



## LA QUALITÉ DE L'AIR À L'INTÉRIEUR DES BÂTIMENTS : EFFETS, CAUSES, PRÉVENTION ET GESTION DES POLLUTIONS

Synthèse des résultats de recherches menées  
dans le cadre du programme PRIMEQUAL

Pour faciliter la lecture, des index (de 1 à 9) renvoient aux intitulés complets de chacune des recherches réalisées, listés en dernière page.

## Des sources domestiques de pollution

### Le mobilier : une source d'émission en milieu scolaire → 1

Plusieurs études récentes, consacrées à la qualité de l'air intérieur des crèches ou des écoles maternelles, ont montré des niveaux de concentration en formaldéhyde et en toluène nettement plus importants dans l'air intérieur que dans l'air extérieur. L'analyse de la contribution, à cette pollution, de produits d'ameublement habituellement rencontrés en milieu scolaire (meubles de rangement, couchages, tables, chaises, tableaux muraux, éléments de motricité en mousse...) a permis de fournir les données d'émissions en **composés organiques volatils (COV)** et **formaldéhyde (HCHO)** pour une vingtaine de meubles complets et pour leurs composants.

De manière générale, les émissions des meubles étudiés se sont avérées relativement faibles : les 21 meubles obtiendraient même la classe d'émission la plus faible de l'étiquette «Émissions dans l'air intérieur», soit la classe A+ (voir encadré). Les meubles en plastique (couchettes, chaises, éléments de motricité) présentaient globalement des émissions de COV et de formaldéhyde inférieures à celles des meubles en bois, dont les principaux composés émis sont des aldéhydes (formaldéhyde, pentanal, hexanal, etc.) et des composés naturels du bois résineux.

D'autre part, conformément à ce qui a pu être observé dans d'autres études, les résultats ont confirmé que :

- la concentration en COVT (Composés Organiques Volatils Totaux) décroît de 40% dans les 14 premiers jours puis de 25% dans les 14 suivants ;
- la concentration en formaldéhyde décroît plus lentement pour représenter 75% du niveau initial après 14 jours et 68% après 28 jours.

#### Les COV

Les Composés Organiques Volatils, composés de carbone, d'oxygène et d'hydrogène, se trouvent facilement sous forme gazeuse dans l'atmosphère. Représentant différentes familles chimiques, les COV sont largement utilisés dans la fabrication de nombreux produits, matériaux d'aménagement et de décoration : peinture, vernis, colles, nettoyants, bois agglomérés, moquettes, tissus neufs... Ils sont également émis par le tabagisme et par les activités d'entretien et de bricolage. Leur point commun est de s'évaporer plus ou moins rapidement à la température ambiante et de se retrouver ainsi dans l'air. Les COV sont souvent plus nombreux et plus concentrés à l'intérieur qu'à l'extérieur compte tenu de la multiplicité des sources. Potentiellement dangereux pour la santé, ils sont à l'origine de plusieurs normes environnementales.

#### Le formaldéhyde

Le formaldéhyde ou «formol» (HCHO) est un gaz de la famille des aldéhydes. Le formaldéhyde est une substance retrouvée principalement dans les environnements intérieurs car les sources y sont multiples : produits de construction, ameublement, produits domestiques (produits nettoyants, peintures, vernis, colles, cosmétiques...), etc. Il est également émis naturellement lors de tout phénomène de combustion : feux, tabagisme, cuisson des aliments, chaudières, cheminées d'agrément, utilisation d'encens. Le formaldéhyde est également produit lors de réactions hétérogènes entre des composés présents dans l'atmosphère. La contribution de l'air extérieur est en général faible. Composé irritant pour le nez et les voies respiratoires, le formaldéhyde est classé depuis 2004 par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) comme «substance cancérigène avérée pour l'homme» (groupe I) sur la base des données observées sur les cancers du nasopharynx.

### En pratique : l'étiquetage des émissions en polluants volatils



La loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (dite loi «Grenelle I») prévoit dans son article 40 la mise en place d'un étiquetage obligatoire des émissions en polluants volatils des produits de grande consommation. Cette disposition nécessite des compléments de connaissance pour l'ameublement à cause des multiples combinaisons de matériaux et revêtements. Par ailleurs, le plan sur la Qualité de l'Air Intérieur du ministère en charge de l'écologie, diffusé en octobre 2013, prévoit une action relative à la recherche d'un accord volontaire avec les professionnels du meuble pour aller vers une meilleure information des émissions de polluants volatils du mobilier, avec une priorité sur les meubles pour enfants (action H).

Les travaux 1 réalisés semblent montrer que la grande majorité des facteurs d'émission des meubles complets sont inférieurs à la somme des émanations des éléments qui les composent. Cette observation aurait besoin d'être consolidée par des tests complémentaires sur d'autres typologies de meubles, mais, si elle était confirmée, un étiquetage du mobilier pourrait être proposé sur la base de la connaissance des émissions unitaires des différents composants des meubles.

Par ailleurs, un outil d'aide à la décision 1 permet désormais d'obtenir une estimation des émissions en formaldéhyde et en COVT (Composés Organiques Volatils Totaux) pour un meuble constitué de matériaux dont les émissions ont été mesurées (selon les normes ISO 16000).

## Produits ménagers : quand la propreté participe à la pollution → 2

Les produits ménagers constituent une source de polluants en air intérieur. L'exposition à ces polluants est d'autant plus importante qu'elle a lieu dans des milieux confinés, peu ventilés, où l'on passe beaucoup de temps. Une étude a permis d'identifier et de quantifier les composés volatils (COV et aldéhydes) et les particules, émis et formés lors d'actions dites domestiques, liées à l'emploi de produits ménagers et d'entretien, et ce, dans des conditions environnementales variées : température, humidité relative et taux de renouvellement d'air.

Pour tous les produits ménagers testés (une cinquantaine), une augmentation des concentrations dans l'air intérieur a été observée systématiquement pour les COV, et très fréquemment pour les aldéhydes. Il est intéressant de noter que le formaldéhyde a été retrouvé dans 91% des produits testés et le d-limonène dans 43% d'entre eux. De plus, certains produits ménagers produisent des **aérosols organiques secondaires**, certes relativement peu importants en masse (environ 20% de la masse totale de particules à laquelle les personnes utilisant ces produits sont exposées) mais présentant un grand nombre de particules de petite taille (inférieure à 100 nm) qui pourraient représenter de véritables enjeux sanitaires. Par ailleurs, la formation d'autres composés dont les effets sur la santé sont suspectés a été mise en évidence : méthyl glyoxal et le 4-oxopentanal, diacides carboxyliques (acide lévulinique et acide limonique), les dialdéhydes (limonaldéhyde)... Enfin, l'étude a mis en évidence la formation de produits secondaires tels que le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), composé aux effets sanitaires avérés et susceptible d'induire des phénomènes de réactivité de surface avec possible production d'acide nitreux (HONO).

## Formation de produits secondaires : le rôle des surfaces → 3

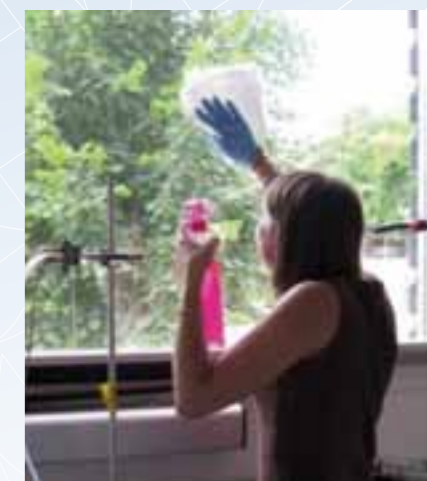
L'acide nitreux (HONO) est une espèce particulièrement importante en chimie atmosphérique car sa photolyse (décomposition par la lumière) est l'une des sources majeures des **radicaux hydroxyles (OH)** qui sont les principaux oxydants atmosphériques. À l'extérieur, le mécanisme de production de l'acide nitreux repose sur la réactivité hétérogène du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) sur les surfaces organiques. Dans les atmosphères intérieures, où les concentrations de NO<sub>2</sub> peuvent être équivalentes, voire même supérieures à celles mesurées à l'extérieur, les conditions sont particulièrement favorables à une production importante du fait de la quantité de surfaces disponibles. Ainsi, malgré la filtration de la lumière par les vitres, la photolyse de l'acide nitreux produit bien des radicaux hydroxyles OH dans les habitations.

Pour la première fois, des mesures *in situ* des concentrations de radicaux OH ont été réalisées dans une salle de classe en milieu urbain. Des pics de concentration en radicaux OH ont été mesurés ponctuellement à l'échelle d'une pièce, à des valeurs équivalentes aux teneurs en atmosphères urbaines, ce qui était supérieur aux prévisions des modèles. Ainsi, des réactions chimiques peuvent-elles modifier significativement la composition de l'air dans les atmosphères intérieures dès lors qu'une part significative de la pièce est irradiée par le soleil ? Des questions de recherche restent à approfondir avant de pouvoir répondre à cette interrogation (niveaux de concentrations moyens à l'échelle d'une pièce, sensibilité aux modifications d'ensoleillement, influence des vitrages filtrant les UV et des lumières artificielles...)

La prise en compte des phénomènes de formation de produits secondaires (aérosols formés à partir des émissions des produits ménagers 2, et radicaux hydroxyles OH issus de la photolyse de l'acide nitreux 3) est d'autant plus importante qu'elle se superpose aux émissions de polluants déjà présentes dans les environnements intérieurs.

### En pratique : une méthodologie et des données pour l'aide à la décision

Pour les produits ménagers, les travaux menés dans le cadre de PRIMEQUAL 2, ont permis non seulement d'établir une **méthodologie d'évaluation des émissions chimiques** des produits ménagers inspirée des normes ISO en vigueur pour les produits de construction, mais également de mettre à disposition de la communauté scientifique et des pouvoirs publics un nombre important de données d'émissions afin d'alimenter les **bases de données** existantes sur les produits de grande consommation, ou plus spécifiques aux produits ménagers, telle la base de données EPHECT (émissions, modèles d'exposition et effets sur la santé des produits de consommation au sein de l'Union européenne).



#### Les aérosols organiques secondaires

Il s'agit de la suspension de petites particules solides ou liquides dans l'air dont les origines et les propriétés sont variées. Les aérosols primaires sont directement émis dans l'atmosphère : poussières, cendres, suies... Les aérosols secondaires sont constitués de particules formées par des processus physicochimiques : sulfates, nitrates, COV... Ces particules fines ont des effets démontrés sur la santé humaine et sur le climat.

#### Les radicaux hydroxyles

Les radicaux OH sont des oxydants puissants qui interviennent, entre autres, dans de nombreux processus photochimiques atmosphériques. Ainsi, ils peuvent réagir avec les COV déjà présents pour former des produits secondaires, potentiellement plus toxiques que les COV initialement présents.

# Métrologie : mesurer pour agir

## Bientôt un analyseur portable de formaldéhyde → 4

Le formaldéhyde (HCHO) est l'un des polluants les plus fréquents de l'air intérieur, avec des concentrations 2 à 15 fois plus élevées qu'à l'extérieur. Il est même classé parmi les **7 substances hautement prioritaires (groupe A)** par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) depuis 2005. Des réglementations se mettent en place sur les émissions de formaldéhyde provenant des matériaux de construction (étiquetage obligatoire depuis 2011) et sur les concentrations dans les établissements recevant du public tels que les écoles et les crèches (surveillance obligatoire d'ici 2015).

C'est pour répondre à ces nouveaux besoins normatifs qu'une équipe de chercheurs a mis au point un outil performant de mesure des concentrations dans l'air et des taux d'émissions des matériaux. Deux prototypes transportables (de la taille d'une imprimante) ont ainsi été construits. Reposant sur une méthode brevetée à l'international par le CNRS, et autorisant des mesures en continu, cet analyseur vise une industrialisation rapide grâce à ses qualités : fiable, bon marché, léger et peu volumineux afin d'être facilement utilisé sur le terrain. En pratique, la mesure s'effectue en trois étapes : après avoir piégé le formaldéhyde gazeux en solution, il le fait réagir avec du fluor-al-P et analyse le produit de la réaction par spectroscopie de fluorescence.



Prototype de 2<sup>e</sup> génération de l'analyseur. Le prototype est transportable (environ 8 kg) et mesure 28,5 x 23 x 38 cm (à peu près la taille d'une imprimante).

Ces avancées technologiques ont permis la création d'une start-up qui développera et commercialisera un microanalyseur de formaldéhyde breveté, plus autonome et plus réactif que les prototypes déjà en cours de finalisation.

## Une méthode de prélèvement et d'analyse des poussières domestiques → 5

Les **Composés Organiques Semi-Volatils (COSV)** présents dans les logements français proviennent de nombreux produits de consommation et matériaux présents dans l'environnement intérieur (plastifiants, retardateurs de flamme, pesticides, parfums, etc.). Ils sont suspectés d'avoir des effets néfastes sur la santé (cancérogénicité, reprotoxicité, perturbation endocrinienne...).

Pour répondre à cet enjeu, de récents travaux ont porté sur le développement d'une méthode de prélèvement et d'analyse des COSV présents dans les poussières domestiques. Une cinquantaine de COSV ont été sélectionnés après une hiérarchisation sur la base des données de contamination issues de la littérature et de valeurs toxicologiques de référence. La méthode d'analyse développée, appliquée à des prélèvements réels (dans des sacs d'aspirateurs ou sur des lingettes) comprend une extraction par solvant à haute température et à haute pression ou aux ultrasons, puis une injection et séparation chromatographique en phase gazeuse, suivie d'une détection par spectrométrie de masse en tandem.

Ce processus de mesure ayant été validé (après évaluation selon les normes NF T 90-210 et XP T 90-220), la communauté dispose désormais d'une méthode multi-résidus pour l'analyse de COSV qui présente l'avantage de prendre en compte de nombreux composés pouvant avoir des effets toxiques communs, sans pour autant multiplier les coûts d'analyses.

## Les substances classées hautement prioritaires (Groupe A) par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) en 2010

### Dans les logements

- formaldéhyde ;
- benzène ;
- monoxyde de carbone ;
- di-2-éthylhexylphtalate (DEHP) ;
- acroléine ;
- plomb ;
- acétaldéhyde ;
- PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> ;
- cadmium ;
- arsenic ;
- benzo[a]pyrène ;
- benzo[a]anthracène ;
- 1,4-dichlorobenzène et chloroforme.

### Dans les écoles

- formaldéhyde ;
- benzène ;
- acétaldéhyde ;
- PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> ;
- chrome.

### Dans les bureaux

- benzène ;
- PM<sub>2,5</sub> ;
- mélange de PCB ;
- éthylbenzène ;
- formaldéhyde.

## COSV

Les Composés Organiques Semi-Volatils sont des composés moins volatils que les COV, présents à la fois dans l'air (sous forme gazeuse et particulaire) et dans les poussières déposées. On retrouve parmi eux les phtalates, les retardateurs de flamme bromés, les pesticides...

### En pratique :

L'équipe de recherche <sup>5</sup> a évalué l'influence des conditions de stockage sur la conservation des prélèvements par aspirateur et a démontré qu'un stockage en congélateur (-18°C) permet de conserver intactes les concentrations de COSV à mesurer.

# Étudier *in situ* pour comprendre

## Le combat contre la mérule → 6

La **contamination fongique** est un problème majeur et récurrent touchant non seulement les habitations, mais aussi les établissements patrimoniaux et les œuvres d'art, avec une variété très large d'espèces fongiques variant selon les pays. Depuis quelques années, le nombre d'habitations atteintes par des champignons dégradant le bois (lignivores) – tels que la mérule (*Serpula lacrymans*) – est en nette progression.

En raison du manque de connaissances concernant la nature et les effets sanitaires de la contamination fongique dans le milieu intérieur, une **étude pluridisciplinaire *in situ* a été conduite dans des maisons touchées par la mérule** pour décrire leur profil fongique détaillé, évaluer l'exposition des habitants aux **mycotoxines**, et caractériser les risques sanitaires toxiques.



Sporophores de mérule

Elle a montré que **les émissions de bioaérosols fongiques** (particules biologiques présentes dans l'air) **présentent des pics** : l'exposition des habitants serait donc « cyclique » et **dépendrait du stade de développement du champignon**. De plus, **un très grand nombre de moisissures différentes ont été détectées** (jusqu'à une quarantaine par maison). En revanche, et heureusement, **l'exposition aux mycotoxines dans les habitations atteintes par un champignon lignivore serait limitée et aucune activité mutagène n'a été mise en évidence** à partir des bioaérosols à ce jour.

Dans un seul cas, **une corrélation entre la présence d'espèces de moisissures associées à la mérule et des signes cliniques** (respiratoires et cutanés) a été observée chez deux enfants. Un suivi post-enquête a permis de constater que ces signes étaient en **nette régression après déménagement de la famille**.

## Des produits naturels pour lutter contre les contaminations microbiennes ? → 7

Il existe peu d'études relatives aux associations microbiennes et fongiques. Une équipe a donc choisi d'étudier et de comprendre la **dynamique de colonisation microbienne des supports** afin de proposer une stratégie destinée à **protéger les matériaux de la prolifération fongique**, allant jusqu'à la mise en œuvre d'un traitement, éventuellement naturel, adapté aux matériaux de construction et de décoration isolés dans des logements et/ou des sites patrimoniaux, ainsi que sur des **œuvres d'art**.

Les tests de prolifération microbienne sur différents supports (toile de verre, papier peint, lin, bois, plâtre...) ont montré que **l'ensemble de ces matériaux était propice à la croissance microbienne, en particulier la toile de verre**.

Différents biocides naturels ont été testés. Seuls l'huile essentielle de thym et l'extrait d'ail se sont révélés efficaces contre la prolifération fongique et bactérienne sur le bois.

### En pratique :

Pour lutter contre les champignons, l'apport d'un diagnostic précis des bâtiments, constitué d'un examen visuel ainsi que d'une analyse microscopique et moléculaire des échantillons prélevés, sera déterminant <sup>6</sup>.

D'autre part, la diversité microbienne abondante et variable constatée <sup>7</sup> rend indispensable le recours à un traitement préventif à spectre d'action large : par exemple, des mélanges d'huiles essentielles qui favorisent la synergie entre molécules actives.

## Contamination fongique : de plus en plus de moisissures ?

Depuis les années 70, la politique d'économie d'énergie a entraîné une réduction des débits d'air dans les bâtiments et augmenté le risque de condensation sur des surfaces sensibles au développement de micro-organismes. Cette évolution, associée à la généralisation des équipements ménagers générateurs de vapeur (lave-linge, sèche-linge...), a significativement augmenté l'humidité de l'air intérieur, propice à la prolifération de micro-organismes comme les moisissures. Selon l'OQAI, 15% des foyers présentent des contaminations fongiques visibles, des micro-organismes susceptibles d'induire chez les occupants diverses pathologies respiratoires comme des allergies, des infections ou des toxi-infections.

## Mycotoxines

Toxines, substances toxiques pour un ou plusieurs organismes vivants, élaborées par diverses espèces de champignons microscopiques telles que les moisissures.

## L'attaque des œuvres d'art

À l'origine de pathologies respiratoires comme des allergies, des infections ou des toxi-infections, les moisissures sont également capables de coloniser la plupart des matériaux dès l'instant où le micro-organisme dispose d'une quantité d'eau suffisante. Les œuvres d'art, telles que les peintures ou fresques, composées d'un matériau support (cellulose papier, toile, bois, soie tissée...) mais également de colles, glus, émulsifiants ou épaississants, autant de composés biodégradables par les micro-organismes, peuvent ainsi subir des dommages esthétiques irréversibles.

# Qualité de l'air et santé

## Allergies respiratoires : l'action des polluants à l'échelle cellulaire → 8

Les allergies respiratoires et l'asthme ont fortement augmenté dans les pays industrialisés au cours des dernières décennies et posent un problème majeur de santé publique. Si le lien avec des composés allergéniques est établi, de nombreux polluants non-allergéniques présents dans l'air intérieur sont pourtant susceptibles de favoriser l'installation, la progression et la gravité de ces maladies. Des chercheurs ont ainsi étudié non seulement l'impact de ces polluants pris individuellement, mais encore les conséquences d'expositions à leurs mélanges (première étude de ce type), sur les bronches, et plus particulièrement sur l'épithélium respiratoire.

Plusieurs polluants – le formaldéhyde (HCHO), le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et les endotoxines – ont été choisis pour évaluer leur effet aigu et répété, seul ou en mélange, mais également associés à des allergènes respiratoires comme les allergènes d'acariens, sur des marqueurs cellulaires et moléculaires liés aux différentes fonctions de défense de l'épithélium respiratoire.

Cette étude s'est notamment intéressée aux effets du formaldéhyde solubilisé sur ces marqueurs cellulaires et moléculaires. Pour une exposition unique, il semblerait que seule une durée d'exposition supérieure à plusieurs heures, à des concentrations en formaldéhyde bien au-delà des concentrations sanguines physiologiques de cet aldéhyde, soit susceptible d'induire des lésions de l'épithélium respiratoire.

Par ailleurs, les travaux conduits sur les polluants gazeux ont montré qu'une exposition unique aux concentrations typiques des pollutions de l'air intérieur n'a pas d'effet sur l'intégrité et les fonctions de barrière et d'immunorégulation des cellules de l'épithélium respiratoire.

En revanche, des expositions répétées, dès 30 minutes par jour pendant quelques jours, aux polluants gazeux (formaldéhyde et dioxyde d'azote) produisent des effets significatifs sur l'intégrité et la fonction d'immunorégulation de l'épithélium respiratoire.

Ces résultats n'excluent pas que le formaldéhyde et le dioxyde d'azote jouent un rôle dans les allergies respiratoires et l'asthme, aux concentrations classiquement mesurées en air intérieur.

### Épithélium respiratoire

L'épithélium est la première structure des voies respiratoires à entrer en contact avec les allergènes et les polluants atmosphériques. Or ce tissu cellulaire joue un rôle majeur dans la défense du poumon, en formant une barrière

imperméable, en assurant le piégeage et l'évacuation des toxiques inhalés, et en produisant des médiateurs impliqués dans la régulation de l'inflammation et de la réponse immunitaire ou encore la réparation tissulaire.

### En pratique : un système d'exposition de cellules en culture au HCHO et NO<sub>2</sub> gazeux

Les chercheurs <sup>8</sup> ont imaginé un dispositif innovant permettant :

- de générer des concentrations choisies, stables et reproductibles en mélange de HCHO et NO<sub>2</sub> ;
- d'alimenter une enceinte d'exposition avec le mélange gazeux ainsi généré pour y exposer des cellules en culture ;
- puis de mesurer, en temps réel, tout au long des expositions, les concentrations en HCHO et NO<sub>2</sub> effectivement présentes dans l'enceinte d'exposition.

Ce système pourra être utilisé pour des recherches ultérieures par exemple, pour dupliquer l'étude sur des cellules plus proches d'un épithélium d'asthmatique.

### Allergènes d'acariens

Fréquemment retrouvés en milieu intérieur, ce sont les débris d'acariens morts et leurs déjections qui provoquent des allergies. Ils constituent la première cause d'asthme allergique chez l'enfant et l'adulte.

## Crises sanitaires : les différentes composantes du syndrome des bâtiments malsains → 9

Bien que la connaissance de leurs causes reste floue, nombre de facteurs augmentant le risque de **syndrome des bâtiments malsains** (SBM) ont été identifiés dès les années 80 : le bâtiment lui-même, la qualité de l'air intérieur mais, également, les aspects humains.

Ainsi, après avoir étudié en détail, avec une approche systémique, plusieurs crises sanitaires suspectes et une abondante littérature scientifique sur le sujet, des chercheurs de plusieurs disciplines (qualité de l'air, psychologie sociale et environnementale...) ont conclu que **l'origine des SBM pourrait trouver une explication dans des dysfonctionnements environnementaux et organisationnels. Les erreurs et/ou l'absence de prise en charge adaptée dès le début de la crise auraient notamment des incidences psychosociales, rendant d'autant plus complexe la résolution des crises.**

Ainsi, **l'évolution de certains SBM serait fortement corrélée au processus de communication** mis en place. En revanche, si **le stress déclenché par la perception d'une information environnementale ou sanitaire** (odeur et/ou irritation) semble lié à un environnement social fragilisé par des tensions, **il n'est pas une cause de SBM.**

Enfin, **dans certains cas seulement, la perception de l'information environnementale** varie avec la représentation de l'environnement par les usagers des bâtiments concernés (exemple : seuls les occupants habituels d'un local trouvent son odeur désagréable et/ou dangereuse car ils connaissent en partie sa source ou sa composition). Il peut donc être utile d'explorer cette piste pour la résolution de SBM avérés.

### En pratique : des outils pour gérer les syndromes des bâtiments malsains

Une **méthode commune de retour d'expérience** (RETEX) sur les SBM a été développée <sup>9</sup> afin de mieux comparer et capitaliser les données recueillies sur le territoire. Cette formalisation d'un modèle d'évaluation et de gestion des SBM, aiderait notablement les différents acteurs en charge de la résolution de ces crises, notamment les pouvoirs publics.

Ce modèle, reposant sur 3 phases – origine de l'alerte, évaluation, gestion du SBM – met notamment en avant l'importance de **la communication qui a fortement déterminé l'évolution des crises étudiées**, notamment à travers le manque de transparence des organisations concernées, la diffusion d'informations erronées ou incomplètes, ou encore l'absence d'écoute et de prise en compte de plaintes. De même, **la rapidité de la réaction des acteurs concernés** est déterminante : il a par exemple été constaté que, plus le délai de déclaration du phénomène auprès de la DDASS (direction départementale des Affaires sanitaires et sociales) était long, plus la crise risquait de se prolonger dans le temps.

### Le syndrome des bâtiments malsains

L'OMS (Organisation mondiale de la santé) a précisé le concept en le définissant comme « une situation dans laquelle des individus, dans un bâtiment, souffrent de symptômes ou ne se sentent pas bien, sans raison apparente » ou encore « lorsque des individus dans un bâtiment développent, à une fréquence plus importante que prévue, un éventail de symptômes courants qui causent inconfort et sensation de mal-être ».

### Perception

Les chercheurs trouvent dans cette approche perceptive un moyen d'étudier la relation entre le confort, difficilement mesurable, et la santé. Considérée sur un continuum dans l'évaluation du bien-être par l'OMS, la distinction entre le confort et la santé ne fait pas l'unanimité des scientifiques : le confort est-il un indicateur de santé ? L'inconfort constitue-t-il un indicateur d'une situation sanitaire dégradée ?

Cette approche perceptive a également été traitée par les projets PRIMEQUAL de l'APR « Évaluation et perception de l'exposition à la pollution atmosphérique » dont les résultats sont disponibles sur le site : <http://www.primequal.fr>

# Pour actualiser vos connaissances sur la qualité de l'air, accédez à plus d'informations scientifiques sur le site du programme PRIMEQUAL : [www.primequal.fr](http://www.primequal.fr)

La qualité de l'air intérieur s'impose aujourd'hui comme une préoccupation importante pour les populations et les pouvoirs publics. C'est pourquoi le programme PRIMEQUAL a décidé de mobiliser les chercheurs sur cette question pour mieux la caractériser et la gérer. Les synthèses et rapports des projets de recherche sont téléchargeables sur [www.primequal.fr](http://www.primequal.fr), onglet « Projets », rubrique « Projets achevés ».

## Liste des recherches financées dans le cadre de l'appel à propositions de recherche sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments et des transports, présentées en 2013 lors du colloque de valorisation à La Rochelle.

- 1 «Émissions par les meubles destinés à la petite enfance : impact sur la qualité de l'air des crèches et premières réflexions quant à la mise en place d'une procédure d'étiquetage», pilotée par Marie-Lise ROUX, Institut Technologique FCBA, pôle Ameublement.
- 2 «Produits ménagers et qualité de l'air intérieur : émissions, réactivité et produits secondaires», co-pilotée par Mélanie NICOLAS, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Division Physicochimie – Sources et transfert de polluants, et Laura CHIAPPINI, Institut National de l'Environnement industriel et des Risques (INERIS), Direction des risques chroniques.
- 3 «Réactions chimiques sur les surfaces domestiques dans l'habitat : leur rôle dans la production d'acide nitreux», pilotée par Sasho GLIGOROVSKI, Laboratoire Chimie Provence (Université d'Aix-Marseille – CNRS - UMR 6264).
- 4 «Mesure du formaldéhyde dans l'air : développement d'un analyseur en continu, transportable et automatisé», pilotée par Stéphane LE CALVÉ, Institut de Chimie et Procédés pour l'Énergie, l'Environnement et la Santé (ICPEES), UMR 7515 (CNRS/UDS).
- 5 «Mesure des composés organiques semi-volatils dans les poussières sédimentées de l'habitat et conditions de conservation des échantillons avant analyse», pilotée par Philippe GLORENNEC, École des hautes études en santé publique (EHESP), Institut de Recherche sur la Santé, l'Environnement et le Travail (IRSET), UMR Inserm 1085.
- 6 «Habitations dégradées par la mэрule et les moisissures : évaluation de l'exposition fongique des occupants et impact sanitaire», pilotée par David GARON, équipe ToxEMAC - UFR des Sciences Pharmaceutiques (Université de Caen - Unité ABTE EA 4651).
- 7 «Étude et compréhension de la dynamique de colonisation microbienne des matériaux : vers l'élaboration de nouveaux traitements préventifs adaptés aux environnements intérieurs», pilotée par Stéphane Moularat, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Direction Santé Confort/ Agents Biologiques et Aérocontaminants.
- 8 «Le rôle des polluants en air intérieur dans la survenue et la sévérité des allergies respiratoires : développement d'un modèle cellulaire prédictif», pilotée par Françoise PONS, Laboratoire CАMB - Faculté de Pharmacie (UMR 7199 CNRS/Université de Strasbourg).
- 9 «Syndromes des bâtiments malsains : analyse des facteurs environnementaux et psychosociaux», pilotée par Dorothee MARCHAND, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Département Économie et Sciences Humaines.

PRIMEQUAL, programme de recherche interorganisme pour une meilleure qualité de l'air, est mis en œuvre par le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE) et par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME). Il vise à fournir les bases scientifiques et les outils nécessaires aux décideurs et aux gestionnaires de l'environnement pour surveiller et améliorer la qualité de l'air intérieur et extérieur afin de réduire les risques pour la santé et l'environnement. Il présente la particularité de réunir plusieurs disciplines scientifiques concernées par la pollution de l'air et ses impacts : sciences physiques (métrologie, chimie, aéraulique, météorologie...), sciences de la vie (biologie, toxicologie, épidémiologie, écologie...), mathématiques (modélisation, statistique...) et sciences sociales (économie, sociologie, psychologie de l'environnement...).

## Responsables du programme

### MEDDE

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

Commissariat Général au Développement durable  
Direction de la Recherche et de l'Innovation  
Service de la Recherche

[www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)  
[lionel.moulin@developpement-durable.gouv.fr](mailto:lionel.moulin@developpement-durable.gouv.fr)

### ADEME

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie  
Direction Villes et Territoires durables  
Service Évaluation de la Qualité de l'Air

[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)  
[nathalie.poisson@ademe.fr](mailto:nathalie.poisson@ademe.fr)

## Animation scientifique du programme

### INERIS

Institut National de l'Environnement industriel et des Risques

Direction des Risques Chroniques

[www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)  
[caroline.marchand@ineris.fr](mailto:caroline.marchand@ineris.fr)

Réf. ADEME 7885  
ISBN 978-2-35838-446-9



9 782358 384469