

- Campagne nationale « Logements »
de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur :
de la description de la pollution intérieure à sa compréhension
MANDIN C, DERBEZ M, LUCAS J-P, RAMALHO O,
GRÉGOIRE A, LETHROSNE M, RIBÉRON J, KIRCHNER S 389
Références 393

ENVIRONNEMENT INTÉRIEUR, QUALITÉ DE L'AIR ET SANTÉ

Campagne nationale « Logements » de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur : de la description de la pollution intérieure à sa compréhension

Corinne MANDIN*, Mickaël DERBEZ*, Jean-Paul LUCAS*, Olivier RAMALHO*,
Anthony GRÉGOIRE*, Murielle LETHROSNE*, Jacques RIBÉRON*, Séverine KIRCHNER*

Le réseau multidisciplinaire RSEIN, Recherche Santé Environnement Intérieur, rassemble depuis 2001 des experts français, chercheurs, métrologues, modélisateurs, épidémiologistes, médecins, évaluateurs de risque, dont les activités sont liées à la qualité de l'air intérieur. En partenariat étroit avec l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI), le réseau RSEIN assure une veille scientifique dans le domaine de l'environnement intérieur au sens large excepté le champ de l'hygiène industrielle et celui des rayonnements électromagnétiques. Le bulletin trimestriel *Info Santé Environnement Intérieur*, téléchargeable sur le site Internet du réseau <http://rsein.ineris.fr>, rassemble ces travaux de veille et fournit notamment les analyses de quelques-unes des publications scientifiques internationales considérées comme les plus importantes et/ou intéressantes parmi l'ensemble des articles répertoriés chaque trimestre. Les brèves synthèses du bulletin traitent indifféremment des substances, des micro-environnements et des effets sanitaires. Parallèlement à la publication du bulletin, la présente rubrique, financée par l'ADEME, a pour objectif d'apporter chaque trimestre un éclairage plus particulier sur un thème choisi par le comité de rédaction RSEIN en s'appuyant sur les données de la littérature publiées récemment. Au sein de cette rubrique, le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ou l'un de ses partenaires est chargé d'apporter des compléments sur le sujet traité, de rapporter les actualités de l'OQAI ou d'aborder des thèmes non couverts par la veille RSEIN.

Engagée en octobre 2003, la campagne nationale « Logements » de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI), menée sur un échantillon représentatif du parc des résidences principales de France continentale métropolitaine, s'est achevée début janvier 2006. Au total, 567 logements ont fait l'objet d'une investigation d'une semaine, lors de laquelle une trentaine de paramètres chimiques, biologiques et physiques ont été mesurés. Des données descriptives relatives au logement et au ménage ont été collectées par l'enquêteur, par le biais d'un questionnaire administré en face-à-face et par des carnets semainiers et journaliers. Les résultats de cette campagne fournissent le premier état de la pollution de l'air des logements en France [1]. Ils sont désormais largement utilisés, par les agences de sécurité sanitaire notamment, pour conduire des évaluations des

expositions et des risques pour la santé, positionner des concentrations mesurées, aider à la définition de valeurs de gestion... Les travaux d'exploitation des données acquises se poursuivent et concernent des thématiques variées.

Ventilation : état du parc et relation avec la pollution intérieure

Les travaux en cours sur la ventilation dans les logements visent à examiner les relations entre les niveaux de concentration de polluants mesurés et les informations liées à l'aération des logements, notamment les taux de renouvellement d'air. Auparavant, le rapport descriptif de la ventilation dans le parc de

* Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) – 84, avenue Jean-Jaurès – Champs-sur-Marne – 77447 Marne-la-Vallée Cedex 2 – corinne.mandin@cstb.fr

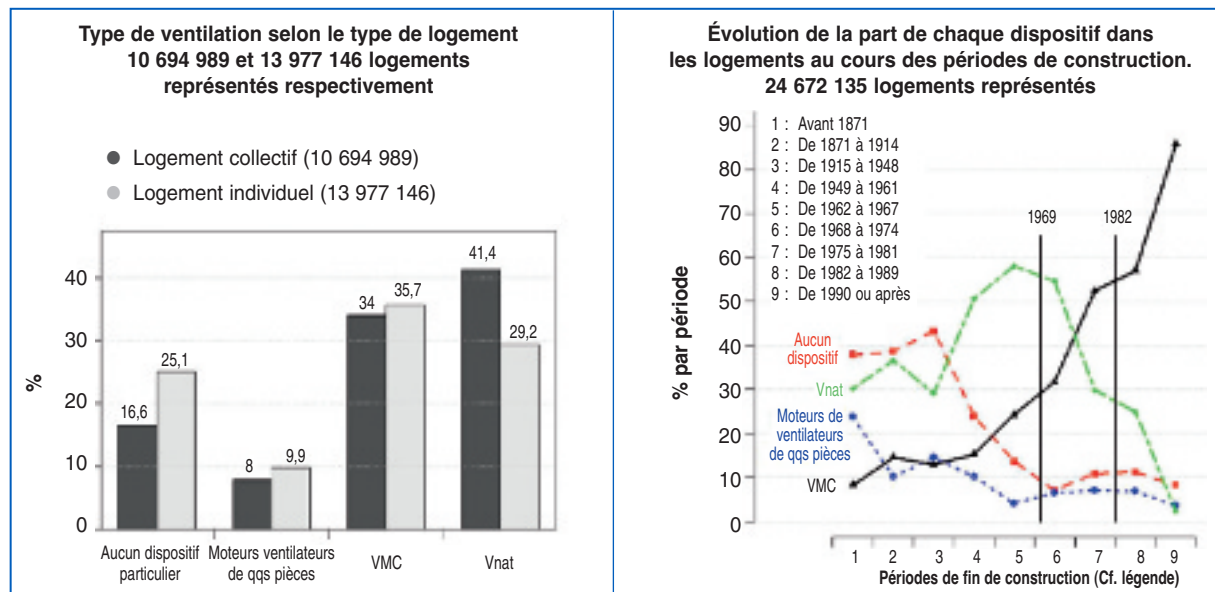


Figure 1. Quelques éléments descriptifs de la ventilation dans le parc de logements français. (VMC = ventilation mécanique contrôlée ; Vnat = ventilation naturelle).

logements français a été publié en août 2009 [2]. La part la plus ancienne du parc de logements, non soumise aux exigences réglementaires instaurant le principe de la ventilation générale et permanente, représente encore la moitié des constructions (des informations complémentaires sont présentées sur la Figure 1). Les logements plus récents montrent une moindre dispersion des débits de renouvellement d'air grâce aux systèmes mécanisés, mais ces derniers accusent fréquemment des dysfonctionnements, ce qui limite fortement leur fiabilité. Le comportement des occupants apparaît comme jouant un rôle déterminant dans l'aération des logements au travers de stratégies spontanées d'ouverture des fenêtres et des portes, y compris en période de chauffage.

En 2010, les travaux se poursuivent pour analyser le comportement de l'occupant vis-à-vis de l'aération et de la ventilation de son logement (étude des moteurs d'actions vis-à-vis de l'ouverture des portes et des fenêtres, des systèmes de ventilation...).

Temps passé dans les différentes pièces du logement et activités des occupants

Deux outils descriptifs des budgets espace-temps-activités (BETA) ont été utilisés dans le cadre de la campagne « Logements » : d'une part, des **semainiers** dans lesquels sont documentées les pièces fréquentées (ou l'extérieur) par pas de temps de 10 minutes tous les jours de la semaine, et d'autre part, des **cahiers journaliers** où sont consignés les pièces occupées, les activités qui y sont pratiquées (mention de l'utilisation de produits émissifs), la présence simultanée d'autres personnes et le comportement tabagique, par pas de temps de

10 minutes, un unique jour – tiré au sort – dans la semaine d'enquête. Les semainiers et les cahiers journaliers ont été remplis par chacun des occupants des logements enquêtés (soit 1 612 personnes dans les 567 logements de la campagne).

L'exploitation des semainiers a été réalisée par l'Institut de veille sanitaire [3]. Au total 1 375 cahiers semainiers ont renseigné 7 jours consécutifs de BET, ce qui correspond à 9 625 BET journaliers. Cette exploitation permet de disposer des temps moyens passés dans les différentes pièces du logement selon le sexe, l'âge, la région, la saison, le jour de la semaine (jour ouvré ou week-end), l'occupation professionnelle (étudiant, salarié, inactif, retraité). Un exemple de résultats est présenté sur la Figure 2. Les distributions des fractions de temps passé sont également disponibles pour les différents profils ; elles peuvent être utilisées à des fins de caractérisation des expositions de groupes de population.

En 2010, le travail se poursuit avec l'exploitation des cahiers journaliers.

Typologies et déterminants des niveaux de pollution intérieure

L'identification des déterminants de la pollution des logements est un élément essentiel pour la mise en œuvre des politiques publiques de réduction des risques pour la santé et pour l'élaboration d'éléments de communication à destination du grand public.

Différentes approches complémentaires sont engagées. La première consiste en l'élaboration de **typologies** : de la pollution intérieure, des bâtiments (type de logement, type de bâti, revêtements et aménagements intérieurs, ameublement, systèmes de

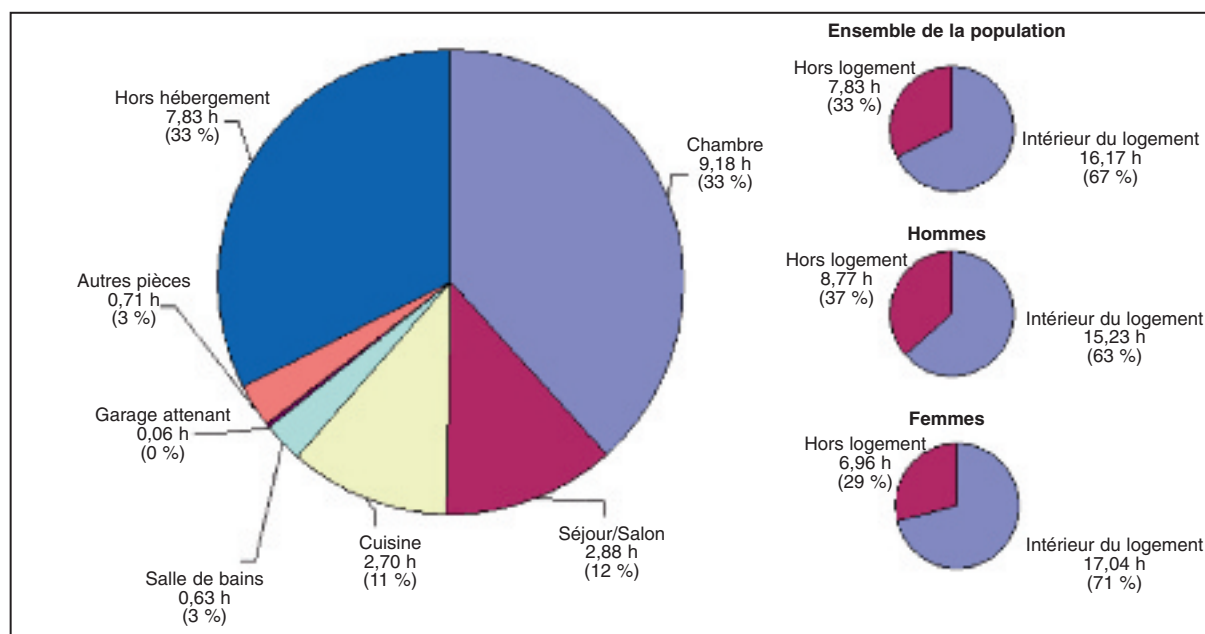


Figure 2. Répartition pondérée du temps passé dans chaque pièce du logement (en heures).

chauffage et de ventilation), des ménages (catégorie socioprofessionnelle, densité d'occupation, structure du ménage, niveau d'étude...) et des habitudes (relatives à l'entretien du logement, à la présence de plantes et d'animaux domestiques, aux loisirs, aux pratiques de cuisson, à l'utilisation de cosmétiques, de la voiture et/ou de désodorisants d'ambiance, et le fait de fumer ou non à l'intérieur du logement). La typologie de la pollution, réalisée en collaboration avec l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) [4] a permis d'établir quatre profils de logements au regard de leur pollution intérieure en COV et aldéhydes. Ainsi, 10 % des logements sont dits multipollués ; ils présentent simultanément sept composés à de très fortes concentrations (concentration médiane respective 2 à 20 fois supérieure à celle de l'échantillon total). 24 % des logements sont dits monopollués, à savoir associés à de très fortes concentrations pour un composé seulement (niveau médian de 5 à 400 fois supérieur à celui de l'échantillon total). Il s'agit, selon les logements, des polluants suivants : 1,4-dichlorobenzène, n-undécane, styrène, 1-méthoxy-2-propanol, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, 2-butoxyéthanol ou formaldéhyde. Les niveaux de concentration sont comparables à ceux de l'échantillon complet pour les autres composés. 27 % des logements montrent des concentrations médianes de 1,5 à 2,5 fois supérieures à la valeur médiane de l'échantillon total pour quatre à sept composés simultanément. Enfin, 40 % des logements présentent des concentrations inférieures ou égales aux niveaux médians de l'échantillon total pour quasiment l'ensemble des composés ; ils sont considérés comme faiblement pollués.

Les autres typologies sont en cours de définition en partenariat avec le LOCEAN (Laboratoire d'océanographie et du climat, expérimentation et approches numériques, Université Pierre et Marie Curie). Au final, ces quatre typologies (pollution, bâtiments, ménages et habitudes) seront croisées au moyen d'analyses statistiques multidimensionnelles pour identifier les situations conduisant aux différentes configurations de pollution du logement. Ce travail aboutira fin 2010 et permettra la détermination des situations les plus à risque, pour lesquelles des actions de gestion pourraient être à engager.

La deuxième approche, plus classique, consiste à s'intéresser à chacun des **polluants individuellement** et à identifier les paramètres qui en expliquent les concentrations intérieures plus ou moins élevées. Cet exercice s'avère parfois complexe pour des composés multisources, comme le formaldéhyde par exemple. Les travaux en cours portent notamment sur les composés organiques volatils et les particules fines (diamètre supérieur à 0,3 µm) et ultrafines (diamètre compris entre 10 nm et 1 µm). Les particules fines ont été mesurées au moyen d'un compteur optique dans le séjour de 20 logements, toutes les minutes durant une semaine ; les particules ultrafines ont été mesurées au moyen d'un compteur à noyaux de condensation dans le séjour de 11 logements, uniquement la première soirée de la semaine d'enquête. Restreintes à des sous-échantillons de logements, ces mesures n'en demeurent pas moins tout à fait utiles et importantes compte tenu du peu de données disponibles à ce jour pour ces fractions granulométriques dans l'environnement intérieur.

La troisième et dernière des approches s'intéresse aux **produits, équipements et systèmes**

comme axes d'entrée de l'analyse, afin d'évaluer leur impact potentiel sur la qualité de l'air intérieur. Des analyses statistiques bivariées, puis multivariées sont mises en œuvre.

Relation entre pollution intérieure dans les logements et effets sur la santé des occupants

Des indicateurs de santé respiratoire et allergique ont été recueillis chez les occupants âgés de plus de 15 ans dans les 567 logements de la campagne, en collaboration avec l'INSERM (Institut national de la santé et de la recherche médicale). L'auto-questionnaire standardisé, basé sur les questions de l'étude européenne de référence ECRHS (*European Community Respiratory Health Survey*) et le SFAR (*Score For Allergic Rhinitis*), portait sur la santé respiratoire (gêne, essoufflement, toux, crachats, asthme), la conjonctivite, la rhinite et l'eczéma. L'analyse des relations entre ces indicateurs de santé et les concentrations intérieures a été conduite par l'INSERM.

Après une analyse descriptive, les COV et aldéhydes, le sexe, l'âge, le statut tabagique, le niveau d'étude et la saison ont été testés en analyse univariée, puis multivariée, pour étudier leur association avec l'asthme et la rhinite. Des modèles marginaux ont été utilisés afin de tenir compte de la non indépendance des données entre individus d'un même foyer. Les paramètres des modèles ont été obtenus par équations estimantes généralisées avec structure de corrélation échangeable. Les premiers résultats montrent que l'asthme et la rhinite sont associés positivement à l'exposition aux polluants intérieurs que sont les COV (considérés dans leur globalité) [5]. Ces composés sont des irritants, pouvant agir comme co-facteurs de la sensibilisation et abaissant le seuil de déclenchement de la réaction allergique.

L'examen des relations entre les indicateurs de santé allergique et respiratoire et la typologie de la pollution des logements se poursuit dans le programme 2009-2010.

Dimension socio-économique de la pollution intérieure

L'augmentation récurrente du prix de l'énergie affecte tout particulièrement le budget des ménages, mettant en difficulté certaines catégories socio-économiques qui ne peuvent plus assurer le chauffage de leur logement. Ce concept de « *fuel poverty* » est né en Grande-Bretagne à la fin des années 1970, suite au constat qu'un grand nombre de personnes éprouvaient des difficultés à régler leurs factures de chauffage en raison de leurs faibles ressources et que le coût élevé de l'énergie risquait de les mener à la pauvreté. La précarité énergétique

se définit donc comme le fait de ne pas avoir les moyens de se chauffer correctement pour un coût raisonnable.

L'objectif de ce travail est de valoriser les données collectées dans la campagne « Logements » pour en extraire des informations relatives à la précarité énergétique en termes de qualification et de quantification du phénomène d'un point de vue du bâti et de ses conséquences sanitaires. Une variable définissant la précarité énergétique a été préalablement créée à partir du niveau de vie (ressource/unité de consommation) et d'un indicateur quantifiant la difficulté ou la facilité à conserver une température de chauffage adéquate [6]. Ensuite, sur la base d'outils statistiques, notamment de l'approche PLS (*Partial Least Squares Path Modelling*), des profils de ménages en situation de précarité énergétique potentielle ont été établis.

En 2010, les travaux se poursuivent pour étudier de façon plus approfondie les liens éventuels entre les inégalités sociales et la qualité de l'air des logements.

L'air extérieur joue-t-il un rôle dans la pollution intérieure des logements ?

La contribution de l'air extérieur à la pollution de l'air dans les logements est étudiée dans le cadre d'une action menée par l'INERIS en 2009-2010. Le travail consiste tout d'abord en la spatialisation des données de la qualité de l'air des logements investigués dans la campagne nationale « Logements », puis en la mise en relation des situations de pollution avec les niveaux ambiants à l'extérieur mesurés aux abords des logements lors de la campagne ou obtenus par les stations de surveillance de la qualité de l'air pendant la même semaine ou encore provenant de simulations issues du modèle CHIMERE France. Les informations descriptives sur les situations de pollution de proximité (rue à fort trafic, site industriel...) obtenues *via* les questionnaires lors de la campagne ou issues d'inventaires d'émission ou d'autres bases de données (CORINE Land Cover, par exemple) seront également utilisées.

L'OQAI poursuit donc activement l'exploitation des nombreuses informations acquises lors de la campagne nationale « Logements ». Au sein de son programme « Logements », il s'engage également en 2009-2010 dans l'étude de la qualité de l'air dans les logements à basse consommation énergétique. En effet, dans le contexte de la généralisation des bâtiments basse consommation (BBC) et du développement des bâtiments à énergie passive (BEPAS) ou à énergie positive (BEPOS), impulsés par le Grenelle de l'environnement, l'OQAI a débuté une étude exploratoire d'évaluation de la qualité de l'air intérieur, du confort des occupants et des consommations énergétiques réelles des bâtiments performants en énergie. Les suivis expérimentaux ont lieu dans moins d'une dizaine d'habitations labellisées BBC-Effinergie, Passivhaus, Minergie ou ayant des « critères Passivhaus et HQE ». Pour chaque maison

et s'agissant de la qualité de l'air intérieur, une phase d'expérimentation préliminaire à l'achèvement de la construction et avant l'arrivée des occupants est prévue ; puis deux phases d'expérimentation, d'une semaine chacune, sont planifiées en période estivale et en période hivernale. Par ailleurs, les consommations énergétiques sont suivies pendant un an. Ainsi, à l'heure où les enjeux du bâtiment s'inscrivent dans un mouvement largement piloté par les problématiques d'économie d'énergie et de développement durable, l'OQAI s'ouvre dans le même temps aux problématiques connexes, indissociables de la qualité de l'air intérieur, telles que le confort et le bien-être des occupants dans les bâtiments performants en énergie.

Pour terminer, on peut signaler que, depuis la réalisation de la campagne « Logements », l'OQAI a étendu ses travaux aux lieux de vie accueillant des enfants et qu'il a élargi en 2009 son champ d'actions aux bâtiments à usage de bureaux pour la préparation d'une campagne nationale. Parallèlement, la définition d'indices de qualité d'air intérieur se met en place, avec à ce jour la mise à disposition d'indices de confinement et de contamination fongique. Enfin, l'OQAI poursuit son travail de valorisation des connaissances et conforte son positionnement international par ses projets d'intégration de plusieurs consortiums européens pour mener de concert des projets sur l'air intérieur dans les écoles et dans les immeubles de bureaux.

Créé en 2001 par les pouvoirs publics et reconnu action prioritaire des premier et second plans nationaux Santé Environnement, l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) vise à mettre en place un dispositif de collecte de données sur les polluants présents dans les atmosphères intérieures des différents lieux de vie (logements, écoles, bureaux, lieux de loisirs...), dans le but de fournir aux gestionnaires de risques les éléments directement utiles à l'élaboration de politiques publiques permettant de prévenir ou limiter les risques liés à la pollution de l'air dans les espaces clos. Les résultats des travaux de l'OQAI sont mis à disposition du public et des professionnels concernés pour aider à une meilleure compréhension de cette problématique et contribuer, par l'implication de tous, à l'amélioration de la qualité de l'air intérieur.

L'OQAI est placé sous la tutelle des ministères en charge de la Construction, du Logement, de l'Écologie et de la Santé avec le concours du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), opérateur du programme d'actions, de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) et de l'Agence nationale de l'habitat (ANAH). Trois instances garantissent la déontologie des actions, la qualité scientifique et le lien avec les acteurs du bâtiment et de la santé : un conseil de surveillance, un conseil scientifique et un comité consultatif.

Contact : observatoire@air-interieur.org

Site Internet : <http://www.air-interieur.org>

Références

- [1] Kirchner S, Arènes J-F, Cochet C, Derbez M *et al.* État de la qualité de l'air dans les logements français. *Environnement, Risques & Santé* 2007 ; 6 (4) : 259-69.
- [2] Lucas J-P, Ramalho O, Kirchner S, Ribéron J. État de la ventilation dans le parc de logements français. Référence DESE/SB – 2009-037, Juin 2009.
http://www.air-interieur.org/userdata/documents/272_Etat_de_ventilation_2009_037.pdf
- [3] Zeghnoun A, Dor F. Description du budget espace-temps et estimation de l'exposition de la population française dans son logement. *Institut de veille sanitaire*. Septembre 2009.
- [4] Duboudin C. Pollution inside the home: descriptive analyses, Part II: Identification of groups of homogeneous homes in terms of pollution. *Environnement, Risques & Santé* ; sous presse.
- [5] Gay E, Kirchner S, Leynaert B, Annesi-Maesano I. Pollution intérieure et santé respiratoire : résultats de la campagne nationale de l'OQAI. Actes des 2^{es} journées RSEIN/OQAI, La Rochelle, 7 et 8 juin 2007, téléchargeables sur le site web du réseau RSEIN.
http://rsein.ineris.fr/actualite/actu_pdf/colloque2007/Resumes.pdf
- [6] Lucas J-P, Devalière I. Étude de la précarité énergétique potentielle à partir des données de l'OQAI. Colloque POLLUTEC 2008 « Comment concilier énergie, qualité d'air intérieur et santé ? ». Résumé et support Power Point téléchargeables sur le site web de l'OQAI : <http://www.air-interieur.org>

