affiner cette évaluation.

Les effets sur la santé

En matière de **risques pour la santé**, il convient de distinguer les effets relativement bien documentés d'expositions brèves à des teneurs élevées de ceux provoqués par l'exposition à des pollutions chroniques. Les **effets à court terme** de la pollution atmosphérique sur la santé sont désormais mieux cernés, aussi bien grâce aux recherches en toxicologie (**action synergique entre l'exposition aux polluants et les allergènes, réaction inflammatoire induite par les particules diesel sur les cellules épithéliales respiratoires**,...) qu'aux travaux épidémiologiques (étude des neuf villes, Evaluation des Risques de la Pollution Urbaine pour la Santé,...). Les **effets à long terme** sont moins connus mais les travaux convergent pour attribuer à la pollution **un rôle de cofacteur** vis-à-vis de nombreuses pathologies, notamment sur l'appareil respiratoire des populations sensibles. La priorité à accorder à la diminution de la **pollution de fond** plutôt qu'aux seules pointes de pollution, maintenant prévisibles à plusieurs heures, est également soulignée par

les premiers résultats des **études épidémiologiques** (étude OMS portant sur la France, la Suisse et l'Autriche) qui montrent que les effets à long terme d'une exposition chronique à la pollution de fond, tels que les cancers ou les affections cardio-respiratoires, sont loin d'être négligeables.

L'évaluation des dommages

Au-delà de la connaissance de la nocivité qualitative des différents polluants, **la quantification et l'évaluation économique des dommages induits sont nécessaires pour dimensionner les dispositifs à mettre en place**. Cette évaluation pose cependant le problème des effets non marchands, et, en ce qui concerne la mortalité, celui de "la valeur de la vie". Quelques études, utilisant différentes méthodes d'évaluation économique (contingente, d'évitement, prix hédonistes, consentement à payer, capital humain) permettent d'attribuer aux effets de la pollution atmosphérique sur la santé et sur le patrimoine architectural des coûts très importants.

La mise en place des plans de déplacements urbains (PDU), rendus obligatoires par la Loi sur l'Air, semble plus répondre à des préoccupations de mobilité et d'urbanisme que de pollution de l'air, tout en créant néanmoins un cadre de réflexion et de sensibilisation au thème de la qualité de l'air. Bien qu'une étude ait montré que les automobilistes représentent l'un des groupes les plus exposés aux polluants, **le comportement individuel en matière d'usage de l'automobile est largement fonction des contraintes de la vie active, de la politique de la ville et des aspects économiques**. La pollution atmosphérique est souvent vécue comme un état de fait sur lequel il est difficile d'imaginer de pouvoir agir individuellement.

Une grande partie de ces résultats sera présentée lors du colloque-séminaire PRIMEQUAL-PREDIT qui se tiendra à Toulouse les 29, 30 novembre et 1^{er} décembre 2000.

Contact :

pascal.ebner@environnement.gouv.fr

Pollution à l'ozone et intégrité épithéliale pulmonaire.

Deux équipes de recherche belge et italienne se sont associées pour apprécier les effets de l'ozone sur l'épithélium pulmonaire en étudiant la concentration dans le sang d'une protéine (CC16, CC10 ou CCSP) sécrétée par des cellules pulmonaires particulières, les cellules de Clara. Une élévation sérique de cette concentration traduit une atteinte de la barrière épithéliale pulmonaire. Cette concentration augmente avec l'exercice chez des cyclistes, mais elle augmente encore plus si cet exercice a lieu lors d'un épisode de pollution photochimique et ceci de façon proportionnelle à l'augmentation de la concentration du polluant. La vérification de ces résultats par des études de laboratoire chez la souris pour des niveaux d'ozone aussi faibles que 0,08 ppm pendant 8 heures conduit les auteurs à affirmer qu'il n'y a pas - au dessus des niveaux de base - de marge de sécurité quant aux effets de l'ozone sur la perméabilité des voies aériennes.

Source :
Environ Health Perspect, juin 2000

Mécanismes d'action des particules au niveau cellulaire.

Des travaux de recherche récents viennent éclairer les mécanismes d'action des particules (diesel ou autres particules) au niveau cellulaire. Des études *in vitro* sur des cellules épithéliales bronchiques humaines avaient montré l'augmentation de la production de cytokines inflammatoires lors de l'exposition à des émissions de particules diesel. La même équipe de chercheurs a retrouvé, dans des conditions expérimentales similaires, une augmentation (au niveau de l'expression génique et de surface) des molécules d'adhésion (ICAM-1) qui jouent un rôle dans l'accumulation des cellules inflammatoires. Ces effets sont significativement diminués lors de l'utilisation d'antioxydants. Les auteurs ont alors suggéré l'intervention d'un facteur nucléaire oxydo-dépendant (NF kappa B) associé à l'expression des gènes.

Cette intervention a pu être démontrée *in vivo* par une autre équipe, qui a fait inhaler à des souris des particules d'un diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 μ (PM_{2,5}). On retrouve alors une augmentation des ARN messagers correspondant aux gènes régulés par NF kappa B (gènes de cytokines pro-inflammatoires). L'élucidation de ces mécanismes peut permettre de mieux apprécier les risques de ce type de pollution chez les sujets souffrant déjà de maladies respiratoires.

Source :
Clin Exp Immunol, Mai 2000 et Am J Respir Cell Mol Biol, Août 2000

Pollution de l'air et mortalité

- Le Health Effect Institute, organisme résultant d'un partenariat entre l'Agence de Protection de l'Environnement des Etats Unis (EPA) et l'industrie, est une source d'information indépendante sur les effets sur la santé des émissions automobiles. Le HEI a fait réanalyser les données des études dites « des 6 villes³ » et « de l'ACS /American Cancer Society⁴ » sur l'association entre augmentation de la concentration en particules fines dans l'air et en sulfates et augmentation de la mortalité. Les résultats de ces études prospectives qui avaient respectivement porté sur plus de 8000 personnes pour la première et plus de 500 000 pour la seconde, avaient été contestés, l'argumentation portant sur la non-prise en compte d'autres polluants atmosphériques, de niveaux de vie différents ou d'autres facteurs de confusion.

La ré-analyse a porté sur la validation des données utilisées dans les deux études (population et données de qualité de l'air) et sur les possibilités de reproduire les résultats rapportés initialement. Dans un deuxième

temps des analyses furent faites pour tester la robustesse des résultats lorsqu'on tient compte de tous les facteurs de confusion.

Le panel réuni par le HEI est arrivé globalement aux mêmes résultats que les auteurs des travaux initiaux, concluant à une association entre la pollution particulaire et la mortalité. Parmi les points soulevés on peut relever l'interrogation sur le caractère linéaire ou non de cette relation, sur le rôle du niveau d'éducation et sur la cause des différences spatiales observées.

Source :
Health Effect Institute, Special Report of the Institute's Particle Epidemiology Reanalysis Project, Juillet 2000

- Pour répondre à certaines des critiques qui s'étaient fait jour lors de la publication des travaux de recherche évoqués ci-dessus, le HEI a financé une étude intitulée « morbidité, mortalité par pollution atmosphérique » aux Etats Unis (NMMAPS). Les résultats obtenus sont en accord avec une augmentation de la mortalité toutes causes de 0,5% pour une augmentation de 10 μ g/m³ de PM₁₀ (particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10 μ m) mesurée le jour précédant le décès. En ce qui concerne la morbidité, le même accroissement de la concentration de PM₁₀ aboutit à un accroissement de 1% des admissions à l'hôpital pour maladies cardiovasculaires, et de 2% pour les pneumonies et les broncho-pneumopathies obstructives chroniques, chez les personnes âgées de 65 ans et plus.

Source :
Health Effect Institute, Research Report 94-II, The national morbidity, mortality, and air pollution study, Juin 2000

- A noter la parution de :
Künzli N, Kaiser R, Medina S *et al.* Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution : a European assessment. *Lancet* 2000, 256, 795-801.

PM₁₀ et PM_{2,5} désignent des particules dont le diamètre aérodynamique moyen est respectivement inférieur à 10 et 2,5 μ m.

Actualité des programmes de recherche : « Bruit et Nuisances sonores », un volet du PREDIT (Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres)

Les premiers enseignements qui peuvent être tirés de la partie du programme PREDIT⁵ consacrée aux « **Bruit et nuisances sonores** » sont l'excellente synergie entre les équipes de recherche et les industriels qui a conduit à la présentation de projets innovants. Des résultats issus du PREDIT et d'autres programmes (le Vème PCRD européen ou le programme national « Action Concertée Incitative Ville ») ont été présentés lors du récent congrès INTERNOISE 2000.

- Au niveau de la **réduction à la source**, les résultats les plus significatifs ont été enregistrés dans le **domaine du bruit ferroviaire** où la SNCF a développé plusieurs **modèles** quantifiant l'émission acoustique globale du train et **identifiant** ainsi **les sources prépondérantes** de bruit, notamment le bruit de contact « roue/rail ». Ce **bruit** étudié depuis de nombreuses années est **réduit actuellement de 6 à 8 dBA lorsqu'une action conjointe est réalisée sur la voie et sur les roues** (absorbeurs de vibration); ce gain est très significatif pour les trains de marchandise. Le savoir faire des équipes françaises sur ce sujet est recherché au niveau international.

- **La modélisation du bruit de contact pneu/chaussée** est en constante progression; ce bruit est conditionné par le défilement des motifs du pneumatique et la texture de la chaussée; le rayonnement acoustique du pneumatique est affecté par les caractéristiques de la chaussée (porosité, facteur de forme, perméabilité à l'air). Ce thème de recherche constitue un enjeu économique important pour les fabricants de pneumatique et de revêtements de chaussée et un

enjeu environnemental au niveau de la réduction du bruit en milieu urbain (un gain de 5 à 6dBA avec une chaussée type enrobé drainant est parfaitement ressenti en milieu urbain).

- La nécessité de réaliser des **cartes de bruit** (future directive européenne sur le bruit ambiant) conduit à un développement de plusieurs méthodes. L'une d'elles est basée sur l'information qualitative issue de la **distinction entre la représentation de l'environnement sonore estimé par un observateur « averti » et celle exprimée par les habitants**. Cette distinction a permis la création d'un **outil pédagogique** destiné aux **urbanistes** pour qu'ils intègrent dans leur démarche opérationnelle, les aspects « sonores » des quartiers à réhabiliter ou de tout autre projet urbain.

- Parmi les **effets du bruit sur la santé**, les études menées en population générale ne montrent, à l'inverse des études de laboratoire, qu'une relation faible entre le bruit et les maladies cardiovasculaires.

- En ce qui concerne la qualité des espaces sonores urbains, des **expériences sur la modulation sonore** au sein d'un parc en jouant sur la topographie, les effets sonores, les équipements ont été présentées. Le projet « persephone » qui consiste à construire un paysage sonore à partir de l'enregistrement de bruits en milieu rural associé à un corpus de photographies a été étendu à une application concrète, celle de la mise en place d'un parcours sonore dans un parc naturel pour raviver « l'écoute » des touristes. Cette démarche sera expérimentée pour un parcours urbain (Ville de Lyon). **La notion de paysage sonore développée dans les années 70 revient en force** car les acousticiens prennent conscience des limites de la quantification qui ne reflète pas à elle seule la réalité sonore de nos villes.

Les **perspectives de recherche** sont tournées vers la **multiexposition** et la **multinuisance**, deux notions certes difficiles à appréhender sans la définition d'indicateurs pertinents, mais indispensables pour comprendre la réalité physique et sensorielle de notre environnement. La recherche sur les **basses fréquences** perçues dans notre univers sonore de tous les jours est un objectif prioritaire pour la communauté scientifique car elles affectent la qualité sonore de notre environnement.

Contact :

jean-claude.serrero@environnement.gouv.fr

◦ ◦
◦

Vient de paraître

L'environnement au 21^{ème} siècle
vol III, 781pages.
Démocratie et politique à long terme
sous la direction de J. Theys
Editions Germes, Juillet 2000

Une partie importante de ce troisième volume des actes de Fontevraud s'attache à démontrer que « démocratie » et « gestion à long terme de l'environnement » ne sont pas antinomiques. Une majorité des textes réunis vise à explorer ce que pourraient être demain les nouvelles formes d'action publique ou privée dans le domaine de l'environnement; à faire une prospective des nouvelles formes de « gouvernance », avec l'affirmation de nouveaux principes d'action - le principe de précaution -, la remise en cause de l'action politique traditionnelle, l'intégration du développement durable dans les stratégies des entreprises et des collectivités locales, la réorganisation de l'expertise.

⁵ Le programme PREDIT a été lancé en 1996, pour une durée de 5 ans, à l'initiative de quatre ministères (Recherche, Environnement, transports et Industrie) et de deux agences (ADEME et ANVAR).