#6633

Principaux aspects des pollutions atmosphériques intérieures des locaux

B. FESTY et F. SQUINAZI
Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris

La plupart des citadins passent plus de 80 % de leur temps à l'intérieur de locaux, domestiques, professionnels ou autres. Cette constatation conduit à s'interroger sur les parts respectives des pollutions atmosphériques intérieures et extérieures dans l'évaluation des risques pour la santé ; cela est d'autant plus vrai que les économies d'énergie et de nouveaux matériaux ou procédés interfèrent avec la qualité de l'air dans les locaux. Les principales sources et les polluants correspondants sont passés en revue, qu'ils soient de nature chimique ou biologique.
Sont envisagés ensuite les milieux affectés (habitat domestique, secteur tertiaire, locaux collectifs à vocation diverses), les facteurs qui conditionnent la qualité de l'air d'un local, les nuisances ou risques se rattachant aux pollutions atmosphériques intérieures. L'accent est mis sur leur nature, réelle ou potentielle, en essayant de relativiser le risque. Enfin, sont décrits les principaux éléments de la prévention dans ce domaine.

La plupart des citadins passent plus de 80 % de leur temps à l'intérieur de locaux, domestiques, collectifs, professionnels ou autres. Ce temps de présence peut être encore plus important chez certaines populations plus fragiles ou critiques comme les jeunes enfants, les personnes âgées, les malades. Cette constatation conduit à s'interroger sur les parts respectives des pollutions atmosphériques intérieures et extérieures et de leurs sources dans l'évaluation des risques pour la santé des occupants. Cela est d'autant plus vrai que de nouveaux matériaux ou procédés modernes utilisés dans les locaux sont parfois des sources d'émission de polluants et interfèrent avec la qualité de l'air intérieur. En outre, les mesures d'économie d'énergie ont accru l'isolation des locaux et conduisent parfois à un renouvellement d'air insuffisant.

Les polluants intérieurs sont de nature très diverse, physique, chimique ou (micro)biologique. Leurs effets potentiels sur la santé, envisagée au sens large selon la définition de l'Organisation mondiale de la santé, sont également très divers : inconfort, confinement, pathologies éventuelles de nature chimique, infectieuse ou allergique avec, dans ce dernier cas, des sources chimiques ou biologiques. Les manifestations pathologiques touchent plus volontiers des populations à risque, que leur fragilité soit d'ordre génétique ou acquise.

(1) Communication présentée à la « Deuxième rencontre internationale du génie climatique », Francoclim 92, le 11 juin 1992.

Les facteurs qui conditionnent la qualité de l'air ou sa pollution à l'intérieur d'un local sont de divers ordres :
— l'intensité des sources intérieures. Il peut s'agir de sources continues, le mobilier par exemple, ou de sources temporaires qui sont le plus souvent liées à l'activité à l'intérieur du local : cuisson d'aliments, tabagisme, bricolage, entretien,
— les conditions thermohygrométriques du local,
— le taux de renouvellement d'air, qui dépend de l'infiltration et de la ventilation,
— la présence éventuelle d'une installation de traitement d'air, centralisée ou non,
— la qualité de l'air extérieur.

Les polluants d'origine extérieure aux locaux

Il s'agit ici, pour l'essentiel, d'une pollution de type chimique qui est surtout liée aux activités humaines (chauffage, incinération, circulation automobile, industrie) et aux conditions météorologiques. La pollution atmosphérique extérieure présente des cycles journaliers, hebdomadaires et saisonniers.

Les principaux polluants extérieurs (dioxyde de soufre, particules, oxydes d'azote et ozone) jouent un rôle, plus ou moins important, vis-à-vis de la pollution intérieure des locaux, avec un certain délai par rapport à ce qui se passe à l'extérieur. Certains d'entre eux seront modifiés dans leur concentration, les particules en partie par déposition, les polluants chimiques (dioxyde de soufre, oxydes d'azote) par interaction ou adsorption sur les parois.

Le radon est considéré comme un polluant à l'interface entre l'extérieur et l'intérieur puisqu'il s'agit d'une contamination d'origine hydro-tellurique, plus marquée dans certaines régions géographiques. Il pourrait se manifester par des effets cancérigènes à long terme (cancer du poumon), plus souvent chez les fumeurs.

Il ne faut pas non plus négliger les sources naturelles de contamination, comme les pollens.

Les polluants intérieurs

Les aspects chimiques

Les phénomènes de combustion (chauffage, production d'eau chaude sanitaire, cuisson des aliments...) sont à l'origine d'émission de monoxyde de carbone qui est un témoin de combustion incomplète, des oxydes d'azote qui sont formés à haute température, puis de toute une série de polluants gazeux et/ou particulaires comme des aldéhydes, des hydrocarbures aromatiques ou polyaromatiques.

Le monoxyde de carbone est un agent extrêmement important puisqu'il s'agit d'un gaz très toxique qu'il n'est pas possible de mettre en évidence sur le plan sensoriel. Le monoxyde de carbone est un puissant inhibiteur de l'oxygénation des tissus ; on peut craindre, à court terme, des intoxications mortelles par asphyxie. Les intoxications oxycarbonées sont, en fait, la première cause en France de mortalité par toxique. A long terme, on évoque les difficultés d'oxygénation de certains tissus sensibles comme le myocarde ou le système nerveux central avec des répercussions sur la vigilance et les neuro-comportements.

Les oxydes d'azote mais aussi le monoxyde de carbone sont émis essentiellement par des chauffe-eau non raccordés et des cuisinières à gaz. Le dioxyde d'azote est accusé d'effets pulmonaires à court terme. L'effet de pointe semble le plus en cause, conduisant à une augmentation de la résistance des voies aériennes et à une diminution probable de la résistance aux infections respiratoires, notamment chez les enfants et les asthmatiques qui sont les plus sensibles. Des valeurs limites pour le monoxyde de carbone et le dioxyde d'azote ont été préconisées, en particulier par l'OMS.

La fumée de tabac constitue un énorme complexe, particulièrement important en milieu clos. Des milliers de composés, en phase gazeuse et en phase particulaire, sont émis par la combustion du tabac. Dans la phase gazeuse, on identifie du monoxyde de carbone, de l'ammoniac, de l'acide cyanhydrique, des oxydes d'azote et des composés organiques comme la nicotine, des hydrocarbures, des aldéhydes ou des nitrosamines. Les effets à court terme sont plutôt de nature sensorielle avec irritation des yeux et des voies respiratoires, en particulier. Mais les effets à long terme sont aussi à prendre en considération ; des études épidémiologiques ont montré que la fumée de tabac environnementale était à l'origine d'un risque accru de cancer bronchopulmonaire chez des non-fumeurs exposés à ce type de pollution.

Les composés organiques volatils (COV) sont émis par une foule de sources à l'intérieur des locaux : les produits d'hygiène corporelle, les produits d'entretien ménager, les produits de bricolage, les matériaux d'ameublement et de décoration, etc. L'un d'entre eux, le formaldéhyde, a été mis sur le devant de la scène depuis un certain nombre d'années. Il est émis, en particulier, par le bois aggloméré et des isolations à base de mousses urée-formol mal réalisées.

D'une manière générale, les COV semblent être des irritants pour les yeux et pour la gorge ; ils peuvent également induire des difficultés respiratoires. Ils sont surtout incriminés dans un grand nombre de nuisances sensorielles. Le formaldéhyde a été plus particulièrement étudié pour ses effets irritatifs et, surtout à plus long terme, pour un risque de nature cancérigène. Un risque allergique d'origine chimique (formaldéhyde) a été aussi mis en évidence.

Les aspects biologiques

Les particules biologiques présentes dans notre environnement intérieur sont de types très différents. Dans un bioaérosol, il existe, en premier lieu, une composante microbienne. On retrouve des micro-organismes vivants, portés par des particules inertes de taille variable : bactéries, virus, champignons inférieurs (fungi) ou parasites. On peut y retrouver aussi des fragments de microorganismes, en particulier des endotoxines de bacilles à Gram négatif et des mycotoxines (glycanes). D'autres particules allergéniques, comme les pollens, les déjections d'acariens, les poils d'animaux ou les blattes, présentes dans la poussière domestique, peuvent également contaminer l'air intérieur.

Un bioaérosol a quatre origines principales. L'homme intervient, en permanence, par ses gouttelettes salivaires ou nasales et ses squames cutanées. Le sujet, présentant une pathologie infectieuse, produit un grand nombre de micro-organismes pathogènes et apporte ainsi sa contribution à la contamination microbienne de l'atmosphère. Tout réservoir d'eau « contaminée », lorsqu'il est perturbé, est à l'origine de dissémination de micro-organismes et de particules biologiques dans l'atmosphère. Il en est ainsi des humidificateurs, des tours aéro-réfrigérantes, des pommes de douche, d'eaux stagnantes. Les poussières porteuses d'un grand nombre de micro-organismes, de fragments microbiens, d'allergènes sont également mises en suspension dans l'air lors des diverses activités à l'intérieur des locaux. Enfin, toutes les surfaces humides sont le lieu de prolifération de micro-organismes (moisissures en particulier), si une température adéquate est obtenue et si des matières organiques sont présentes ; elles offrent ainsi des possibilités de dissémination de particules biologiques et de leurs métabolites ou produits de dégradation.

Parmi les pathologies induites par un bioaérosol, certaines sont bien définies au plan médical, d'autres sont encore du domaine des hypothèses.

Certaines maladies infectieuses, comme la tuberculose ou les viroses respiratoires, sont liées à un réservoir humain. Ces maladies se transmettent par l'air, d'individu à individu, et sont favorisées par la promiscuité et un renouvellement d'air insuffisant. D'autres maladies infectieuses sont liées à un réservoir animal, comme, par exemple, les pneumonies à *Chlamydiae* et les oiseaux de compagnie. La maladie des Légionnaires, pneumopathie infectieuse, est due à un bioaérosol provenant d'un réservoir d'eau contaminée par des bactéries *(Legionella pneumophila)*, lorsque certaines conditions sont réunies. Enfin, les aspergilloses invasives, liées à une dissémination de poussières contaminées, sont surtout retrouvées chez des malades immuno-déprimés dans les hôpitaux.

Les maladies immuno-allergiques sont dues à des particules allergéniques, qu'elles soient d'origine microbienne ou non. Les pneumopathies d'hypersensibilité sont rares mais sont particulièrement éprouvantes pour le malade. Les micro-organismes responsables sont à la fois des bactéries (Actinomycètes thermophiles, ...) ou des champignons comme les *Penicillium*, présents dans des réservoirs d'eau ou sur des surfaces humides. L'asthme et les rhinites allergiques sont liés à divers allergènes présents dans notre environnement : pollens, déjections d'acariens, poils d'animaux, fungi, blattes.

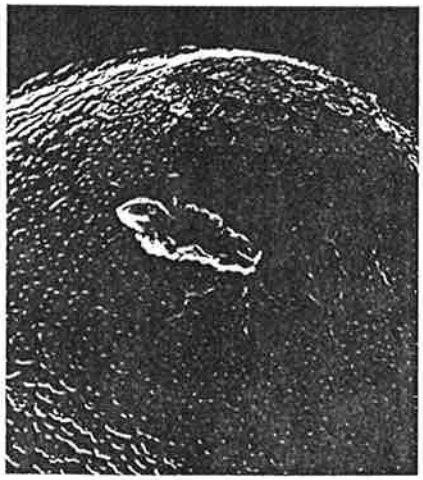
Les syndromes toxiques seraient dus à des fragments microbiens (endotoxines bactériennes et mycotoxines d'origine fongique) ou des métabolites. Les manifestations cliniques sont de type respiratoire (syndrome pseudogrippal). La fièvre des humidificateurs est le syndrome le mieux connu ; les agents responsables actuellement incriminés sont les endotoxines bactériennes et des protozoaires.

Le Sick Building Syndrome (SBS) se manifeste par un grand nombre de troubles, comportant des phénomènes d'irritation des muqueuses et une fatigue anormale. Il touche, le plus souvent, les sujets travaillant dans des immeubles de bureaux de grande hauteur. Son origine est sûrement multi-factorielle mais certains auteurs incriminent, entre autres, un bioaérosol, composé d'endotoxines bactériennes, de mycotoxines, voire de métabolites microbiens volatils, très difficiles à mettre en évidence.

Stratégie d'intervention

Lorsqu'on veut relier et traiter une pathologie donnée à la présence de polluants intérieurs, la démarche suivante, constituée de cinq étapes, peut être proposée :

Pollen d'un diamètre de 10µm agrandi avec particule invisible de 1µm (doc. Camfil)



1) préciser les plaintes et les symptômes cliniques. Le médecin qui a en charge un patient qui se plaint ou qui présente une pathologie donnée doit documenter au mieux les signes cliniques et tenter de faire un diagnostic médical, le plus précis possible. Les antécédents du patient, la chronologie des troubles, l'aide d'examens complémentaires devraient permettre de relier les symptômes à la présence éventuelle de certains polluants intérieurs ;

2) inspecter les locaux incriminés. Cette enquête *in situ* tente de repérer les sources polluantes et les réservoirs microbiens. Certaines anomalies flagrantes peuvent être immédiatement corrigées ;

3) analyser la situation. Le rapprochement entre les résultats de la documentation médicale (infection, allergie, autres) et de la visite des locaux (sources de pollution) devrait permettre de poser le diagnostic de pathologie liée à l'environnement intérieur. L'analyse peut être renforcée par des prélèvements d'environnement orientés (eaux, air, surfaces) ;

4) corriger les anomalies. Le traitement d'une pathologie liée à un environnement intérieur passe aussi par une réduction, voire une éradication des sources de contamination ;

5) évaluer les mesures prises. Il est fondamental de vérifier que les mesures correctives ont amélioré la santé du patient.

En fait, un certain nombre de recommandations ou de consensus doivent être donnés, soit aux patients qui souffrent, soit à la collectivité en général afin de prévenir l'apparition ou l'aggravation de ces troubles. Ceux-ci sont au nombre de quatre : assurer une ventilation suffisante pour chasser les polluants émis, assurer la maintenance de tous les appareils afin de limiter l'émission de polluants, nettoyer et décontaminer tous les réservoirs potentiels de micro-organismes, filtrer correctement l'air d'une installation de traitement d'air.

Notion de hiérarchisation des risques

Face à ces différents facteurs de contamination, il est raisonnable de classer les risques en fonction du degré de nuisances ou de nocivité.

Les sensations (ou réactions) de gêne, d'inconfort ou de confinement

Ces troubles, tout à fait indiscutables, sont habituellement en liaison avec des erreurs de type thermohygrométrique, d'odeurs qui sont liées soit à des substances organiques volatiles, soit à des bioeffluents, d'origine chimique ou biologique.

Les effets réels à court terme

Certains sont souvent graves et parfois mortels comme les intoxications oxycarbonées.

Les oxydes d'azote sont certainement responsables d'altérations pulmonaires tandis qu'un grand nombre de substances organiques volatiles produisent des phénomènes d'irritation et d'altération neuro-sensorielle ou pulmonaire.

Les biocontaminants, bactéries, moisissures, arthropodes sont aussi responsables

d'effets à court terme indiscutables, en termes de risque infectieux ou allergique selon les cas.

Citons les intoxications du jeune enfant par le plomb après ingestion de peintures anciennes et/ou de poussières contaminées dans des habitats anciens et délabrés.

Les effets à moyen ou long terme

Les dangers réels concernent le plomb, en particulier les désordres neuro-psychiques et l'altération du développement psychomoteur de l'enfant. Le monoxyde de carbone, même à doses faibles, peut avoir à long terme un retentissement cardio-vasculaire non négligeable. La fumée de tabac environnementale conduit à un plus grand risque vasculaire et de cancer broncho-pulmonaire.

Parmi les dangers potentiels, il faut citer le radon qui est à l'origine de cancer broncho-pulmonaire dans des ambiances professionnelles mais dont le risque n'a pas été encore démontré de manière formelle dans l'habitat. Ceci est également vrai pour les fibres minérales, et en particulier l'amiante qui intéressent davantage le milieu professionnel que l'habitat avec un risque de mésothéliome, en particulier. Mais dans ces deux cas, le danger est potentialisé par le tabagisme.

Pour les COV, des interrogations subsistent concernant les risques d'allergies, voire de cancérogénicité. Il en est de même pour les particules fines en suspension.

En conclusion

La Communauté économique européenne a publié un document qui fait le point sur les effets sanitaires des polluants intérieurs.

Il existe trois risques indiscutables : pulmonaire, allergénique et irritation neuro-sensorielle, en relation avec les polluants cités ci-dessus. Les effets de la fumée de tabac environnementale doivent être envisagés avec plus d'attention. Les COV, d'origine chimique ou biologique, suscitent encore des interrogations. Toutefois, dans l'habitat, ils se présentent sous la forme d'un mélange à faible dose mais relativement complexe dont on peut craindre des effets d'irritation et aussi des effets sur le système nerveux qui pourraient conduire à des modifications du comportement et des performances. ■

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

European concerted action. Indoor air quality and its impact on man. Effects of indoor air pollution on human health. Report n° 10, 1991, 43 p., Luxembourg.

LOEWENSTEIN J.C. et FESTY B., *Etat actuel et orientation des études et recherches sur la pollution intérieure des locaux.* Pollution Atmosphérique, 1988, avril-juin, 131-143.

MOLINA C., *Maladies des climatiseurs et des humidificateurs.* Colloque INSERM des 5-6 septembre 1985, Clermont-Ferrand, 1986, 1 vol.

MOUILLESEAUX A. et SQUINAZI F., *Contamination microbienne de l'air. Stratégie d'étude et exemples de différents environnements.* 3e Congrès National Société Française d'Aérobiologie, juin 1991.

OMS, *Air quality guidelines for Europe,* 1987, Rapport n° 23, 426 p., Copenhague