

Améliorer la qualité de l'air intérieur



Lutter contre la présence de radon dans les bâtiments

Naturellement présent dans l'atmosphère, le radon est reconnu comme cancérigène par les instances internationales compétentes ; il fait désormais l'objet de mesures réglementaires et incitatives qui visent à en limiter l'exposition auprès des populations. Le radon provient de la désintégration de l'uranium et du radium présents dans la croûte terrestre. Il se diffuse dans l'air à partir du sol. Les terrains granitiques et volcaniques représentent les principales sources de radon. Dans les bâtiments clos ou les milieux confinés, sa concentration peut même devenir dangereuse. Considérés comme prioritaires, 31 départements, situés essentiellement en Bretagne, dans le Massif Central, dans l'est de l'Hexagone et en Corse, font l'objet d'une surveillance particulière et de premières réglementations dans les Lieux Ouverts au Public ainsi que dans des lieux de travail souterrains.

Depuis plusieurs années, le CSTB s'est impliqué dans la recherche de moyens de lutte contre la présence de radon dans les bâtiments. Il apporte son appui scientifique et technique aux actions ministérielles (Santé, Logement, Autorité de Sureté Nucléaire) et travaille en collaboration étroite avec les différents organismes nationaux impliqués dans le domaine (Institut de Recherche et de Sûreté Nucléaire - IRSN, Institut de Veille Sanitaire - InVS). Impliqué dans des travaux internationaux depuis plus de 10 ans, le CSTB est actuellement leader d'un groupe de travail dans le cadre d'un nouveau programme européen sur le radon (RADPAR), étudiant notamment l'impact de la conception des Bâtiments à Basse Consommation d'énergie sur l'exposition au radon dans les environnements intérieurs. Le CSTB s'intéresse en priorité à la recherche, l'amélioration et la mise au point de solutions concrètes à apporter dans les bâtis neufs ou anciens pour limiter la concentration de ce gaz. Par exemple, s'assurer de l'étanchéité de la dalle en contact avec le sol ou installer une ventilation adaptée. Le CSTB s'est également impliqué dans la diffusion d'informations en région auprès des acteurs de la construction en partenariat avec les ministères concernés et la Fédération Française du Bâtiment (FFB). Le CSTB a également lancé de récents travaux de recherche visant à améliorer les outils de gestion permettant d'évaluer l'impact des pollutions gazeuses venant du sol sur la qualité d'air intérieure.

Maîtriser la qualité microbiologique des espaces clos

Les bio-contaminants se dispersent dans l'environnement immédiat et empruntent éventuellement le système de ventilation pour se disséminer à grande échelle. Le CSTB mène depuis plusieurs années des recherches pour améliorer l'hygiène des espaces clos et prévenir les risques sanitaires d'origine microbiologique associés aux bâtiments. Point de départ de cette recherche : le développement de la connaissance de l'exposition des personnes aux bio-contaminants de l'air. Au programme : métrologie, inventaire, occurrence, déterminant des émissions et mise en œuvre d'outils opérationnels dédiés à la maîtrise de la qualité microbiologique de l'air des espaces clos. L'objectif est de comprendre les facteurs (biotiques et abiotiques) de l'environnement impliqués dans la dissémination, le transfert et la survie des microorganismes aéroportés dans les espaces clos.

Principes et systèmes de décontamination

Les principaux concepts développés par les industriels et présents sur le marché pour améliorer la qualité microbiologique de l'air sont étudiés. Procédés physiques, chimiques voire biologiques : filtration, précipitation électrostatique, ionisation et plasma froid, rayonnements, photocatalyse, ozone, bioprocédés, huiles essentielles.

Evaluation du rendement des dispositifs de décontamination

Les industriels développent et commercialisent des dispositifs autonomes ou centralisés d'épuration d'air intérieur. Mais quelle est leur efficacité ? Leur utilisation est-elle d'ailleurs sans conséquence sur l'environnement ? Aujourd'hui, faute de méthodologie adaptée à la manipulation et à la génération contrôlée des principaux polluants représentatifs des environnements intérieurs (composés chimiques [COV, formaldéhyde...], particules y compris ultrafines et aérosols biologiques), les performances de ces systèmes ne sont généralement pas renseignées ou de façon impropre. Par ailleurs, l'innocuité de ces systèmes reste à démontrer. Des effets directs ou indirects peuvent se produire et des sous-produits réactionnels apparaître.

Deux bancs d'essai ont été développés, en collaboration avec CIAT, pour caractériser les systèmes épurateurs : en premier lieu, le banc "one-pass", veine aéraulique pour étudier l'efficacité des systèmes centralisés de traitement microbiologique de l'air. Un cocktail de polluants représentatifs de la "pollution intérieure" est injecté dans la veine. Le système épuratoire, souvent un simple filtre, doit faire son œuvre. Le rendement est estimé par des mesures du bioérosol circulant dans la veine d'essais en amont et aval de l'épurateur. Les différents paramètres pouvant influencer les performances des équipements testés sont étudiés en considérant les facteurs inhérents à l'environnement de test et les variables liées au dispositif de purification. Les dispositifs sont évalués à l'état neuf mais également après 300 heures de fonctionnement et avec un encrassement maîtrisé par un aérosol de poussières calibrées. Cet essai est indispensable pour mimer une utilisation plus réaliste des dispositifs. Dans un premier temps, on vérifie que le système ne dégrade pas la qualité de l'air intérieur puis qu'il atteint les propriétés escomptées. Les essais ont lieu, soit en milieu contrôlé, comme dans la veine "one-pass", puis si les premiers essais sont concluants en environnement réaliste, comme dans ASTERIA, le second banc d'essai réalisé en collaboration avec CIAT.

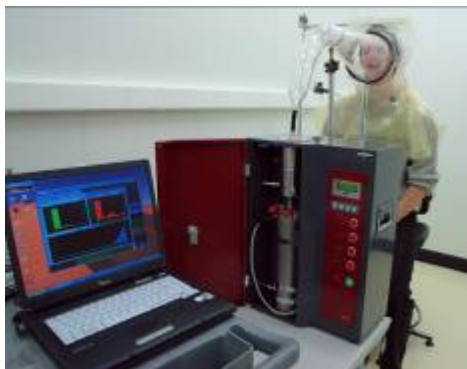
Etudes en vraie grandeur : ASTERIA, en partenariat avec CIAT



Les produits testés dans cet environnement ont déjà montré leur efficacité en termes de "rendement" épuratoire. L'approche *in situ* permet de simuler une ambiance de bureau selon toutes les configurations de ventilation : naturelle, simple et double flux. Du haut de la plate-forme d'ASTERIA, un système de production de bioaérosol est injecté dans les circuits. Il simule la contamination (émissions rhinopharyngées). Dans le bureau récepteur, un mannequin, équipé de capteurs, mime l'exposition des individus aux aérosols. Les épurateurs sont évalués selon différentes localisations :

- Au sol, au plus proche de l'individu pour privilégier l'impact du système sur l'individu
- Dans une zone morte, définie comme la situation la moins efficace.

Virus respiratoire UVA (Unité de virologie appliquée)



Etude des moyens de lutte contre la contamination virale de l'air des bâtiments.

Comment gérer l'environnement pour éviter de contracter des maladies issues des contaminants présents dans l'air ? L'équipement UVA est l'une des réponses apportées par le CSTB. Cet équipement unique en France permet de manipuler des virus respiratoires pathogènes sous forme aéroportée, afin d'étudier la persistance du virus dans l'air en fonction des facteurs de l'environnement (humidité, température, rayonnements, polluants...). Il a pour objectifs de :

- Caractériser les émissions rhinopharyngées (taille, concentration et titre infectieux) pour repérer les plus infectieux : la transmission des infections est principalement interhumaine et peut s'effectuer par contact direct ou par le biais d'aérosols produits par la toux ou les éternuements d'une personne contenant des particules infectieuses. Pour estimer l'exposition des individus, il est important de connaître la taille de ces bioaérosols.
- Mesurer dans l'air les virus à l'origine de maladies respiratoires - comme la bronchiolite du nourrisson - pour évaluer leur résistance en développant des méthodologies de quantification de l'exposition aux virus respiratoires.
- Valider les concepts d'épuration des virus aéroportés grâce à la mise en œuvre d'une évaluation sanitaire de ces systèmes de décontamination de l'air intérieur permettant d'objectiver la pertinence de ces dispositifs sur les virus respiratoires mais également sur les polluants majeurs : moisissures et mycotoxines, bactéries et endotoxines, COV, odeurs, particules, allergènes. Cette évaluation sanitaire comporte également un volet dédié à la vérification de l'innocuité des procédés de décontamination employés.

Légionelles : de l'eau à l'air

Depuis 1997, les équipes de biologistes du CSTB consacrent en partie leurs recherches à une meilleure compréhension des modes de développement et de propagation de la légionelle, notamment dans les bâtiments.

Résistant à des températures allant jusqu'à 50°C, la légionelle aime l'eau tiède, stagnante de préférence... et devient dangereuse lorsqu'elle est aérosolisée.

Les tours aéroréfrigérées et les réseaux d'eau représentent leurs résidences préférées. Les légionelles sont des bactéries fréquentes dans l'environnement. Elles se montrent le plus souvent inoffensives. *Legionella pneumophila* est à l'origine de deux types de maladies observables chez l'homme : la fièvre de Pontiac, bénigne et de guérison spontanée, et la maladie des légionnaires, maladie à déclaration obligatoire pouvant se révéler mortelle. De 20 à 40 % des légionelles nosocomiales sont mortelles, de 10 à 15% des malades décèdent. En 2007, 1 428 cas ont été déclarés en France. Plusieurs facteurs entrent en jeu pour déclarer une maladie : la souche de la bactérie, sa virulence, sa concentration et l'état de santé de la personne contaminée. Conscient de cet enjeu, le CSTB s'est intéressé à son développement dans l'eau et à sa survie dans l'air. Objectif : mieux connaître la *Legionella pneumophila* pour la maîtriser et tester, d'après une méthode fiable et validée, les procédés développés par les industriels.



Pilote d'étude de l'écologie des légionelles

Ecologie des légionelles

La lutte contre la légionelle constitue une priorité gouvernementale. Elle est d'ailleurs inscrite dans le Plan National Santé Environnement (PNSE). Les "réservoirs" connus de cette bactérie sont les réseaux d'eau chaude et d'eau froide sanitaires, les tours aéroréfrigérantes ainsi que d'autres équipements. Mais 50 % des sources sont encore inconnues ! Le CSTB participe depuis 1997 à la mise en place d'une politique d'amélioration des réseaux d'eau, prenant en compte l'impact sanitaire. Ajouter du chlore ne suffit pas à éradiquer la légionelle. Les études réalisées ont montré que bon nombre d'installations étaient mal conçues, notamment en termes de calculs hydrauliques. La méconnaissance des nombreux paramètres hydrauliques, physicochimiques et microbiologiques favorisant la prolifération des organismes pathogènes et la dégradation des circuits intérieurs a incité le CSTB à mener des recherches sur la lutte contre leur prolifération dans les circuits d'eau. Travaux scientifiques en cours :

- Etude de l'écologie des légionelles et des flores associées dans les circuits d'eau,
- Conception hygiénique des circuits d'eau,
- Etude de l'efficacité des procédés de traitement de désinfection.

Persistance de l'aérosol de *Legionella* en laboratoire

Les recherches menées en laboratoire sur la *Legionella* visent à caractériser la dispersion des légionelles dans l'air. Cela implique la prise en compte des critères de survie des agents pathogènes dans l'air pour expliquer la dissémination des germes sur de vastes périmètres. L'air étant le vecteur exclusif de transmission de la légionelle chez l'homme, l'étude de la dispersion de la bactérie fait partie de programmes de recherche menés par le CSTB. Objectif : trouver le moyen de mesurer la concentration de l'agent pathogène dans les aérosols, afin de posséder une vision bien plus réaliste et bien plus fiable de l'exposition au risque encouru que celle obtenue par la simple détermination de la présence du germe dans les réservoirs hydriques. Un biocollecteur a été mis au point. Il permet de prélever *in situ* de gros volumes d'air et d'obtenir des informations davantage représentatives que celles accessibles par des protocoles. Les données issues de cette approche expérimentale peuvent être intégrées dans des modélisations de dispersion atmosphérique des légionelles, en tenant compte des principaux facteurs de létalité bactérienne : l'étape d'aérosolisation et l'exposition de l'aérosol aux différents facteurs de l'environnement. Sans oublier que certains autres paramètres, tels que l'âge et le type de souche de *Legionella pneumophila* influent également sur la survie de la bactérie.

Qualification des dispositifs de mesure des bioaérosols, Aérobiotest

Légionelloses, méningites, infections, allergies et toxi-infections liées aux moisissures... posent de manière aiguë la question de la dissémination des micro-organismes dans les locaux. Pour appréhender les effets sanitaires des microorganismes aéroportés chez les travailleurs ou le public, il est important d'évaluer la concentration et la composition de l'aérosol en microorganismes. Il existe de nombreux dispositifs commercialisés dans ce but mais la connaissance de leur efficacité est très incomplète. C'est pourquoi le CSTB a développé l'Aérobiotest. Avec un objectif : valider des outils d'alerte biologique ou d'étude de l'exposition aux aérosols microbiologiques. La définition des critères de performances biologiques des biocollecteurs et la standardisation de protocoles d'essais sont nécessaires pour harmoniser les méthodes d'étude des bioaérosols et améliorer les comparaisons entre études. L'efficacité biologique d'un échantillonneur peut être définie comme la capacité de ce dernier à préserver la viabilité des microorganismes qu'il collecte. L'utilisation d'aérosols expérimentaux est une approche de plus en plus privilégiée dans la littérature. Elle consiste à générer un aérosol dans le but d'évaluer les performances des appareils dans des conditions les plus stables et homogènes possibles.

Laboratoire mobile de microbiologie

Un camion laboratoire doté de tous les instruments de mesure est prêt à intervenir sur site à la moindre alerte de légionellose. L'équipe de microbiologistes se déplace à la demande des DDASS, des DRIRE ou des entreprises potentiellement impliquées dans une épidémie de légionelle. Un service encore unique en France. Cette nouvelle métrologie permet de détecter les légionelles par un échantillonnage de grand volume, directement dans le milieu aérien, ce qui apporte une information plus proche du mode de contamination de l'homme qui respire cette bactérie. Les prélèvements sont analysés au laboratoire. La technique employée permet de délivrer les résultats plus rapidement que par la méthode conventionnelle.



Unité mobile autonome pour collecter et analyser les légionelles aéroportées