



Observatoire de la qualité de
l'air intérieur

OBSERVATOIRE DE LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR

Campagne nationale Logements

**Etat de la qualité de l'air dans
les logements français**

Rapport final

DDD/SB – 2006-57

NOVEMBRE 2006
mise à jour mai 2007

OBSERVATOIRE DE LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR
CAMPAGNE NATIONALE LOGEMENTS :
ETAT DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LES LOGEMENTS FRANÇAIS
RAPPORT FINAL

OBSERVATORY ON INDOOR AIR QUALITY
NATIONAL SURVEY :
INDOOR AIR QUALITY IN FRENCH DWELLINGS

Séverine KIRCHNER¹
Jean-François ARENES¹
Christian COCHET¹
Mickael DERBEZ¹
Cédric DUBOUDIN²
Patrick ELIAS¹
Anthony GREGOIRE¹
Béatrice JÉDOR¹
Jean-Paul LUCAS¹
Nathalie PASQUIER¹
Michèle PIGNERET¹
Olivier RAMALHO¹

¹ Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

² Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail

CSTB
Département Développement Durable
Division Santé
Tél. : 01 64 68 88 49 – Fax : 01 64 68 88 23

L' Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), présidé par Madame Andrée Buchmann, est placé sous la tutelle des Ministères en charge de la Construction, de la Santé, de l'Ecologie avec le concours du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET) et de l'Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat (ANAH).

Les travaux de l'OQAI sont validés par un Conseil Scientifique, qui a été présidé successivement par le Professeur Bernard Festy puis par Monsieur Yvon Le Moullec.

La mise en œuvre opérationnelle de l'OQAI et sa coordination scientifique sont effectuées par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB).

Pour la campagne concernant la qualité de l'air dans les logements :

Les **financements** ont été apportés par le Ministère en charge de la Construction, le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), l'ADEME, le Ministère en charge de la Santé, le Ministère en charge de la Recherche, l'ANAH et l'Institut de Veille Sanitaire (InVS).

Une centaine d'experts appartenant à près de 50 organismes et répartie dans 25 groupes de travail a participé à l'élaboration de la campagne nationale et aux premières exploitations des données collectées : ADEME, AFSSET, AIR NORMAND, AIRPARIF, Association pour la prévention de la Atmosphérique (APPA), Atmo Auvergne, Centre d'Etudes sur les Réseaux de Transport et l'Urbanisme (CERTU), Centre d'Etude Technique de l'Equipeement (CETE) Lyon, Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermique (CETIAT), CHU Nancy – Centre Anti Poison, Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM), CNRS, Conseil régional Nord Pas de Calais, Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de Vie (CREDOC), CSTB, Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (CTBA), DDASS 13, DDASS 67, Direction Générale de la Santé (DGS), Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection (DGSNR), Ecole des Mines de Douai, EDF, Ecole Nationale de la Santé Publique (ENSP), Faculté de Pharmacie de Paris/Laboratoire d'Hygiène et de santé publique, Fondation Salvatore Maugeri, FRACTAL, GEOCIBLE, Groupe de Recherche sur l'Environnement et la Chimie Atmosphérique (Université Joseph Fourier) (GRECA), Hôpital Cochin, Hôpitaux Universitaires de Strasbourg HUS/Service de pneumologie, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS), Institut National de la Statistique et des Études Économiques (INSEE), Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM), Institut Gustave Roussy, InVS, Laboratoire d'Océanographie et du Climat Expérimentation et Approches Numériques (LOCEAN), Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), Laboratoire Central de la Préfecture de Police (LCP), Laboratoire d'Etude des Particules Inhalées (LEPI), Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris (LHVP), Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE), RATP, SNCF, Université de Bretagne Occidentale, Université de la Rochelle/LEPTAB, Ville de Lille/Service Santé et Environnement, Ville de Strasbourg/Service Hygiène et Santé, Vincent Nedellec Consultant (VNC).

Dix huit équipes de techniciens enquêteurs ont été mobilisées pour la mise en œuvre de la campagne nationale : ACOUSTB, APPA Comité Dauphiné Savoie, APPA Comité Marseille Provence, ASPA Association pour la Surveillance et l'Etude de la Atmosphérique en Alsace, ATMO Auvergne, Comité Départemental d'Habitat et d'Aménagement du Pas de Calais (CDHR 62), CSTB Grenoble, Sophia-Antipolis, Nantes et Champs-sur-Marne, LHVP, Association pour l'Amélioration, la Conservation et la Transformation des Logements (PACT) du Calvados, du Cher et de Paris, Réseau Santé Publique Midi Pyrénées (RSPMP), SOCOTEC 10, 75 et 92.

Cinq laboratoires ont pris en charge l'analyse des prélèvements effectués dans les logements : Laboratoire POLLEM du CSTB de Champs sur Marne, Hôpitaux Universitaires de Strasbourg/Service de pneumologie, Fondation Salvatore Maugeri (FSM) de Padoue (Italie), Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris (LHVP), Laboratoire DOSIRAD de Lognes.

Résumé

Instauré par les pouvoirs publics, l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) vise à mettre en place un dispositif permanent 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 des 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.

Après une phase pilote portant sur 90 logements, la campagne nationale dans les logements conduite par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur sur la période 2003-2005 autorise aujourd'hui à dresser un **premier état de la qualité de l'air intérieur représentatif de la situation des 24 millions de résidences principales en France métropolitaine continentale**.

Les paramètres ont été choisis en fonction de leur impact sur la qualité de l'air ou sur le confort, de leur dangerosité et de leur fréquence d'apparition : monoxyde de carbone, composés organiques volatils, particules, radon, allergènes de chiens, de chats, d'acariens, rayonnement gamma, dioxyde de carbone, température, humidité relative, débit d'air... Pour la plupart, ce sont des paramètres différents de ceux retenus habituellement pour caractériser la qualité de l'air extérieur car ils sont le reflet de la présence de multiples sources potentielles de pollution intérieure : matériaux, équipements, mobilier, produits ménagers, activité humaine, environnement extérieur, etc.

Des informations détaillées ont également été collectées sur les caractéristiques techniques des logements et leur environnement ainsi que sur les ménages, leurs activités et le temps passé au contact de la pollution. Ces données seront exploitées ultérieurement. Les données ont été recueillies dans **567 résidences principales** (1 612 individus enquêtés) réparties sur **50 départements** et **74 communes** de la France continentale métropolitaine, sur une durée d'une semaine, à l'intérieur des logements, dans les garages communiquant avec le logement (lorsqu'ils existaient) et à l'extérieur.

L'état de la qualité de l'air intérieur des logements s'exprime sous la forme de **distributions statistiques** montrant, pour chaque polluant ou paramètre de confort, la répartition des logements en fonction des concentrations ou niveaux mesurés (notamment concentrations médianes, principaux percentiles et concentrations maximales). Cet état de la qualité de l'air intérieur sera complété, début 2007, par les niveaux de contamination fongique et la présence d'humidité (données actuellement en cours de validation).

Les **points à souligner** sont les suivants :

Il existe une **spécificité de la qualité de l'air à l'intérieur des logements par rapport à l'extérieur** qui s'exprime en particulier par la présence de certaines substances non observées à l'extérieur ou par des concentrations nettement plus importantes à l'intérieur. Les polluants visés sont présents à des niveaux quantifiables dans la majorité des logements du parc. La répartition de la pollution chimique organique n'est pas homogène dans le parc. Seule une minorité de logement (9%) présente des concentrations très élevées pour plusieurs polluants simultanément ; à l'inverse 45% des logements présentent des niveaux de concentrations très faibles pour l'ensemble des polluants mesurés. Polluant par polluant, de 5 à 30% des logements présentent des valeurs nettement plus élevées que les concentrations trouvées en moyenne dans le parc.

❖ Composés chimiques :

Composés organiques volatils

- Les **composés organiques volatils** sont **détectés dans 2,3%** (2-butoxy-éthylacétate) à **100%** (acétaldéhyde, formaldéhyde, hexaldéhyde, toluène, m/p xylène) des logements selon les composés. 50% des logements montrent des concentrations inférieures à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'intérieur des logements. Plusieurs valeurs maximales dépassent $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voire $1\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (deux maxima sont supérieurs à $4\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Le pourcentage de logements français ayant des teneurs en **composés organiques volatils** (hors éthers de glycol) **plus élevées à l'intérieur du logement qu'à l'extérieur** varie entre **68,4 %** (trichloroéthylène) et **100%** (formaldéhyde et hexaldéhyde).
- Dans les **garages attenant et communiquant** avec les logements, les valeurs médianes de concentration (soit 50 % des situations) de plusieurs composés organiques volatils sont **supérieures à celles mesurées dans l'ensemble des logements**. Cela concerne en particulier le benzène ($4,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les garages comparé à $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les logements), le toluène ($110,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comparé à $12,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), l'éthylbenzène ($18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comparé à $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), les m/p-xylènes ($58,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comparé à $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$), les o-xylènes ($20,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comparé à $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), le n-décane ($10,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comparé à $5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), le n-undécane ($8,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comparé à $6,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), le 1,2,4 triméthylbenzène ($18,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comparé à $4,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et le styrène ($1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comparé à $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- L'analyse des différents **composés organiques volatils** montre des situations variées (voir tableaux synthétiques en fin de résumé) :
 - Les **aldéhydes** sont parmi les molécules **les plus fréquentes et les plus concentrées** dans les logements. Ainsi ces composés sont observés dans 99,4 à 100% des logements selon les composés, l'acétaldéhyde, le formaldéhyde et l'hexaldéhyde étant observés dans tous les logements. 50% des logements montrent des concentrations supérieures à des valeurs allant de $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (acroléine) à $19,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (formaldéhyde). 5% des logements ont des concentrations à l'intérieur des logements supérieures à des valeurs allant de $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (acroléine) à $50,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (hexaldéhyde). 95% des logements présentent des concentrations dans l'air extérieur inférieures à des valeurs allant de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (acroléine) à $3,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (formaldéhyde). Le formaldéhyde est le composé organique volatil le plus abondant en masse dans les logements.
 - Les **hydrocarbures sont fréquents** (détection dans 83 à 100% des logements selon les composés), deux d'entre eux (toluène et m/p xylène) étant observés dans tous les logements. 50% des logements montrent des concentrations supérieures à des valeurs allant de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (styrène et trichloroéthylène) à $12,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (toluène). 5% des logements ont des concentrations supérieures à des valeurs allant de $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (styrène) à $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1,4-dichlorobenzène). 95% des logements présentent des concentrations dans l'air extérieur inférieures à des valeurs allant de $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (styrène) à $12,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (toluène).
 - Les **éthers de glycols** sont relativement peu fréquents (détection dans 2,3 à 85% des logements selon les composés). Au moins 50% des logements présentent des concentrations inférieures aux limites de détection pour le 2-butoxyéthylacétate et le 1-méthoxy-2-propylacétate. 50% des logements ont des concentrations

intérieures supérieures à **1,6 µg/m³** pour le 2-butoxyéthanol et **1,9 µg/m³** pour le 1-méthoxy-2-propanol. 5% des logements présentent des valeurs s'étalant de la non détectabilité (2-butoxyéthylacétate) à 17,5 µg/m³ (1-méthoxy-2-propanol). Les concentrations dans l'air extérieur de tous les éthers de glycols mesurés sont inférieures soit à la limite de détection (2-butoxyéthylacétate et 1-méthoxy-2-propylacétate) soit à la limite de quantification (1-méthoxy-2-propanol et 2-butoxyéthanol) pour 95% des logements.

Monoxyde de carbone

- En grande majorité, les niveaux de **monoxyde de carbone** sont **voisins de zéro** dans les différentes pièces des logements. Quelques logements présentent des valeurs plus élevées selon les durées d'exposition prises en compte. Selon les pièces considérées, les maxima observés vont de 130 à 233 ppm sur 15 minutes, de 91 à 175 ppm sur 30 minutes, de 53 à 120 ppm sur 1 heure, de 31 à 43 ppm sur 8 heures ; les maxima les plus élevés sur 15 minutes, 30 minutes et 1 heure ont été mesurés dans les cuisines, salles de bains, WC et circulations intérieures des logements.

❖ **Polluants biologiques :**

- 50% des logements ont des teneurs en **allergènes de chats (*Fel d 1*) et de chiens (*Can f 1*) inférieures à la limite de quantification**. 5% des logements présentent des concentrations supérieures à 2,7 ng/m³ pour les allergènes de chats et supérieures à 1,6 ng/m³ pour les allergènes de chiens.
- En ce qui concerne les **allergènes d'acariens**, 50% des logements ont des teneurs supérieures à **1,6 et 2,2 µg/g** respectivement pour *Der p 1* et *Der f 1*. Les teneurs dépassent 83,6 µg/g pour *Der f 1* et 36,2 µg/g pour *Der p 1* dans 5% des logements.

❖ **Paramètres physiques :**

- 50% des logements ont des teneurs en **particules** supérieures à **19,1 µg/m³** pour les PM_{2,5} et à **31,3 µg/m³** pour les PM₁₀. 5% des logements présentent des concentrations supérieures à 133 µg/m³ pour les PM_{2,5} et à 182 µg/m³ pour les PM₁₀.
- 50% des logements présentent des teneurs en **radon** supérieures à **31 Bq/m³** dans les pièces de sommeil et supérieures à **33 Bq/m³** dans les autres pièces (avec ou sans correction des variations saisonnières). Dans 5% des logements, les concentrations en radon corrigées de l'effet saison dépassent 220 Bq/m³ dans les pièces de sommeil et 194 Bq/m³ dans les autres pièces (respectivement 225 et 214 Bq/m³ sans correction).
- Le **rayonnement gamma** est supérieur à **0,062 µSv/h** dans 50% des logements français et dépasse 0,1 µSv/h dans 5% des logements.

❖ **Paramètres de confort :**

- La **température** est supérieure à **21°C** dans 50% des logements français alors que 5% des logements ont une température supérieure à 25,5°C dans les pièces de sommeil et 24,8°C dans les autres pièces. L'amplitude des températures est la plus importante dans les pièces de sommeil (5,4°C – 29,5°C).
- L'**humidité relative** est supérieure à **49%** dans 50% des logements. Dans 5% des logements, l'humidité relative dépasse 63,1% dans les pièces de sommeil et 64,7% dans les autres pièces.

- 50% des logements ont des concentrations en **dioxyde de carbone dépassant 756 ppm** pour les valeurs moyennes sur la semaine, **1 689 ppm** en considérant le maximum des valeurs moyennes glissantes sur 1 heure et **1 161 ppm** pour les valeurs mesurées la nuit. Dans 5% des logements, la concentration moyenne sur la semaine en CO₂ est supérieure à 1 484 ppm, le maximum sur une heure dépasse 4 449 ppm et les valeurs maximales durant la nuit excèdent 3 175 ppm.

Cet état constitue la **première référence disponible sur la qualité de l'air intérieur du parc de logements en France** et ne peut être comparé à une situation antérieure du fait de sa primeur. Il montre néanmoins des niveaux similaires à ceux déjà mis en évidence par des études ponctuelles en France et dans des enquêtes internationales de grande envergure.

Hormis pour le radon et l'amiante (non mesurée dans cette étude), il n'existe pas encore de valeurs guides établies en France auxquelles comparer les concentrations mesurées dans les logements. Les rares recommandations comparables sur le même pas de temps de mesure, disponibles au niveau international ou à l'étranger peuvent parfois être dépassées dans des proportions variables de logements, en particulier : quelques pourcents pour le monoxyde de carbone, de quelques pourcents à près d'un quart pour le formaldéhyde¹, la moitié pour les allergènes d'acariens.

Les résultats de cette campagne sont actuellement exploités par les agences sanitaires et seront utilisés par les autorités pour mieux établir les risques sanitaires associés à la pollution de l'air intérieur et définir les éventuelles mesures à prendre pour la protection de la population.

Produits de construction et de décoration, d'ameublement, d'entretien, de bricolage, équipements de chauffage et de production d'eau chaude, présence humaine et activités associées liées aux besoins essentiels (cuisine, hygiène, lavage) ou autres (tabagisme, utilisation de bougies, d'encens), présence de plantes et d'animaux domestiques, air extérieur ..., sont autant de sources et vecteurs des pollutions observées. La ventilation est également un facteur essentiel déterminant la qualité de l'air. L'exploitation des données descriptives collectées parallèlement aux données de qualité d'air intérieur (en cours de validation actuellement) permettra d'accéder à une connaissance plus fine des contributions de ces différents facteurs et notamment de :

- faire un état descriptif du parc de logements et des comportements des ménages,
- rechercher de manière systématique les facteurs de pollution (sources de pollution, types d'habitat, conditions de ventilation, comportements, saisons, situation géographique, etc.) afin d'aider au choix des politiques à mettre en œuvre dans ce domaine,
- élaborer des typologies de logements et de comportements de ménage à risque de pollution,
- élaborer des indices de qualité d'air intérieur à des fins de communication et d'actions sur la qualité de l'air intérieur.

Mots clés : air intérieur, logements, polluants, campagne de mesure, COV, monoxyde de carbone, radon, rayonnement gamma, allergènes, dioxyde de carbone, particules, température, humidité relative, ventilation.

¹ En outre, pour le formaldéhyde, une étude européenne (Index, 2004) recommande l'application du principe « ALARA » (valeur aussi basse que raisonnablement possible).

ETAT DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LES RESIDENCES PRINCIPALES TABLEAUX SYNTHETIQUES

Composés chimiques :

- COV

	Lieu	% de données pondérées inférieures à la limite de détection	Médiane ² (µg/m ³)	95 ^{ème} percentile ³ (µg/m ³)	% ratios C _{int} /C _{ext} ⁴ ≥ 1
Acétaldéhyde	intérieur	0,0	11,6 [10,8-12,3]	30,0 [26,7-35,1]	99,6
	extérieur	1,1	1,3 [1,2-1,3]	3,0 [2,6-3,1]	
Acroléine	intérieur	0,6	1,1 [1,0-1,2]	3,4 [2,9-3,8]	98,1
	extérieur	18,1	< LQ (=0,3)	0,5 [0,4-0,6]	
Formaldéhyde	intérieur	0,0	19,6 [18,4-21,0]	46,6 [40,8-55,1]	100,0
	extérieur	0,5	1,9 [1,8-2,0]	3,6 [3,4-4,2]	
Hexaldéhyde	intérieur	0,0	13,6 [12,6-14,7]	50,1 [37,6-55,4]	100,0
	extérieur	18,6	0,5 [0,4-0,5]	1,4 [1,1-1,7]	
Benzène	intérieur	1,4	2,1 [1,9-2,2]	7,2 [6,3-9,4]	90,9
	extérieur	6,5	< LQ (=1,1)	2,9 [2,5-3,4]	
	garage	0,8	4,4 [3,5-6,4]	18,6 [12,6-21,6]	
1,4-dichlorobenzène	intérieur	1,9	4,2 [3,7-4,8]	150,0 [96,5-341,0]	95,6
	extérieur	5,7	1,8 [1,6-1,9]	4,3 [3,5-5,5]	
	garage	6,9	2,2 [1,8-2,5]	18,1 [8,0-40,0]	
Ethylbenzène	intérieur	0,3	2,3 [2,1-2,5]	15,0 [9,2-18,2]	95,5
	extérieur	6,2	1,0 [1,0-1,1]	2,6 [2,3-3,0]	
	garage	1,2	18,0 [13,9-26,4]	137,0 [109,0-155,0]	
n-Décane	intérieur	0,7	5,3 [4,8-6,2]	53,0 [38,6-83,9]	94,4
	extérieur	4,1	1,9 [1,8-2,1]	6,4 [5,3-9,8]	
	garage	0,0	10,8 [7,3-14,0]	213,0 [88,3-257,0]	
n-Undécane	intérieur	0,6	6,2 [5,6-7,1]	72,4 [45,2-93,2]	94,1
	extérieur	12,5	1,8 [1,6-2,0]	7,0 [5,5-9,5]	
	garage	1,0	8,6 [5,6-11,0]	106,0 [65,7-115,0]	
Styrène	intérieur	1,9	1,0 [0,9-1,0]	2,7 [2,2-3,1]	95,2
	extérieur	8,6	0,4 [0,3-0,4]	0,7 [0,7-0,8]	
	garage	2,8	1,2 [0,9-1,6]	9,3 [4,6-11,4]	
Tétrachloroéthylène	intérieur	15,7	1,4 [1,2-1,6]	7,3 [6,0-11,5]	77,1
	extérieur	21,4	< LQ (=1,2)	3,9 [2,7-4,3]	
	garage	41,0	< LQ (=1,2)	2,5 [1,5-4,9]	
Toluène	intérieur	0,0	12,2 [11,4-13,7]	82,9 [57,7-115,0]	96,2
	extérieur	0,5	3,5 [3,3-3,8]	12,9 [10,8-14,8]	
	garage	0,0	110,4 [67,6-157,0]	677,0 [426,0-789,0]	

² 50% des logements ont des teneurs inférieures à cette valeur ou 50% des logements ont des teneurs supérieures à cette valeur

³ 95% des logements ont des teneurs inférieures à cette valeur ou 5% des logements ont des teneurs supérieures à cette valeur

⁴ Ratio C_{int}/C_{ext} = rapport de la concentration intérieure sur la concentration extérieure ; pourcentage de logements dont la teneur intérieure est supérieure ou égale à la concentration mesurée à l'extérieur

	Lieu	% de données pondérées inférieures à la limite de détection	Médiane ⁵ (µg/m ³)	95 ^{ème} percentile ⁶ (µg/m ³)	% ratios C _{int} /C _{ext} ⁷ ≥ 1
Trichloroéthylène	intérieur	17,1	1,0 [<LQ-1,1]	7,3 [5,1-16,1]	68,4
	extérieur	23,0	< LQ (=1,0)	2,3 [1,8-2,8]	
	garage	38,8	< LQ (=1,0)	12,8 [1,7-29,3]	
1,2,4-triméthylbenzène	intérieur	0,5	4,1 [3,7-4,4]	21,2 [15,7-25,7]	95,9
	extérieur	1,9	1,4 [1,3-1,4]	4,1 [3,6-5,3]	
	garage	0,0	18,7 [13,2-29,2]	149,0 [110,0-164,0]	
m/p-Xylène	intérieur	0,0	5,6 [5,1-6,0]	39,7 [27,1-56,4]	92,5
	extérieur	3,7	2,4 [2,3-2,7]	7,1 [6,1-8,3]	
	garage	1,2	58,9 [38,5-81,2]	454,0 [321,0-530,0]	
o-Xylène	intérieur	0,1	2,3 [2,1-2,5]	14,6 [10,5-19,5]	92,1
	extérieur	4,6	1,1 [1,0-1,2]	2,7 [2,4-3,2]	
	garage	1,2	20,8 [14,2-27,9]	166,0 [121,0-188,0]	
2-butoxyéthanol	intérieur	17,0	1,6 [<LQ-1,8]	10,3 [7,0-12,7]	82,6
	extérieur	91,3	< LD (=0,4)	< LQ (=1,5)	
	garage	58,2	< LD (=0,4)	2,7 [2,0-4,5]	
2-butoxy-éthylacétate	intérieur	97,7	< LD (=0,3)	< LD (=0,3)	2,5
	extérieur	97,9	< LD (=0,3)	< LD (=0,3)	
	garage	98,3	< LD (=0,3)	< LD (=0,3)	
1-méthoxy-2-propanol	intérieur	15,1	1,9 [<LQ-2,3]	17,5 [13,1-20,4]	84,4
	extérieur	94,3	< LD (=0,5)	< LQ (=1,8)	
	garage	51,2	< LD (=0,5)	9,1 [2,4-13,0]	
1-méthoxy-2-propylacétate	intérieur	77,3	< LD (=0,7)	2,3 [<LQ-2,8]	22,1
	extérieur	97,0	< LD (=0,7)	< LD (=0,7)	
	garage	90,6	< LD (=0,7)	< LQ (=2,2)	

- Monoxyde de carbone

	Lieu	Médiane ⁵ (ppm)	95 ^{ème} percentile ⁶ (ppm)
moyenne glissante sur 15 minutes	Pièces principales	2,9 [1,9-2,9]	15,3 [12,4-22,0]
	Autres pièces	6,0 [4,8-7,0]	37,2 [22,3-54,4]
	Annexes	3,8 [1,7-5,3]	53,1 [28,2-94,4]
moyenne glissante sur 30 minutes	Pièces principales	2,7 [2,1-3,0]	14,3 [11,4-19,1]
	Autres pièces	4,9 [3,9-5,9]	27,4 [18,3-49,2]
	Annexes	3,3 [1,5-4,9]	36,2 [21,7-78,0]
[moyenne glissante sur 1 heure	Pièces principales	2,0 [1,6-15,2]	13,1 [9,5-15,2]
	Autres pièces	3,9 [3,0-4,7]	21,1 [14,4-36,3]
	Annexes	3,0 [0,9-3,8]	30,2 [18,0-67,4]
moyenne glissante sur 8 heures	Pièces principales	0,5 [0,4-0,9]	6,3 [4,8-8,1]
	Autres pièces	1,3 [0,9-1,9]	9,5 [5,0-19,2]
	Annexes	0,7 [0,1-1,3]	10,5 [5,2-13,9]

⁵ 50% des logements ont des teneurs inférieures à cette valeur ou 50% des logements ont des teneurs supérieures à cette valeur

⁶ 95% des logements ont des teneurs inférieures à cette valeur ou 5% des logements ont des teneurs supérieures à cette valeur

⁷ Ratio C_{int}/C_{ext} = rapport de la concentration intérieure sur la concentration extérieure ; pourcentage de logements dont la teneur intérieure est supérieure ou égale à la concentration mesurée à l'extérieur

Composés biologiques :

	Limite de quantification (LQ)	Lieu	% données pondérées < LQ	Médiane ⁸	95 ^{ème} percentile ⁹
allergènes de chats Fel d 1	0,18 ng/m ³	séjour	74,6	< LQ	2,7 ng/m ³ [1,3-5,8]
allergènes de chiens Can f 1	1,02 ng/m ³	séjour	90,7	< LQ	1,6 ng/m ³ [1,1-2,5]
allergènes d'acariens Der f 1	0,01 µg/g	matelas	3,1	2,2 µg/g [1,3-3,7]	83,6 µg/g [46,4-103,0]
allergènes d'acariens Der p 1	0,02 µg/g	matelas	7,9	1,6 µg/g [1,2-2,1]	36,2 µg/g [23,1-41,5]

Paramètres physique :

	Unité	Lieu	Médiane ⁸	95 ^{ème} percentile ⁹
PM ₁₀	µg/m ³	Séjour	31,3 [28,2-34,4]	182,0 [119,0-214,0]
PM _{2,5}	µg/m ³	Séjour	19,1 [17,2-20,7]	132,0 [88,3-174,0]
Radon	Bq/m ³	Pièces de sommeil	31,0 (avec et sans correction des variations saisonnières)	220 avec correction des variations saisonnières (225 sans correction)
		Autres pièces	33,0 (avec et sans correction des variations saisonnières)	194 avec correction des variations saisonnières (214 sans correction)
Gamma	µSv/h	Séjour	0,062 [0,058-0,064]	0,122 [0,109-0,125]

Paramètres de confort :

	Unité	Lieu	Médiane ⁸	95 ^{ème} percentile ⁹
CO ₂	ppm	Moyenne sur la semaine	756 [715-794]	1 484 [1 353-1 621]
		Max des moyennes glissantes sur 1h	1 689 [1 556-1 815]	4 449 [4 071-5 166]
		Moyenne des 60 plus fortes valeurs comprises entre 2h et 5h10	1 161 [1 069-1 238]	3 175 [2 800-3 470]
Température	°C	Pièces de sommeil	21,1	25,5
		Autres pièces	21,0	24,8
Humidité relative	%	Pièces de sommeil	48,7	63,1
		Autres pièces	49,5	64,7

⁸ 50% des logements ont des teneurs inférieures à cette valeur ou 50% des logements ont des teneurs supérieures à cette valeur

⁹ 95% des logements ont des teneurs inférieures à cette valeur ou 5% des logements ont des teneurs supérieures à cette valeur

COMPARAISON AVEC LES VALEURS DE RECOMMANDATION DISPONIBLES SUR LE MEME PAS DE TEMPS D'EXPOSITION

Hormis le cas du radon et de l'amiante, il n'existe pas en France de **valeurs guides** permettant de quantifier le nombre de logements dépassant des niveaux de concentration pouvant entraîner des effets sanitaires. Selon les composés, un nombre plus ou moins important de logements dépasse les rares valeurs de recommandations comparables, disponibles à l'étranger.

La comparaison des données mesurées dans les logements avec les valeurs de recommandation sur le même temps d'exposition a été effectuée ; les intervalles de confiance bilatéraux à 95% (IC_{95%}) des pourcentages de logements du parc national dépassant ces valeurs ont été calculés.

MONOXYDE DE CARBONE

Les pourcentages et intervalles de confiance de *types de pièces* concernées à l'échelle nationale par le dépassement des valeurs guides de l'OMS¹⁰ sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Durée d'exposition	Valeur Guide (OMS)	Pièces principales <i>(chambre, séjour, bureau, studio y compris cuisine américaine)</i>	Autres pièces <i>(cuisine, salle de bain, WC, circulations intérieures du logement)</i>	Annexes <i>(cave, grenier, garage, véranda, buanderie, ...)</i>
15 minutes	87 ppm	0% - 0,8%	0,2% - 6,8%	1,5% - 10,5%
30 minutes	52 ppm	0,1% - 1,2%	0,4% - 6,5%	1,9% - 11,1%
1 heure	26 ppm	0,6% - 3,2%	1,6% - 8,2%	2,8% - 12,9%
8 heures	9 ppm	2% - 5,6%	3,4% - 12,9%	3,3% - 11,5%

Les proportions et les intervalles de confiance des *logements* dépassant, à l'échelle nationale, les valeurs guides de l'OMS sont les suivants :

- 0,7% - 3,7% sur 15 minutes,
- 1,1% - 4,2% sur 30 minutes,
- 2,2% - 5,8% sur 1 heure,
- 4,4% - 9,4% sur 8 heures.

RADON

En France¹¹, pour les **établissements recevant du public**, des valeurs de radon comprises entre 400 et 1 000 Bq/m³ impliquent des actions correctives simples. Pour des valeurs

¹⁰ OMS (Organisation Mondiale de la Santé). WHO Air Quality Guidelines for Europe, second edition No.91. Page 87. 2000.

supérieures à 1 000 Bq/m³, des actions correctives et impératives doivent être engagées. La comparaison entre les concentrations corrigées des variations saisonnières et ces valeurs de référence montrent que, à l'échelle nationale :

- 0,1 à 1,5% des pièces de sommeil dépassent 400 Bq/m³, 0 à 0,9% dépassent 1 000 Bq/m³ ;
- 0,4 à 2,6% des autres pièces dépassent 400 Bq/m³, 0 à 1% dépassent 1 000 Bq/m³.

COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS

La comparaison des niveaux de concentration avec les valeurs de référence existantes sur le même temps d'exposition montre :

- pour le **formaldéhyde** : de quelques % à jusqu'à près d'un quart des logements du parc dépassent les valeurs guides disponibles à l'étranger sur des pas de temps d'exposition comparables (50 µg/m³ sur 8h (Canada¹²) ou sur le long terme (Texas¹³), et 30 µg/m³ sur le long terme (projet européen Index¹⁴, Finlande¹⁵) respectivement). La comparaison avec la fourchette basse proposée par le projet européen Index (valeur aussi basse que raisonnablement possible (principe ALARA) montre qu'un pourcentage plus important pourrait être concerné.
- pour le **styrène** : parmi les 541 observations, la valeur de référence pour le styrène de 30 µg/m³ sur 7 jours d'exposition (Allemagne) a été dépassée dans un seul logement, ce qui représente au plus 1,2 % du parc national (intervalle de confiance à 95%) ;
- pour le **toluène** : la valeur de référence, fixée à 260 µg/m³ sur une semaine d'exposition par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), a été dépassée dans un logement lors de la campagne nationale (soit une estimation d'au plus 0,8 % des logements du parc).

ALLERGENES D'ACARIENS

La moitié des logements dépassent la **valeur seuil de sensibilisation** de 2 µg/g de poussière (IC_{95%} = [45,5 % – 56,4 %] pour *Der f 1* et IC_{95%} = [40,5 % – 50,9 %] pour *Der p 1*). A partir de cette valeur seuil, il a été montré un risque pour certaines personnes de produire des anticorps de l'allergie (Platts-Mills et al, 1997¹⁶). La littérature scientifique montre toutefois que l'exposition aux allergènes d'acariens ne pose aucun problème de santé pour les personnes non sensibilisées, soit près de 80 % de la population.

¹¹ Circulaire conjointe DGS n°99-46 et DGUHC/QC/10 n°99-32 du 27/01/1999

¹² Santé Canada. Proposition de valeurs-guides pour le formaldéhyde dans l'air intérieur résidentiel. Août 2005. Cat. H128-1/05-432F. 37 pages.

¹³ TDH (2002) Texas Voluntary Indoor Air Quality Guidelines for Government Buildings, Texas Department of Health. http://www.tdh.state.tx.us/beh/iaq/Gov_Bld_Gd.pdf

¹⁴ European Commission. Joint Research Centre (JRC). Final Report. Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU : The INDEX project. Institute for Health and Consumer Protection, Physical and Chemical Exposure Unit. January, 2005. 337 pages. I-21020 Ispra (VA), Italy.

¹⁵ Finnish Society of Indoor Air Quality and Climate (FiSIAQ), Classification of Indoor Climate 2000. Target values, design guidance and product requirements, FiSIAQ publication 5 E, ISBN 952-5236-14-5, Finland, 2001.

¹⁶ Platts-Mills et al, Indoor allergens and asthma : Report of the Third International Workshop, Journal of Allergy and Clinical Immunology, vol 100, n°6, 1997

Abstract

Created by the French authorities, the Observatory on Indoor Air Quality (OQAI) aims at setting up a permanent system of collection of data on pollutants in various indoor environments (dwellings, schools, offices, leisure activities premises).

That is why OQAI undertook in 2003 a national campaign in dwellings in order to draw up a state of the indoor air quality in French dwellings and identify its causes. Completed in 2005, it allowed to collect many information about 570 houses (that is 1,612 surveyed people), representative of the 24 millions houses in continental metropolitan France.

More than 30 parameters (chemical, biological and physical) have been measured during one week, in several rooms in dwellings, in attached garages and outside. For every pollutant in every place, the results are presented with characteristic values: median concentration, main percentiles, maximum concentration...

At the same time, detailed information about dwellings (technical characteristics, environment), occupants and their activities (place, duration) was gathered in order to assess population exposure, quantify health risk and identify pollution's sources.

So that the final sample should be representative of the houses in continental metropolitan France, a weighting was carried out.

The following points are to be underlined.

❖ Chemical pollutants

VOCs

- The VOCs are detected in 2.3% (2-butoxy-ethylacetate) at 100% (acetaldehyde, formaldehyde, hexaldehyde, toluene, m/p xylene) of the residences according to compounds. Concentrations are lower than $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in half of the dwellings. Several maximum values exceed $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ or even $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (two maximum is higher than $4000 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- The percentage of French dwellings with indoor VOC concentrations higher than outdoor concentrations (except glycol ethers) varies between 68.4 % (trichloroethylene) and 100% (formaldehyde and hexaldehyde).
- Medians of several VOCs in attached garages are higher than those in houses. That relates to benzene ($4.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in garages *versus* $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in dwellings), toluene ($110.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ *versus* $12.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ethylbenzene ($18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ *versus* $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), m/p-xylene ($58,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ *versus* $5.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$), o-xylene ($20.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ *versus* $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), n-decane ($10,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ *versus* $5.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), n-undecane ($8.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ *versus* $6.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 1,2,4 trimethylbenzene ($18.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ *versus* $4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) and styrene ($1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ *versus* $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- The analysis of the VOCS shows varied situations (see summary tables at the end of the abstract):
 - Aldehydes are among the most frequent and most concentrated compounds in dwellings. They are observed in 99.4 to 100% of the dwellings according to the

compound. Acetaldehyde, formaldehyde and hexaldehyde are observed in all dwellings. 50% of the dwellings have higher concentrations than values varying from 1.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (acrolein) to 19.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (formaldehyde). 5% of the residences have indoor concentrations higher than values going from 3.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (acrolein) to 50.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (hexaldehyde). 95% of the residences present outdoor concentrations lower than values varying between 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (acrolein) and 3.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (formaldehyde).

- Hydrocarbons are frequent (detected in 83 to 100% of the dwellings according to pollutants), two of them are observed in all dwellings (toluene and m/p xylene). 50% of the residences show concentrations higher than values contained between 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (styrene and trichloroethylene) and 12.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (toluene). 5% of the residences have concentrations higher than values varying from 2.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (styrene) to 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1,4-dichlorobenzene). 95% of the residences present outdoor concentrations lower than values going from 0.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (styrene) to 12.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (toluene).
- Glycol ethers are not very frequent (detected in 2.3 to 85% of the dwellings according to compounds). 50% of the residences present concentrations lower than limits of detection for the 2-butoxyethylacetate and the 1-methoxy-2-propylacetate and lower than 1.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for the 2-butoxyethanol and 1.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for 1-methoxy-2-propanol. 5% of the dwellings have concentrations varying between the detection limit (2-butoxyethylacetate) and 17.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-methoxy-2-propanol). The outdoor concentrations of all measured glycol ethers are lower than the limit of detection (2-butoxyethylacetate and 1-methoxy-2-propylacetate) or than the limit of quantification (1-methoxy-2-propanol and 2-butoxyethanol) for 95% of the dwellings.
- The comparison of the levels of concentration with the existing air quality guidelines shows:
 - for styrene: one dwelling (out of 541 observations) exceeds the guideline (30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – Germany);
 - for toluene: one dwelling (out of 541 observations) and 37 attached garages (out of 139 observations) have an indoor concentration higher than 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO).

Carbon monoxide

- In great majority, the CO concentrations are next to zero in different places. Maxima are contained between 130 and 233 ppm (15 minutes), 91 and 175 ppm (30 minutes), 53 and 120 ppm (1 hour), 31 and 43 ppm (8 hours). The highest maxima are measured in kitchens, bathrooms and WC (other rooms).
- The comparison of the levels of concentration with the guidelines fixed by WHO shows that these guidelines are exceeded in 1, 2, 9 and 21 residences (in main rooms – office, open-plan kitchen, bedroom, living room, studio flat – among the 539 observations) for exposure time respectively 15 minutes (value of reference = 87 ppm), 30 minutes (52 ppm), 1 hour (26 ppm) and 8 hours (9 ppm). Concerning the other rooms (198 observations – kitchen, bathroom, WC, corridor), the number of dwellings exceeding these values of reference is 1 (15 minutes), 3 (30 minutes), 8 (1 hour) and 10 (8 hours). For the annexes (150 observations – cellar, boiler room, boxroom, veranda, laundry, garage), 5 (15 minutes), 6 (30 minutes), 8 (1 hour) and 9 (8 hours) dwellings have CO concentrations higher than the values of reference.

❖ **Biological pollutants**

- Concentrations of cat allergens (*Fel d1*) and dog allergens (*Can f1*) are below the limit of quantification in 50% of the dwellings. Concentrations exceed 2.7 ng/g (cat allergens) and 1.6 ng/g (dog allergens) in 5% of the dwellings.
- In 50% of the dwellings, concentrations of dust mite allergens are below 1.6 µg/g for *Der p1* and 2.2 µg/g for *Der f1*. Concentrations exceed 83.6 µg/g (*Der f1*) and 36.2 µg/g (*Der p1*) in 5% of the dwellings.

❖ **Physical pollutants**

- In 50% of the dwellings, concentrations in particles are greater than 19.1 µg/m³ for PM_{2,5} and than 31.3 µg/m³ for PM₁₀. Concentrations exceed 132 µg/m³ (PM_{2,5}) and 182 µg/m³ (PM₁₀) in 5% of the dwellings.
- Radon concentrations are below 31 Bq/m³ in bedrooms and 33 Bq/m³ in other rooms in 50% of the dwellings. In 5% of the dwellings radon exceed 220 Bq/m³ in bedrooms and 194 Bq/m³ in other rooms.
- The comparison of the concentrations with the French guidelines show that 2 measures carried out in bedrooms (457 observations) and 4 measures carried out in other rooms (449 observations) are contained between 400 and 1,000 Bq/m³. One measure in bedrooms and in others rooms exceed 1,000 Bq/m³.
- Gamma radiation is below 0.062 µSv/h in 50% of the dwellings and exceeds 0.1 µSv/h in 5% of them.

❖ **Parameters of comfort**

- Temperature is below 21°C in 50% of the dwellings. It exceeds 25.5°C in bedrooms and 24.8°C in the other rooms in 5% of the dwellings.
- In half of the dwellings, relative humidity is below 49%. In 5% of the dwellings, it exceeds 63.1% in the bedrooms and 64.7% in the other rooms.
- In half of the dwellings, the average CO₂ concentration over a week exceeds 756 ppm; the maximum of moving averages over 1 hour exceeds 1,689 ppm and night measures exceed 1,161 ppm. In 5% of the dwellings, the average of CO₂ over a week exceeds 1,484 ppm, the maximum of moving averages over 1 hour exceeds 4,449 ppm and night measures exceed 3,175 ppm.

Overall values are in agreement with the other French and international data with are often scattered. Theses data will be completed with levels of fungic contamination and presence of moisture in French dwellings.

The data are at competent authorities' disposal for a health risk assessment.

Detailed information collected at the same time, about dwellings (technical characteristics, environment), occupants and theirs activities (location, duration ...) are expected at the beginning of 2007.

These data will explain the observed pollution and allow to:

- do a description of the national dwellings and behaviour of occupants ;
- search the determinants of pollution ;
- draw up typology of dwellings and behaviour of occupants high-risk ;
- draw up index of indoor air quality.

Key words: indoor air, dwellings, pollutants, measurement campaign, VOC, carbon monoxide, radon, gamma radiation, carbon dioxide, temperature, relative humidity, ventilation

INDOOR AIR QUALITY IN FRENCH DWELLINGS SUMMARY TABLES

Chemical pollutants :

- VOCs

	Location	Percentage below the detection limit	Median ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	95 th percentile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% ratio ≥ 1
Acetaldehyde	Indoor	0.0	11.6 [10.8-12.3]	30.0 [26.7-35.1]	99.6
	Outdoor	1.1	1.3 [1.2-1.3]	3.0 [2.6-3.1]	
Acroleine	Indoor	0.6	1.1 [1.0-1.2]	3.4 [2.9-3.8]	98.1
	Outdoor	18.1	< LQ (=0.3)	0.5 [0.4-0.6]	
Formaldehyde	Indoor	0.0	19.6 [18.4-21.0]	46.6 [40.8-55.1]	100.0
	Outdoor	0.5	1.9 [1.8-2.0]	3.6 [3.4-4.2]	
Hexaldehyde	Indoor	0.0	13.6 [12.6-14.7]	50.1 [37.6-55.4]	100.0
	Outdoor	18.6	0.5 [0.4-0.5]	1.4 [1.1-1.7]	
Benzene	Indoor	1.4	2.1 [1.9-2.2]	7.2 [6.3-9.4]	90.9
	Outdoor	6.5	< LQ (=1.1)	2.9 [2.5-3.4]	
	Garage	0.8	4.4 [3.5-6.4]	18.6 [12.6-21.6]	
1,4-dichlorobenzene	Indoor	1.9	4.2 [3.7-4.8]	150.0 [96.5-341.0]	95.6
	Outdoor	5.7	1.8 [1.6-1.9]	4.3 [3.5-5.5]	
	Garage	6.9	2.2 [1.8-2.5]	18.1 [8.0-40.0]	
Ethylbenzene	Indoor	0.3	2.3 [2.1-2.5]	15.0 [9.2-18.2]	95.5
	Outdoor	6.2	1.0 [1.0-1.1]	2.6 [2.3-3.0]	
	Garage	1.2	18.0 [13.9-26.4]	137.0 [109.0-155.0]	
n-Decane	Indoor	0.7	5.3 [4.8-6.2]	53.0 [38.6-83.9]	94.4
	Outdoor	4.1	1.9 [1.8-2.1]	6.4 [5.3-9.8]	
	Garage	0.0	10.8 [7.3-14.0]	213.0 [88.3-257.0]	
n-Undecane	Indoor	0.6	6.2 [5.6-7.1]	72.4 [45.2-93.2]	94.1
	Outdoor	12.5	1.8 [1.6-2.0]	7.0 [5.5-9.5]	
	Garage	1.0	8.6 [5.6-11.0]	106.0 [65.7-115.0]	
Styrene	Indoor	1.9	1.0 [0.9-1.0]	2.7 [2.2-3.1]	95.2
	Outdoor	8.6	0.4 [0.3-0.4]	0.7 [0.7-0.8]	
	Garage	2.8	1.2 [0.9-1.6]	9.3 [4.6-11.4]	
Tetrachloroethylene	Indoor	15.7	1.4 [1.2-1.6]	7.3 [6.0-11.5]	77.1
	Outdoor	21.4	< LQ (=1.2)	3.9 [2.7-4.3]	
	Garage	41.0	< LQ (=1.2)	2.5 [1.5-4.9]	
Toluene	Indoor	0.0	12.2 [11.4-13.7]	82.9 [57.7-115.0]	96.2
	Outdoor	0.5	3.5 [3.3-3.8]	12.9 [10.8-14.8]	
	Garage	0.0	110.4 [67.6-157.0]	677.0 [426.0-789.0]	

	Location	Percentage below the detection limit	Median ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	95 th percentile ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% ratio ≥ 1
Trichloroethylene	Indoor	17.1	1.0 [$<LQ-1.1$]	7.3 [5.1-16.1]	68.4
	Outdoor	23.0	$< LQ (=1.0)$	2.3 [1.8-2.8]	
	Garage	38.8	$< LQ (=1.0)$	12.8 [1.7-29.3]	
1,2,4-trimethylbenzene	Indoor	0.5	4.1 [3.7-4.4]	21.2 [15.7-25.7]	95.9
	Outdoor	1.9	1.4 [1.3-1.4]	4.1 [3.6-5.3]	
	Garage	0.0	18.7 [13.2-29.2]	149.0 [110.0-164.0]	
m/p-Xylene	Indoor	0.0	5.6 [5.1-6.0]	39.7 [27.1-56.4]	92.5
	Outdoor	3.7	2.4 [2.3-2.7]	7.1 [6.1-8.3]	
	Garage	1.2	58.9 [38.5-81.2]	454.0 [321.0-530.0]	
o-Xylene	Indoor	0.1	2.3 [2.1-2.5]	14.6 [10.5-19.5]	92.1
	Outdoor	4.6	1.1 [1.0-1.2]	2.7 [2.4-3.2]	
	Garage	1.2	20.8 [14.2-27.9]	166.0 [121.0-188.0]	
2-butoxyethanol	Indoor	17.0	1.6 [$<LQ-1.8$]	10.3 [7.0-12.7]	82.6
	Outdoor	91.3	$< LD (=0.4)$	$< LQ (=1.5)$	
	Garage	58.2	$< LD (=0.4)$	2.7 [2.0-4.5]	
2-butoxy-ethylacetate	Indoor	97.7	$< LD (=0.3)$	$< LD (=0.3)$	2.5
	Outdoor	97.9	$< LD (=0.3)$	$< LD (=0.3)$	
	Garage	98.3	$< LD (=0.3)$	$< LD (=0.3)$	
1-methoxy-2-propanol	Indoor	15.1	1.9 [$<LQ-2.3$]	17.5 [13.1-20.4]	84.4
	Outdoor	94.3	$< LD (=0.5)$	$< LQ (=1.8)$	
	Garage	51.2	$< LD (=0.5)$	9.1 [2.4-13.0]	
1-methoxy-2-propylacetate	Indoor	77.3	$< LD (=0.7)$	2.3 [$<LQ-2.8$]	22.1
	Outdoor	97.0	$< LD (=0.7)$	$< LD (=0.7)$	
	Garage	90.6	$< LD (=0.7)$	$< LQ (=2.2)$	

- Carbon monoxide

	Location	Median (ppm)	95 th percentile (ppm)
Moving average over 15 minutes	Main rooms	2.9 [1.9-2.9]	15.3 [12.4-22.0]
	Other rooms	6.0 [4.8-7.0]	37.2 [22.3-54.4]
	Annexes	3.8 [1.7-5.3]	53.1 [28.2-94.4]
Moving average over 30 minutes	Main rooms	2.7 [2.1-3.0]	14.3 [11.4-19.1]
	Other rooms	4.9 [3.9-5.9]	27.4 [18.3-49.2]
	Annexes	3.3 [1.5-4.9]	36.2 [21.7-78.0]
Moving average over 1 hour	Main rooms	2.0 [1.6-15.2]	13.1 [9.5-15.2]
	Other rooms	3.9 [3.0-4.7]	21.1 [14.4-36.3]
	Annexes	3.0 [0.9-3.8]	30.2 [18.0-67.4]
Moving average over 8 hours	Main rooms	0.5 [0.4-0.9]	6.3 [4.8-8.1]
	Other rooms	1.3 [0.9-1.9]	9.5 [5.0-19.2]
	Annexes	0.7 [0.1-1.3]	10.5 [5.2-13.9]

Biological pollutants :

	Quantification limit (LQ)	Location	Percent < LQ	Median	95 th percentile
Cat allergens Fel d 1	0.18 ng/m ³	Living room	74.6	< LQ	2.7 ng/m ³ [1.3-5.8]
Dog allergens Can f 1	1.02 ng/m ³	Living room	90.7	< LQ	1.6 ng/m ³ [1.1-2.5]
Dust mite allergens Der f 1	0.01 µg/g	Mattress	3.1	2.2 µg/g [1.3-3.7]	83.6 µg/g [46.4-103.0]
Dust mite allergens Der p 1	0.02 µg/g	Mattress	7.9	1.6 µg/g [1.2-2.1]	36.2 µg/g [23.1-41.5]

Physical pollutants :

	Unit	Location	Median	95 th percentile
PM ₁₀	µg/m ³	Living room	31.3 [28.2-34.4]	182.0 [119.0-214.0]
PM _{2.5}	µg/m ³	Living room	19.1 [17.2-20.7]	132.0 [88.3-174.0]
Radon	Bq/m ³	Bedroom	31.0	220.0
		Other room	33.0	194.0
Gamma	µSv/h	Living room	0.062 [0.058-0.064]	0.122 [0.109-0.125]

Indoor comfort :

	Unit	Location	Median	95 th percentile
CO ₂	ppm	Average over a week	756 [715-794]	1,484 [1,353-1,621]
		Max of moving average over 1 hour	1,689 [1,556-1,815]	4,449 [4,071-5,166]
		Average of the 60 max values between 2 am and 5.10 am	1,161 [1,069-1,238]	3,175 [2,800-3,470]
Temperature	°C	Bedroom	21.1	25.5
		Others room	21.0	24.8
Relative humidity	%	Bedroom	48.7	63.1
		Other room	49.5	64.7

TABLE DES MATIERES

1.	PRESENTATION DE LA CAMPAGNE NATIONALE LOGEMENTS	27
1.1	ECHANTILLONNAGE DES LOGEMENTS ET REDRESSEMENT.....	28
1.1.1	<i>Echantillonnage des logements</i>	28
1.1.2	<i>Redressement de l'échantillon final.....</i>	30
1.2	DONNEES COLLECTEES	31
1.2.1	<i>Paramètres de pollution et de confort/confinement.....</i>	32
1.2.2	<i>Stratégie d'échantillonnage.....</i>	33
1.2.3	<i>Protocoles d'enquête</i>	34
1.2.4	<i>Facteurs déterminants de la qualité de l'air intérieur (non présentés dans ce rapport).....</i>	37
1.2.5	<i>Temps passé par les occupants dans le logement (non présenté dans ce rapport).....</i>	38
1.2.6	<i>Indicateurs de santé allergique et respiratoire (non présentés dans ce rapport).....</i>	38
1.2.7	<i>Repérage d'éléments nécessitant un diagnostic CO.....</i>	38
1.3	MISE EN ŒUVRE DE LA CAMPAGNE NATIONALE LOGEMENTS	39
1.3.1	<i>Sélection et formation des techniciens enquêteurs</i>	39
1.3.2	<i>Laboratoires d'analyses</i>	41
1.4	ASSURANCE QUALITE DES DONNEES COLLECTEES.....	41
1.4.1	<i>Suivi de la validité des mesures collectées</i>	42
1.4.2	<i>Essais inter-laboratoires</i>	55
1.4.3	<i>Incertitudes de mesure.....</i>	61
1.4.4	<i>Conclusion.....</i>	69
2.	ETAT DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LES LOGEMENTS EN FRANCE.....	71
2.1	COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS	72
2.1.1	<i>Composés organiques volatils</i>	72
2.1.2	<i>Aldéhydes.....</i>	78
2.1.2.1	<i>Acétaldéhyde</i>	78
2.1.2.2	<i>Acroléine</i>	80
2.1.2.3	<i>Formaldéhyde.....</i>	82
2.1.2.4	<i>Héxaldéhyde</i>	84
2.1.3	<i>Hydrocarbures.....</i>	86
2.1.3.1	<i>Benzène</i>	86
2.1.3.2	<i>1,4-dichlorobenzène</i>	88
2.1.3.3	<i>Ethylbenzène.....</i>	90
2.1.3.4	<i>n-Décane</i>	92
2.1.3.5	<i>n-Undécane</i>	94
2.1.3.6	<i>Styrène.....</i>	96
2.1.3.7	<i>Tétrachloroéthylène.....</i>	98
2.1.3.8	<i>Toluène.....</i>	100
2.1.3.9	<i>Trichloroéthylène</i>	102
2.1.3.10	<i>1,2,4 – triméthylbenzène</i>	104
2.1.3.11	<i>m/p-Xylène.....</i>	106
2.1.3.12	<i>o-Xylène.....</i>	108
2.1.4	<i>Ethers de glycol</i>	110
2.1.4.1	<i>2-butoxyéthanol (EGBE, Ethylène Glycol n-Butyl Ether).....</i>	110
2.1.4.2	<i>2-butoxyéthylacétate (EGBEA, Ethylène Glycol n-Butyl Ether Acétate)</i>	112
2.1.4.3	<i>1-méthoxy-2-propanol (2PG1ME, 2-Propylène Glycol 1-Methyl Ether).....</i>	114
2.1.4.4	<i>1-méthoxy-2-propylacétate (2PG1MEA, 2-Propylène Glycol 1-Methyl Ether Acetate)</i>	116
2.2	MONOXYDE DE CARBONE.....	118
2.2.1	<i>Exposition de 15 minutes</i>	120
2.2.2	<i>Exposition de 30 minutes</i>	122
2.2.3	<i>Exposition d'une heure.....</i>	124
2.2.4	<i>Exposition de 8 heures.....</i>	126

2.3	ALLERGENES DE CHATS ET DE CHIENS	128
2.4	ALLERGENES D'ACARIENS	130
2.5	PARTICULES	132
2.6	RADON	134
2.7	RAYONNEMENT GAMMA.....	138
2.8	TEMPERATURE	140
2.9	HUMIDITE RELATIVE.....	142
2.10	DIOXYDE DE CARBONE.....	144
3.	CONCLUSION.....	147
4.	PERSPECTIVES D' ACTIONS	149
	ANNEXES	153

Introduction

L'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur présente les résultats de la première campagne nationale sur la qualité de l'air dans les logements en France menée entre le 1^{er} octobre 2003 et le 21 décembre 2005. Cet état de la qualité de l'air portant sur une trentaine de polluants chimiques, physiques et microbiologiques est la première référence disponible sur la pollution dans le parc de logements français.

La première partie de ce rapport présente la campagne nationale : échantillonnage et redressement, données collectées, mise en œuvre et assurance qualité. L'état de la qualité de l'air intérieur est ensuite présenté, il intègre, pour chaque polluant ainsi que pour les paramètres de confort / confinement mesurés dans les logements, les valeurs caractéristiques de leur présence dans les différents espaces, notamment les concentrations médianes, les principaux percentiles et les concentrations maximales. Une comparaison des niveaux des polluants mesurés avec les données de la littérature (niveaux d'exposition et valeurs de référence) est également proposée.

1. PRESENTATION DE LA CAMPAGNE NATIONALE LOGEMENTS

La campagne nationale Logements a été menée du 1^{er} octobre 2003 au 21 décembre 2005 sur un échantillon de 710 résidences principales (RP) en situation d'occupation visant à être représentatif des 24 672 135 résidences principales de la France continentale métropolitaine (Source fichier FILOCOM 2002– Fichier des Logements par Commune).

Ses objectifs étaient de :

- faire un **état de la qualité de l'air à l'intérieur des logements** en tenant compte de la variabilité des situations,
- donner les éléments utiles pour l'estimation de l'**exposition** des populations occupant ces lieux de vie et la **quantification et la hiérarchisation des risques sanitaires** associés à la pollution de l'air des logements,
- établir un **premier bilan des déterminants de la qualité de l'air intérieur**,
- **donner des orientations pour l'amélioration de la qualité de l'air intérieur dans les logements** : élaboration d'indices de la qualité de l'air intérieur, évolution de la codification technique et de la réglementation dans les logements, élaboration de guides de conseils et de formation pour la maîtrise d'ouvrage et les gestionnaires de logements, de recommandations sur les produits et matériaux utilisés dans les logements, etc.

Il s'agit d'une étude essentiellement descriptive dont l'objet est d'identifier des situations à risques (contaminants en concentration importante ou mesurés fréquemment, base de données disponibles pour l'évaluation des risques sanitaires) ou des pistes de réflexion (sources de contamination ou comportements à risque) à partir desquelles des priorités d'actions pourraient être formulées. Elle permet aussi de décrire un niveau de référence de l'exposition de la population générale à la pollution de l'air des logements, directement utile pour comparer des situations spécifiques ponctuelles.

1.1 ECHANTILLONNAGE DES LOGEMENTS ET REDRESSEMENT

1.1.1 Echantillonnage des logements

Le grand nombre de polluants mesurés, la faible connaissance des concentrations attendues et la grande variabilité des habitats et des ménages, ont nécessité de sélectionner les lieux d'enquête par une **méthode aléatoire assurant un tirage objectif des unités d'enquête partout en France continentale métropolitaine.**

Un **sondage à trois degrés assurant *in fine* à chaque résidence principale la même probabilité d'être tirée au sort** a été effectué :

- 1) tirage au sort des communes proportionnellement à leur nombre de résidences principales, les communes de plus de 100 000 résidences principales (Paris, Marseille, Lyon, Toulouse, Nice, Nantes, Strasbourg, Montpellier, Bordeaux, Rennes, Lille) étant sélectionnées avec certitude (base de sondage utilisée : fichier FILOCOM 2002– Fichier des Logements par Commune) ;
- 2) tirage au sort des sections cadastrales (dans les communes tirées au sort à l'étape précédente) proportionnellement à leur nombre de résidences principales ;
- 3) tirage au sort d'une résidence principale par section cadastrale (base de sondage : fichier de la Taxe d'Habitation des résidences principales et secondaires de la Direction Générale des Impôts). Pour une dizaine de communes cette dernière étape a été réalisée en mairie à partir des plans cadastraux par des enquêteurs du CREDOC (Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de vie).

La méthode utilisée a présenté l'avantage de concentrer les logements à enquêter sur des secteurs géographiques (communes et sections cadastrales), rationalisant les coûts de déplacement et permettant de mettre en place un sondage aléatoire simple des ménages dans une même section cadastrale.

Suite au nombre des désistements constatés, un échantillonnage supplémentaire de logements sur la base du protocole initial a été mis en œuvre dans certaines sections cadastrales.

Le recrutement des ménages a ainsi été effectué sur la base de **6268 adresses tirées au sort. 4165 ménages ont été contactés, 811 ont donné leur accord** de participation soit un **taux d'acceptation de 19,5%** et **567 ont participé** à la campagne nationale soit un **taux de participation de 13,6%**.

L'échantillon final est constitué de **567 logements enquêtés entre le 1^{er} octobre 2003 et le 21 décembre 2005 répartis dans 74 communes, 50 départements et 19 régions** (voir annexe 1).

La répartition géographique des résidences principales enquêtées est présentée dans les cartes suivantes en distinguant les logements enquêtés entre octobre et avril (370 RP soit 65,3% de l'échantillon) de ceux investigués entre mai et septembre (197 RP soit 34,7%).

La répartition des enquêtes dans le temps est présentée dans le diagramme suivant (Figure 3).

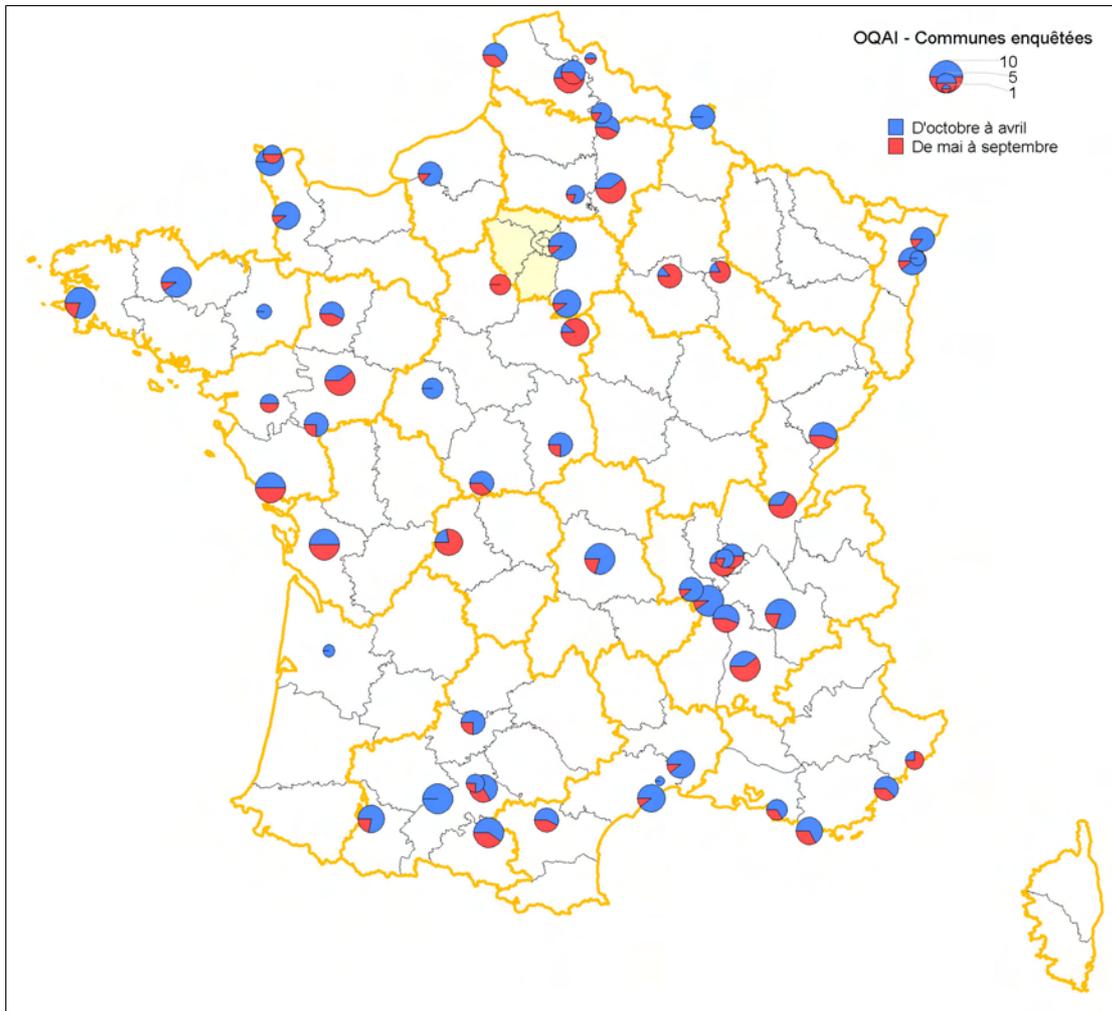


Figure 1 : Répartition géographique des logements enquêtés lors de la campagne nationale

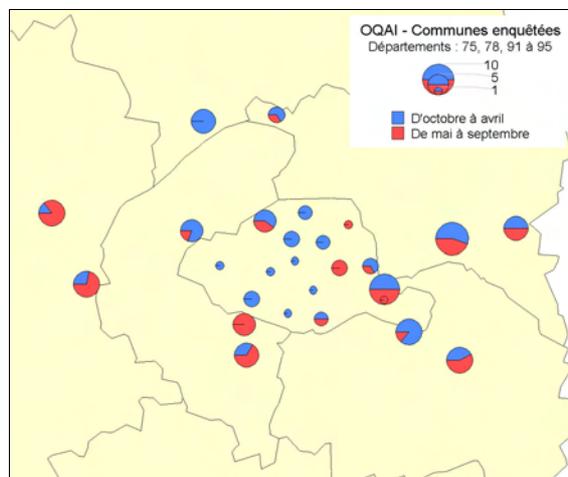


Figure 2 : Répartition géographique des logements enquêtés - détail de l'Ile-de-France

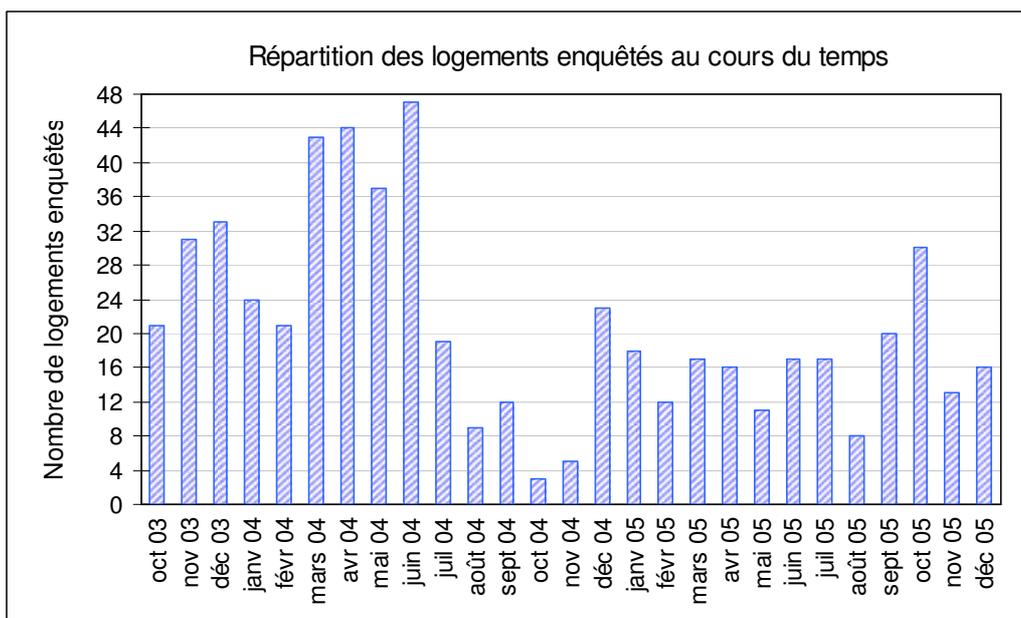


Figure 3 : Répartition des logements selon le mois d'enquête

1.1.2 Redressement de l'échantillon final

Afin que l'échantillon final soit représentatif de l'ensemble des résidences principales de la France métropolitaine continentale un redressement a été effectué. Il a consisté à rétablir, sur l'échantillon, les distributions de variables connues sur la totalité des résidences principales par un jeu de pondération (en nombre de résidences principales).

Les variables de redressement sont :

- le type de logement (*maison individuelle, logement dans un immeuble collectif, logement-foyer pour personnes âgées, ferme ou exploitation agricole, logement en immeuble autre que d'habitation*) ;
- la période de construction (*avant 1871, 1871-1914, 1915-1948, 1949-1961, 1962-1967, 1968-1974, 1975-1981, 1982-1989, 1990-1995, à partir de 1996*) ;
- le statut d'occupation du logement (*propriétaire, locataire, fermier ou métayer, logé gratuitement*) ;
- la région d'échantillonnage des communes (*Ile-de-France, Bassin parisien, Nord-Pas de Calais, Est, Ouest, Sud-Ouest, Centre-Est, Méditerranée*) ;
- la tranche de taille d'unité urbaine (*commune rurale ; unité urbaine de moins de 5 000 habitants, de 5 000 à 9 999 habitants, de 10 000 à 19 999 habitants, de 20 000 à 49 999 habitants, de 50 000 à 199 999 habitants, de 200 000 à 1 999 999 habitants, unité urbaine de Paris*) ;
- la zone climatique d'hiver ;
- la zone de confort d'été.

Les marges sont définies à partir de deux sources (FILOCOM 2002 et l'enquête Logement 2001-2002) selon les variables de redressement.

Le redressement a été réalisé en utilisant la **méthode CALMAR**¹⁷. Celle-ci permet d'estimer, à partir de la pondération initiale des résidences principales enquêtées, les nouveaux poids pour atteindre les marges cibles, tout en minimisant la distance entre les poids finaux et les poids initiaux. L'option de calage retenue est la méthode *logit tronquée* qui présente plusieurs avantages :

- les poids finaux sont toujours positifs,
- le rapport du poids final au poids initial est encadré par des bornes inférieure et supérieure.

Le poids initial est l'inverse de la probabilité véritable d'inclusion dans l'échantillon, déduite de la probabilité de tirage initiale et du taux de réponse dans la strate d'échantillonnage.

La somme des poids initiaux est égale à 24 672 135 résidences principales. Le rapport poids final sur poids initial est encadré entre 0,3 et 2,5.

La somme des poids finaux obtenus est égale à la somme des poids initiaux. Les marges finales de l'échantillon pondéré sur les variables de redressement sont parfaitement égales aux marges calculées sur la population totale des résidences principales.

1.2 DONNEES COLLECTEES

Les données collectées dans le cadre de cette campagne (voir annexe 2) ont été choisies pour permettre d'acquérir une information aussi exhaustive que possible sur :

- **les contaminants sélectionnés** (chimiques, physiques et microbiologiques)
- **les paramètres de confort/confinement** (température, humidité relative, dioxyde de carbone, débit d'air extrait),
- **les déterminants potentiels de la contamination** : informations relatives aux sources et situations d'émission afin de rechercher les facteurs de risques comportementaux ou environnementaux (tabagisme, activités des occupants, produits de construction et de décoration, équipements, etc.) à l'origine de la pollution et donner des pistes d'actions pour la prévention et la réduction des risques sanitaires.
- **le temps passé par les occupants** : recueil du temps passé par les occupants dans les différentes pièces du logement ainsi que leurs activités. Associées aux niveaux de concentrations des contaminants suivis, ces données permettent d'estimer l'exposition des occupants à la pollution.

Par ailleurs un recueil de données sur des **indicateurs de santé allergique et respiratoire** a été effectué dans le cadre d'une étude connexe menée par l'INSERM.

Enfin un **recueil d'éléments nécessitant un diagnostic « monoxyde de carbone »** a été effectué dès l'entrée du logement pour prévenir les risques d'intoxication aigus lié au monoxyde de carbone.

¹⁷ Sautory O. (1993) : La macro CALMAR – Redressement d'un échantillon par calage sur marge, INSEE, document de travail n° F 9310 disponible sur : http://www.insee.fr/fr/nom_def_met/outils_stat/calmar/cal_res.htm

1.2.1 Paramètres de pollution et de confort/confinement

Les associations simultanées de divers paramètres de pollution permettent d'étudier la variation des contaminants entre eux et de donner des pistes sur leurs synergies, potentiellement à la base de problèmes sanitaires encore non résolus. Les données sont collectées dans l'environnement mais aussi, dans le cas du monoxyde de carbone, auprès des ménages (air alvéolaire). Le choix des « contaminants » a été effectué à partir d'un travail de hiérarchisation des polluants¹⁸ fondé uniquement sur des enjeux sanitaires et basé sur les résultats de la campagne pilote et les meilleures informations toxicologiques du moment. L'indice de hiérarchisation est composé de trois sous-indices : l'indice de toxicité aigue, l'indice de toxicité chronique et l'indice de fréquence intérieure. Plus l'impact sanitaire est grand ou plus le polluant est fréquemment retrouvé dans l'air intérieur, plus le score est fort.

Des paramètres de confort/confinement ont été mesurés en complément des paramètres de qualité de l'air intérieur afin de donner des informations complémentaires sur les conditions de ventilation et des facteurs de la pollution (ex. humidité en lien avec la présence de moisissures). Ces données permettent également de corriger certains prélèvements sensibles aux variations de ces paramètres (température et humidité relative).

Les paramètres mesurés dans le cadre de la campagne nationale Logements sont les suivants :

- composés organiques volatils (COV) :

<i>Hydrocarbures aromatiques :</i>	benzène, toluène, m/p-xylènes, o-xylène, 1,2,4-triméthylbenzène, éthylbenzène, styrène,
<i>Hydrocarbures aliphatiques :</i>	n-décane, n-undécane
<i>Hydrocarbures halogénés :</i>	trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, 1,4-dichlorobenzène
<i>Ethers de glycol :</i>	2PG1ME (1-méthoxy-2-propanol) et son acétate, EGBE (2-butoxyéthanol) et son acétate
<i>Aldéhydes :</i>	formaldéhyde, acétaldéhyde, hexaldéhyde, acroléine

- monoxyde de carbone (CO) : dans l'environnement et dans l'air alvéolaire (occupant ≥ 6 ans)
- radon et rayonnement gamma
- allergènes : allergènes de chat (*Fel d1*) et de chien (*Can f1*) dans l'air et allergènes d'acariens (*Der p1*, *Der f1*) dans les poussières de matelas
- particules inertes : PM₁₀ et PM_{2,5}
- dioxyde de carbone (CO₂)
- température et humidité relative
- débits d'air extrait : dans les logements équipés de conduits spécifiques de ventilation

¹⁸ Luc Mosqueron, Vincent Nedellec, Hiérarchisation sanitaire des paramètres mesurés dans les bâtiments par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur, rapport DDD/SB-2002-46, décembre 2002.

Luc Mosqueron, Vincent Nedellec, Mise à jour de la hiérarchisation sanitaire des paramètres d'intérêt de l'observatoire de la qualité de l'air intérieur : Application aux phtalates, paraffines chlorées à chaîne courte, organo-étains, alkyl phénols et retardateurs de flamme bromés », rapport DDD/SB-2004-046, octobre 2004.

1.2.2 Stratégie d'échantillonnage

Chaque logement a fait l'objet d'une semaine d'enquête.

Les paramètres ont été mesurés à l'intérieur des logements mais également dans les garages communicant (COV hors aldéhydes) et à l'extérieur (CO, COV et aldéhydes) (Figure 4).

Le choix des lieux de prélèvement est le résultat d'un compromis entre les objectifs scientifiques (prélèvement dans les lieux les plus fréquentés ou en fonction des sources d'émission des polluants), les contraintes de faisabilité (notamment nuisance acoustique et encombrement des appareils) et de coût (pour exemple limitation des prélèvements en COV à un seul point intérieur).

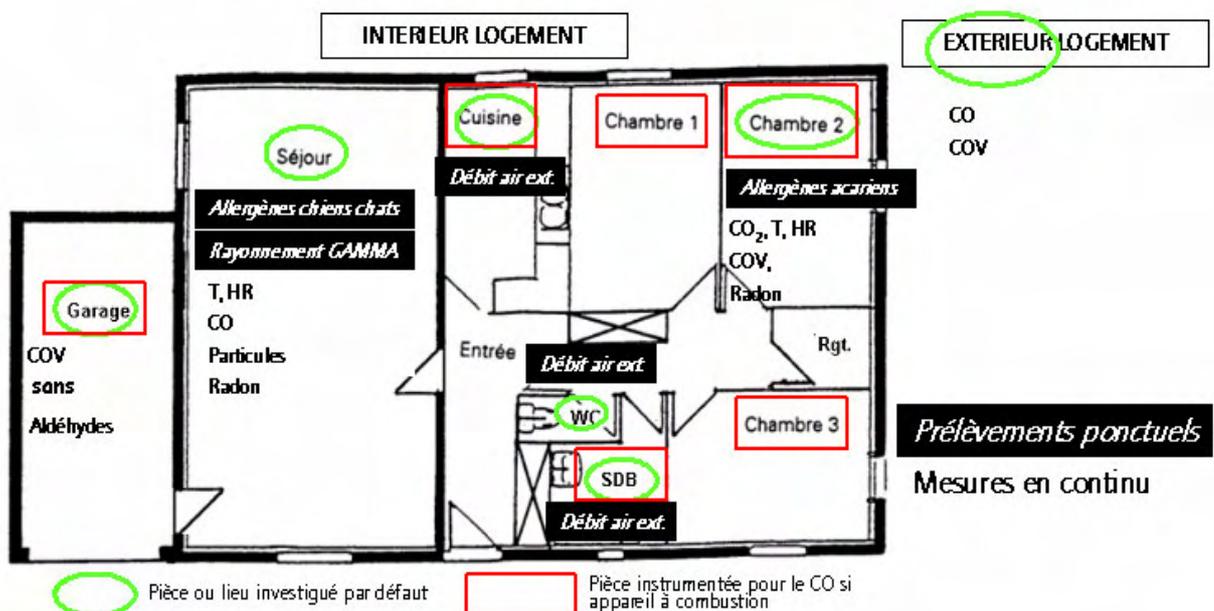


Figure 4 : Synthèse des prélèvements par pièces et type de logement, exemple d'un logement de 4 pièces avec garage communicant

La **chambre** des parents, représentative du temps d'exposition le plus important dans les logements et choisie au lieu de celle des enfants pour des raisons de sécurité, accueille la plupart des prélèvements ne posant pas de problèmes de nuisances acoustiques (COV, radon, CO₂, température [T], humidité relative [HR] et allergènes d'acariens). Le **séjour** accueille les prélèvements les plus bruyants (particules, allergènes de chats et de chiens) ainsi que les mesures du radon, du rayonnement gamma, de la température et de l'humidité relative. S'il est attenant au logement, le **garage** fait l'objet de prélèvement de COV. A l'**extérieur** sont prélevés le CO ainsi que les COV. Le monoxyde de carbone est mesuré de façon systématique dans le séjour et, en fonction des sources d'émission, dans toutes les pièces équipées d'un appareil à combustion. Les débits d'air extrait sont quant à eux mesurés à toutes les bouches d'extraction d'air des systèmes de ventilation naturelle par conduit ou de Ventilation Mécanique Centralisée (VMC).

1.2.3 Protocoles d'enquête

Tous les paramètres sont mesurés pendant la semaine d'enquête (sauf prélèvements ponctuels) selon des pas de temps propres aux contraintes de prélèvement et d'analyse, excepté le radon pour lequel le dosimètre est laissé pendant 2 mois.

L'air est prélevé à 1,50 m du sol (hauteur des voies respiratoires d'une personne debout) dans le séjour et à 0,50 m du sol (hauteur des voies respiratoires d'une personne alitée) dans la chambre.

Les différents protocoles de prélèvement et d'analyse sont présentés pour chacun des paramètres mesurés. Un tableau récapitulatif est présenté en annexe 3.

Composés Organiques Volatils et aldéhydes

Le prélèvement des **composés organiques volatils** cibles est réalisé par diffusion sur cartouches et par adsorption sur un support adsorbant solide de type Carbograph 4. Les prélèvements sont effectués sur une semaine dans la chambre des parents, à l'extérieur et le cas échéant dans le garage attendant. Ces cartouches sont ensuite transportées au laboratoire pour analyse. Elles sont désorbées thermiquement puis analysées par chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire couplée à un détecteur à spectrométrie de masse et à un détecteur à ionisation de flamme.

Les 4 **aldéhydes** cibles sont prélevés par diffusion sur cartouches imprégnées de dinitrophénylhydrazine DNPH (Radiello®) dans la chambre et à l'extérieur pendant une semaine. Les tubes sont ensuite envoyés au laboratoire pour une analyse par chromatographie en phase liquide.

Le débit passif et la durée de prélèvement permettent de déterminer la concentration d'exposition en COV et aldéhydes. Les résultats obtenus sont **intégrés sur une semaine**, ils sont directement transmis à la base de données par les laboratoires d'analyse.

Monoxyde de carbone environnemental

Le monoxyde de carbone (CO) est mesuré **en continu** à l'aide d'enregistreurs Dräger PAC III munis de capteurs électrochimiques. La mesure se présente sous la forme d'un profil de concentration en CO sur la semaine d'enquête avec une fréquence d'intégration des mesures de 5 minutes : les valeurs mémorisées toutes les 5 minutes sont des moyennes sur cette période de temps. Le fichier correspondant est déchargé de l'appareil par le technicien-enquêteur qui le transforme en version ascii et l'envoie directement à la base de données. Les prélèvements ont lieu dans le séjour, dans toutes les pièces équipées d'appareils de combustion et à l'extérieur du logement pendant une semaine.



Support adsorbant solide utilisé pour les prélèvements de COV et d'aldéhydes



Détecteur électrochimique de CO à mesurage direct

Monoxyde de carbone expiré

La mesure du CO dans l'air alvéolaire concerne **tous les occupants âgés de 6 ans et plus**, résidant dans le logement enquêté, présentes au moment du passage de l'enquêteur (premier et/ou dernier jour des prélèvements) et ayant donné leur consentement éclairé. Effectuée à l'aide d'un appareil CO-TESTER (modèle NG) de marque FIM Medical, la **mesure est instantanée**.



Mesure du monoxyde de carbone dans l'air alvéolaire expiré

Radon

L'activité volumique du radon est mesurée à partir de l'accumulation de traces de rayonnements alpha issus du radon et de ses descendants sur un film en nitrate de cellulose de 12 μm d'épaisseur (dosimètres Kodalpha). Deux dosimètres ouverts par le technicien-enquêteur sont exposés pendant 2 mois dans la chambre choisie pour la mesure du CO_2 et dans le séjour. L'occupant se charge de refermer les dosimètres et de les renvoyer au secrétariat de l'OQAI, lequel les renvoie à son tour au laboratoire en charge des analyses. Après traitement en laboratoire, chaque impact de particules alpha laisse un trou microscopique dans le film. Le nombre d'impacts et la durée de prélèvement permettent de déduire la concentration en radon dans l'air. Un facteur de correction est appliqué pour prendre en compte les variations saisonnières de la concentration de radon¹⁹. Les données brutes et corrigées sont ensuite transférées à la base de données de l'OQAI.



Dosimètre ouvert

Rayonnement Gamma

Le débit de dose externe des rayonnements gamma d'origine cosmique ou tellurique est obtenu à l'aide du radiamètre de type Geiger-Müller Saphymo 6150 AD6 ; Ce radiamètre est un détecteur dit "actif" qui ne mesure les rayonnements gamma qu'une fois allumé. La mesure s'effectue sur au moins **45 minutes** dans la pièce de vie où le dosimètre radon a été posé (séjour). Le technicien-enquêteur reporte directement sur l'agenda électronique la valeur obtenue et une autre valeur associée représentant la précision de la mesure.



Radiamètre Gamma

¹⁹ Baysson H., Billon S., Laurier D., Rogel A. & Tirmarche M., Seasonal correction factors for estimating radon exposure in dwellings in France, *Radiation Protection Dosimetry*, 2003, Vol. 104, n°3, pp. 245-252.

Allergènes

Allergènes de chat et de chien dans l'air

Les allergènes majeurs du chat (Fel d1) et du chien (Can f1) sont analysés dans les particules en suspension dans l'air collectées dans le séjour grâce à un système de prélèvement composé de trois pompes à vide (marque KNF/LABOPORT) reliées sur trois cassettes-filtres. Le prélèvement dure 1 heure à un débit de 20 L/min en l'absence de tout animal domestique. Les allergènes sont ensuite dosés au laboratoire par une méthode d'analyse immunoenzymatique ELISA sur les éluats des filtres en fibre de verre. Le débit et la durée exacts du prélèvement sont récupérés par le laboratoire au niveau de la fiche de prélèvement transmise par les techniciens-enquêteurs. Les résultats sont directement transmis par le laboratoire à la base de données de l'OQAI.



Prélèvement d'air à prise totale pour les allergènes

Allergènes d'acariens

La concentration en allergènes d'acariens est déterminée à partir de prélèvements standardisés de poussières (2 min/m²) sur le matelas de la chambre investiguée (chambre des parents). Le recueil se fait par aspiration pendant **5 à 10 minutes** à l'aide d'un aspirateur domestique dans un sac neuf (puissance minimale 1 400 Watts). Le sac de l'aspirateur est envoyé au laboratoire pour y être analysé par la méthode immunoenzymatique ELISA. La poussière recueillie est pesée au laboratoire avant l'analyse. Les résultats sont directement transmis par le laboratoire à la base de données de l'OQAI.



Prélèvement par aspiration des acariens sur un matelas

Particules

Les particules sont prélevées de manière active par aspiration d'air, filtration et impaction, dans le séjour, pendant **une semaine (de 17h à 8h en semaine et toute la journée pendant les week-ends)** à l'aide d'un Minipartisol (Modèle 2100) équipé d'un échantillonneur à 2 têtes (PM₁₀ et PM_{2,5}). Les appareils sont calibrés au laboratoire mais une vérification du débit est faite pour chaque tête de prélèvement sur place au moyen d'un débitmètre à piston (DryCal DC-M, Bios). Les filtres sont ensuite analysés en laboratoire (pesée des filtres avant et après prélèvements) pour déterminer la concentration massique des particules de diamètres inférieur à 2,5µm (PM_{2,5}) et 10µm (PM₁₀). Les résultats sont directement transmis par le laboratoire à la base de données de l'OQAI.



Appareil de prélèvement des particules

Température, humidité relative et dioxyde de carbone

Dans la **chambre des parents**, la température, l'humidité relative et le dioxyde de carbone sont mesurés par une sonde Q-Track (détecteur infrarouge non dispersif pour le CO₂ ; thermomètre électronique ; hygromètre électronique). La sonde est couplée à un appareil enregistreur. Les mesures sont réalisées avec un pas de temps de 10 minutes pendant une semaine. Le fichier des résultats est déchargé par le technicien-enquêteur qui le transforme en version ascii et l'envoi directement à la base de données.

Dans le **séjour**, les mesures de température et d'humidité relative sont réalisées par l'intermédiaire d'un enregistreur Hygrolog (Rotronic). La mesure se présente sous la forme d'un profil de température et d'humidité relative sur la semaine d'enquête avec un pas de temps de 10 minutes pendant une semaine. Le fichier correspondant est déchargé de l'appareil par le technicien-enquêteur qui le transforme en version ascii et l'envoie directement à la base de données.



Appareil de mesure de la température, de l'humidité relative et du dioxyde de carbone (Q-Track)

Débit d'air extrait

Le débit d'air extrait est mesuré **instantanément** à toutes les bouches d'extraction des systèmes de ventilation naturelle par conduit ou de ventilation mécanique contrôlée des pièces humides du logement (cuisine, salle de bain, douche, toilettes). Le principe de mesure est celui d'une grille de fils chauds couvrant la totalité de l'ouverture du cône de l'appareil (appareil de marque SWEMAFLOW).



Mesure du débit d'air extrait aux bouches d'extraction

1.2.4 Facteurs déterminants de la qualité de l'air intérieur (non présentés dans ce rapport)

Complémentaires aux paramètres de qualité de l'air, des informations relatives aux sources d'émission ont été collectées à l'aide de questionnaires d'enquête pour conforter, identifier ou estimer la part des différents facteurs de risques : comportementaux (activités des occupants, tabagisme, etc.) ou environnementaux (produits de construction et de décoration, équipements, etc.).

A savoir :

- **informations sur le logement** : situation et caractéristiques physiques du logement (proximité de sources de pollution extérieures, type et année de construction, nombre d'étages), description intérieure du logement (taille et descriptif des pièces d'habitation et des dépendances, présence d'un garage communiquant avec le logement, caractéristiques des systèmes de ventilation, de chauffage et de cuisson, équipements sanitaires, aération/ventilation, travaux de rénovation, etc.), types de revêtement (sols, murs, plafonds), types de menuiseries, équipements (ménagers, meubles en bois, tapis, rideaux, literie), qualité globale de l'environnement (présence d'humidité, sources potentielles de pollution extérieure), etc.
- **informations sur le ménage** : composition du ménage (nombre d'individus, niveau d'étude, profession, etc.), ancienneté du ménage dans le logement et statut d'occupation du logement (locataire, propriétaire), occupation actuelle (lieu, horaires et périodes de travail), ressources nettes du ménage, etc.
- **activités du ménage** : comportement tabagique de chacun des occupants, activités ménagères, utilisation de produits cosmétiques, produits d'entretien, pesticides ou insecticides, traitement des ordures ménagères, présence d'animaux, présence de plantes d'intérieur, etc.
- **perception de la qualité globale du logement par les ménages** : ressenti des occupants.

1.2.5 Temps passé par les occupants dans le logement (non présenté dans ce rapport)

Le temps passé par chacune des personnes du ménage dans les différentes pièces du logement a été collecté sur un pas de temps de 10 minutes tous les jours de la semaine d'enquête. Un jour dans la semaine, les données sur les occupations des occupants en fonction du lieu, du nombre de personnes présentes, des produits utilisés et de la présence de fumeurs ont été collectées pour l'ensemble des occupants des logements sur le même pas de temps.

1.2.6 Indicateurs de santé allergique et respiratoire (non présentés dans ce rapport)

Effectué dans le cadre d'une étude connexe menée par l'INSERM, la collecte de données sur les indicateurs de santé allergiques et respiratoires a été effectuée auprès de toutes les personnes du ménage de plus de 15 ans.

1.2.7 Repérage d'éléments nécessitant un diagnostic CO

Avant le démarrage de l'enquête, une procédure de repérage des éléments nécessitant un diagnostic CO a été élaborée afin de signaler les cas de risques potentiels d'intoxication au monoxyde de carbone aux services concernés (CAP, DDASS, InVS). A l'entrée dans le logement, les techniciens-enquêteurs réalisent des mesures et complètent un premier questionnaire sur les « risques majeurs » ; un second questionnaire plus détaillé sur les « risques différés » est rempli lors de la seconde visite.

1.3 MISE EN ŒUVRE DE LA CAMPAGNE NATIONALE LOGEMENTS

1.3.1 Sélection et formation des techniciens enquêteurs

La sélection des équipes chargées de la réalisation des enquêtes sur sites et de la coordination technique et logistique s'est effectuée à partir d'une consultation nationale et sur la base d'un cahier des charges détaillant les missions confiées. L'intervention des techniciens enquêteurs sur sites a été subordonnée au suivi d'une formation préalable assurée par le CSTB.

Six sessions de formation ont été organisées dans les locaux du CSTB, à Champs-sur-Marne en 2003 et 2004 et ont permis de former **49 techniciens enquêteurs**. Deux types de formations ont été organisés : les formations « de base » destinées aux personnes amenées à réaliser les enquêtes ou à superviser leur déroulement, et les formations « accélérées » pour les personnes amenées à renforcer les équipes formées lors des sessions « de base ».

Les **formations « de base »** menées par les experts du réseau scientifique de l'OQAI (LCPP, InVS, IRSN, etc.) étaient organisées sur 4 voire 5 jours durant lesquels l'ensemble du protocole d'enquête a été abordé de façon théorique et pratique. Chaque session de formation s'est terminée par la réalisation d'une vraie enquête simulée et l'envoi des données à la base de données. Un débriefing et un bilan d'évaluation des participants a permis d'identifier, pour chacune des équipes, les lacunes éventuelles et les points restant à approfondir. Lors des deux dernières sessions un échange avec des techniciens enquêteurs expérimentés a eu lieu.

Les **formations « accélérées »** n'ont duré que trois jours et se sont focalisées sur le prélèvement des échantillons et la collecte des informations descriptives par questionnaire.

Une à deux **journées supplémentaires** ont ensuite été consacrées localement aux équipes qui le souhaitaient. Ces formations complémentaires, menées par deux membres du CSTB, permettaient, d'une part, de revoir le protocole d'enquête et le fonctionnement des appareils de mesure et, d'autre part, de réaliser une enquête «à blanc» avant le démarrage réel des enquêtes. Quatorze formations complémentaires ont ainsi été organisées.

Les équipes de techniciens enquêteurs ont été réparties comme suit sur **12 secteurs géographiques** (voir Figure 5) pour y réaliser un certain nombre d'enquêtes (Tableau 1) :

- Secteur Rhône-Alpes : APPA Comité Dauphiné Savoie, CSTB Grenoble, Acoustb
- Secteur PACA : APPA Comité Marseille Provence, CSTB Sophia-Antipolis
- Secteur Est : ASPA
- Secteur Centre-Sud : ATMO Auvergne
- Secteur Nord-Pas-de-Calais : CDHR
- Secteur Pays de Loire – Bretagne : CSTB Nantes
- Secteur Normandie : PACT du Calvados
- Secteur Sud Ouest : Réseau Santé Publique Midi Pyrénées
- Secteur Centre-Nord : PACT du Cher
- Secteur Paris : LHVP
- Secteur Ile-de-France : CSTB Champs-sur-Marne
- Secteur Ile-de-France élargie : PACT de Paris, Socotec 10, Socotec 75, Socotec 92

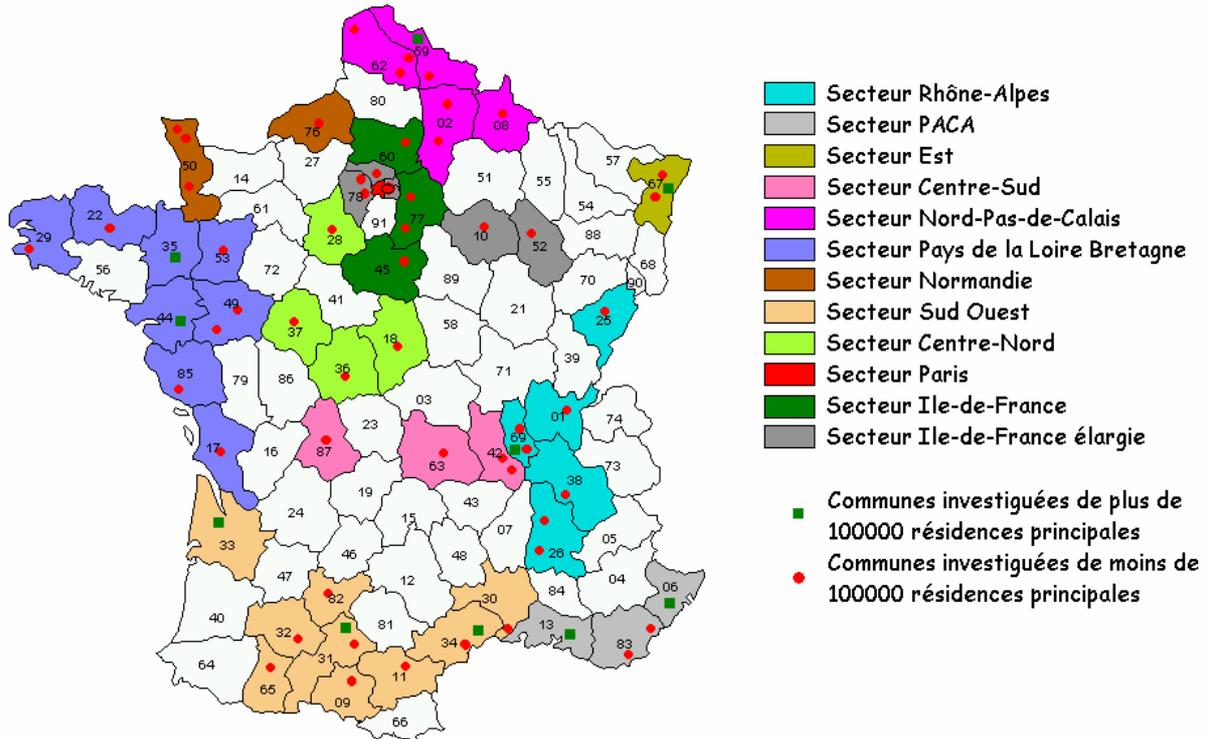


Figure 5 : Secteurs géographiques d'intervention des techniciens enquêteurs de la campagne nationale

Zones d'intervention	Nombre de logements enquêtés
PACA	27
Sud Ouest	78
Pays de Loire / Bretagne	72
IDF élargie	82
Nord	58
Rhône-Alpes	69
Normandie	29
Alsace	19
Centre Sud	28
Centre Nord	46
Ile-de-France	29
Paris	30
TOTAL	567

Tableau 1 : Nombre de logements enquêtés par zone d'intervention

1.3.2 Laboratoires d'analyses

Le choix des laboratoires a été réalisé à partir d'une consultation restreinte auprès des membres des groupes de travail ayant participé à l'élaboration des protocoles de prélèvement, d'échantillonnage et d'analyse. La sélection s'est effectuée sur la base de l'adéquation aux critères techniques et scientifiques du cahier des charges et des coûts proposés.

Cinq laboratoires ont ainsi été sélectionnés (Tableau 2) et chargés de l'ensemble des analyses d'un même polluant, pour l'ensemble de la campagne hormis pour les COV. En effet, le nombre d'analyses COV à effectuer a nécessité le recours à deux laboratoires différents (le laboratoire POLLEM du CSTB et la Fondazione Salvatore Maugeri). Cela a induit la réalisation d'essais inter-laboratoires pour s'assurer de la qualité des résultats obtenus.

Polluants	Laboratoires d'analyse
Aldéhydes	Laboratoire POLLEM du CSTB de Champs sur Marne
Allergènes (chiens, chats, acariens)	Laboratoire d'Allergologie Département de Pneumologie Hôpitaux Universitaires de Strasbourg
Composés organiques volatils	Laboratoire POLLEM du CSTB de Champs sur Marne
	Fondation Salvatore Maugeri (FSM) de Padoue (Italie)
Particules (PM ₁₀ / PM _{2,5})	Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris (LHVP)
Radon	Laboratoire DOSIRAD de Lognes

Tableau 2 : Laboratoires d'analyses par polluants

Concernant le radon, les occupants ont renvoyés les badges radon au terme de deux mois d'exposition à l'OQAI qui les a transmis au laboratoire Dosirad. Les données brutes ont été transmises à l'INRS afin d'être corrigées et validées avant d'être intégrées dans la base de données de l'OQAI.

Les mesures de monoxyde (CO) et dioxyde de carbone (CO₂) de température et d'humidité, directement traitées à partir d'un support informatique, n'ont impliqué aucun laboratoire.

1.4 ASSURANCE QUALITE DES DONNEES COLLECTEES

La qualité des données collectées est cruciale pour déterminer correctement l'exposition de la population. Elle est essentielle pour que l'exploitation ultérieure des données fournisse des résultats probants et que leur interprétation ne soit pas limitée à la simple constatation de leur non pertinence ou de leur non validité. Cette qualité est tout d'abord initiée au départ lors de la mise en place des protocoles d'échantillonnage et du choix des appareils de mesure. Elle est poursuivie lors de la formation des techniciens-enquêteurs, ceux-là même qui devront sur place mettre en œuvre les protocoles et assurer une qualité dans le retour des données. La qualité est également le quotidien des laboratoires, qui stockent, analysent et renvoient les données. Elle intervient également au niveau de la base de données pour dépister les incohérences, les erreurs éventuellement présentes.

De manière générale, la qualité intervient avant, pendant et après chaque mesure.

Il est toujours difficile d'obtenir 100% des données valides, compte tenu notamment du nombre de lieux, de laboratoires, d'opérateurs-locaux et de mesures qui sont mis en œuvre. La mise en place des **codes qualités** permet une première sélection des données sur un critère de validité par rapport au prélèvement et à l'analyse. Il y a un seul code qualité qui valide les données pour plusieurs codes de non-conformité. Ce code de validité implique donc que tous les éléments du prélèvement, du transport et de l'analyse soient corrects. Ce seul paramètre est sans doute un peu strict. Certains codes qualités de non-respect du protocole ou de différences dans les paramètres d'analyse indiquent un écart à la procédure, mais ne précisent pas dans quelle mesure ces données peuvent être ou ne pas être récupérées pour la phase d'exploitation des résultats. La réponse à cette question vient de la confrontation des données, des laboratoires et des groupes de travaux respectifs, confrontation qu'il a été nécessaire de mener avant toute exploitation des données. D'ores et déjà, la collecte des codes qualités des données nous a permis de lister les mesures satisfaisantes du point de vue de leur validité et celles qui le sont moins. L'exploitation de ces codes qualités a également permis de déterminer les sources d'erreurs ou plutôt de non validation de données, listant ainsi les points à améliorer.

Lorsque deux laboratoires interviennent pour l'analyse d'un polluant, en l'occurrence pour la mesure des composés organiques volatils (COV), il est nécessaire de mettre en place des **essais inter-laboratoires**. Un essai purement analytique a été conduit en 2004 avec la collaboration de l'Ecole des Mines de Douai et les laboratoires d'analyse (POLLEM du CSTB et la Fondazione Salvatore Maugeri). Les résultats sont présentés ci-après. Par ailleurs, une autre forme d'essai inter-laboratoire s'opère tout au long de la campagne par la pose de répliqués dans une douzaine de logements, analysés par les deux laboratoires. Un total de 10 logements a fait l'objet de la pose de répliqués. Les résultats associés ont été exploités sur la base des données brutes, du seul point de vue de la dispersion intra-laboratoire et des écarts observés entre les 2 laboratoires. Les fidélités de mesures ainsi déterminées ont alimentés le calcul plus global des incertitudes associées.

Une démarche **d'évaluation des incertitudes** de mesure a été engagée dès 2004 pour la mesure du monoxyde de carbone, du dioxyde de carbone et des composés organiques volatils. Les incertitudes calculées pour ces mesures sont présentées. Par ailleurs, les laboratoires fournissent également des informations relatives à l'incertitude de mesure. Lorsque l'information n'était pas disponible compte tenu notamment de la spécificité de la mesure, des essais complémentaires ont été menés pour déterminer l'incertitude associée.

1.4.1 Suivi de la validité des mesures collectées

Un code qualité a été associé à chaque prélèvement et chaque analyse de polluant mesuré dans les logements. Ce code permet de valider ou d'invalider les données obtenues avant leur exploitation statistique. Il est rempli par le technicien-enquêteur pour tout ce qui concerne le prélèvement (dont le déchargement des données) et le remplissage des questionnaires. Il est rempli par le laboratoire pour tous les prélèvements qui nécessitent une analyse.

L'analyse de la distribution des codes qualités permet d'identifier les sources d'erreurs associées à chaque mesure de polluant (Tableau 3). Cette analyse a été réalisée sur les 567 logements enquêtés pendant la campagne nationale logement conduite d'octobre 2003 à décembre 2005.

	Code Qualité	Description
Prélèvement	60000	Prélèvement VALIDE
	1000	Prélèvement non valide
	1110	Prélèvement non réalisable
	1120	Appareil de prélèvement défectueux
	1131	Problème de pile
	1133	Panne d'appareil de prélèvement
	1134	Problème de déchargement des données
	1135	Fichier de données informatique vide
	1136	Rupture de stock d'échantillons
	1140	Prélèvement non effectué
	1150	Refus de l'occupant d'effectuer le prélèvement
	1160	Autre(s) condition(s) du protocole de prélèvement non respectée(s)
	1200	Ajustage de l'appareil non-conforme
	1330	Erreur de manipulation au cours du prélèvement
	2110	Temps d'exposition inférieur à la consigne
	2120	Temps d'exposition supérieur à la consigne
	2130	Volume prélevé inférieur à la consigne
	2140	Volume prélevé supérieur à la consigne
	2150	Prélèvement non exigé dans le protocole (en trop)
	2160	Débit de prélèvement inférieur à la consigne
	2170	Débit de prélèvement supérieur à la consigne
	2210	Contrôle réception non conforme
2220	Température de conservation non respectée	
Analyse	0	Réponse valide
	3000	Analyse non valide
	3110	Panne d'appareil d'analyse
	3120	Appareil d'analyse défectueux
	3130	Etalonnage, vérification ou contrôle non effectué
	3140	Autre(s) condition(s) du protocole d'analyse non respectée(s)
	3210	Erreur de manipulation au cours de l'analyse
	3220	Autre fait interne au laboratoire
	3300	Echantillon non analysé
	3400	Echantillon non interprétable
	3500	Echantillon analysé hors délai limite
	3600	Information manquante sur la fiche de prélèvement
	3710	Donnée obtenue par extrapolation
	3720	Donnée obtenue par approximation
	3730	Donnée obtenue par extrapolation + approximation
3740	Donnée obtenue par coélution	
4000	Prélèvement non reçu au laboratoire	
4100	Donnée non reçue à l'équipe centrale	
Questionnaire	9995	Question sans réponse
	9996	Ne sait pas
	9997	Ne souhaite pas répondre
	9998	Sans objet
	9999	Question non traitée

Tableau 3 : Liste des codes qualités associés au prélèvement, à l'analyse, et aux questionnaires.

1.4.1.1 Monoxyde de carbone

La mesure du CO est réalisée à l'aide d'enregistreurs Draeger PAC III munis de capteurs électrochimiques. Un appareil est systématiquement disposé dans le séjour et dans toutes les pièces comportant un équipement de combustion, ainsi que les garages attenants et communicants et l'extérieur du logement. La mesure se présente sous la forme d'un profil de concentration en CO sur la semaine d'enquête avec un pas de temps de 5 min. Le fichier correspondant est déchargé de l'appareil par le technicien-enquêteur qui le transforme en version ascii et l'envoie directement à la base de données.

L'enregistrement du monoxyde de carbone est une donnée valide 92,7% du temps (n = 1414 sur 1525). La principale source d'invalidation (1,3% soit 20 enregistrements) est liée à un prélèvement non réalisable (code 1110), qui concerne en particulier l'accès à l'extérieur des logements enquêtés. Dans 1,2% des cas (19 enregistrements), c'est l'appareil en lui-même qui est en cause ce qui se traduit le plus souvent par une sonnerie de l'alarme conduisant à une action correctrice de l'occupant ou encore par la présence de données aberrantes.

1.4.1.2 Dioxyde de carbone, température et humidité relative mesurés dans la chambre

La mesure du CO₂ est réalisée dans la chambre du référent à l'aide de sondes Q-Track munies d'un détecteur infra-rouge non dispersif. La mesure se présente sous la forme d'un profil de concentration en CO₂ sur la semaine d'enquête avec un pas de temps de 10 min. L'appareil fournit dans le même temps une mesure de température et d'humidité relative. Le fichier correspondant est déchargé de l'appareil par le technicien-enquêteur qui le transforme en version ascii et l'envoie directement à la base de données.

L'enregistrement du dioxyde de carbone est une donnée valide à 89,4% (n = 507 sur 567). La principale source d'invalidation (3,9% soit 22 enregistrements) est un temps d'exposition inférieur à la consigne (moins de 5 jours d'enregistrements) soit lié à un écourtement de l'enquête ou à un arrêt précoce de l'appareil. La seconde source d'erreur est relative à une panne de l'appareil de prélèvement (code 1133), c'est-à-dire la sonde d'enregistrement Q-Track (TSI Inc.).

1.4.1.3 Température et humidité relative mesurées dans le séjour

La mesure de la température et l'humidité est réalisée dans le séjour par l'intermédiaire d'un enregistreur Hygrolog (Rotronic). La mesure se présente sous la forme d'un profil de température et d'humidité relative sur la semaine d'enquête avec un pas de temps de 10 min. Le fichier correspondant est déchargé de l'appareil par le technicien-enquêteur qui le transforme en version ascii et l'envoie directement à la base de données.

L'enregistrement de la température et de l'humidité relative dans le séjour est une donnée valide à 96,2% (n = 531 sur 552). Les deux principales sources d'invalidation (5 et 3 cas respectivement) sont un temps d'exposition inférieur à la consigne (code 2110) et un problème d'appareil defectueux (code 1120). L'écart entre le nombre total d'enregistrements (552) et le nombre final de logements enquêtés (567) correspond à des mesures qui n'ont pas été réalisées et pour lesquelles aucun code qualité n'a été indiqué. En prenant en compte ces enregistrements manquants avec ceux associés au code 1140, un total de 17 mesures non effectuées est obtenu représentant 3% des logements.

1.4.1.4 Rayonnement gamma

L'enregistrement du débit de dose externe moyen des rayonnements gamma d'origine cosmique ou tellurique est obtenu à l'aide du radiamètre de type Geiger-Müller Saphymo

6150 AD6. Le résultat est obtenu à la fin de la première enquête, soit une durée de prélèvement généralement comprise entre 2 et 4 heures. Le technicien-enquêteur reporte directement sur le palm la valeur obtenue et une autre valeur associée représentant la précision de la mesure. Ce dernier paramètre intervient uniquement pour des durées de mesures insuffisantes (< 45 min) ou non renseignées. Les appareils sont étalonnés par l'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire) au début de la campagne.

Les prélèvements sont valides dans 91,4% des cas. Les principales sources d'invalidation sont liées à un non-respect du protocole ou à un temps d'exposition insuffisant pour lesquels la précision limite de 10% n'est pas atteinte.

1.4.1.5 Radon

L'activité volumique du Radon est mesurée à partir de l'accumulation de traces de rayonnements alpha issus du ^{222}Rn et ses descendants (^{218}Po , ^{214}Po) sur un film en nitrate de cellulose de 12 μm d'épaisseur (dosimètres Kodalpha). Deux dosimètres ouverts par le technicien-enquêteur sont exposés pendant 2 mois dans la chambre et le séjour. L'occupant se charge de refermer les dosimètres et de les renvoyer au secrétariat de l'OQAI, lequel les renvoie à son tour au laboratoire Dosirad (France) en charge des analyses. Les résultats sont ensuite transmis à l'IRSN qui applique un facteur de correction pour prendre en compte les variations saisonnières de la concentration de radon²⁰. Les données brutes et corrigées sont ensuite transférées à la base de données de l'OQAI.

La validation des données est réalisée par l'IRSN et ne suit pas la procédure de codes-qualités mise en place par l'OQAI.

1.4.1.6 Allergènes d'acariens *Der f 1* et *Der p 1*

Les allergènes d'acariens sont mesurés dans la poussière recueillie au niveau du matelas de la personne référente du logement à l'aide d'un aspirateur domestique. Le sac aspirateur est envoyé au laboratoire pour analyse par la méthode immuno-enzymatique ELISA. La poussière est pesée au laboratoire avant l'analyse. Les résultats exprimés en microgrammes d'allergènes par gramme de poussière sont directement transmis par le laboratoire à la base de données de l'OQAI.

Les **prélèvements** d'allergènes d'acariens sur le matelas ont été réalisés avec succès avec en moyenne 96,7% de données valides (549 sur 567 enregistrements). La principale source d'invalidité des données est la non-réalisation du prélèvement liée au refus de l'occupant dans 12 cas (2,1%). Cela reste marginal devant le nombre de prélèvements valides réalisés.

L'**analyse** des deux allergènes majeurs d'acariens (*Der p 1* et *Der f 1*) sur les échantillons de poussières (dans les sacs aspirateurs) par le laboratoire (HUS Strasbourg) est valide à 77,1% (n = 876 sur 1136 prélèvements, 2 analyses par prélèvement). Près de 20% des analyses ne sont pas valides du fait d'échantillons non interprétables (quantité de poussières collectées insuffisantes pour réaliser la mesure). L'analyse, qui nécessite une quantité suffisante de poussières, représente donc le facteur limitant la validité des mesures d'allergènes d'acariens.

²⁰ Baysson H., Billon S., Laurier D., Rogel A. & Tirmarche M. (2003), Seasonal correction factors for estimating radon exposure in dwellings in France, *Radiation Protection Dosimetry*, 104(3), 245-252.

1.4.1.7 Allergènes de chat *Fel d 1* et chien *Can f 1*

Les allergènes de chat et chien sont analysés dans les particules en suspension dans l'air collectées sur des cassettes-filtres dans le séjour du logement enquêté. Le prélèvement dure 1 heure à un débit de 20 L/min en l'absence de tout animal domestique. Les allergènes sont ensuite dosés au laboratoire par une méthode d'analyse immunoenzymatique ELISA. Les données complémentaires nécessaires au calcul de la concentration en allergènes (débit et durée de prélèvement) sont récupérées par le laboratoire au niveau de la fiche de prélèvement transmise par les techniciens-enquêteurs. Les résultats exprimés en nanogrammes par m³ d'air sont directement transmis par le laboratoire à la base de données de l'OQAI.

Les **prélèvements** d'allergènes de chat et chien dans l'air ont été réalisés avec succès avec en moyenne 92,4% de données valides (1 566 sur 1 694 prélèvements, 3 mesures par logement). La principale source d'invalidité des données (2,8% soit 48 mesures) est liée à un débit de prélèvement inférieur à la consigne qui diminue la quantité de poussières collectée sur les cassettes-filtres et donc la sensibilité de l'analyse. Ces mesures ne sont pas prises en compte car elles orienteraient la distribution vers les limites de détection et de quantification. Cependant, dans 94% des cas le débit est compris entre 19 et 21 L/min ce qui est très satisfaisant par rapport au débit nominal de 20 L/min (incertitude de $\pm 1\%$). La seconde source d'invalidité des données (2,4% soit 40 mesures) représente une autre condition de protocole non respectée (par exemple présence d'animaux dans la pièce de mesure, etc.).

L'**analyse** des allergènes de chat et chien dans les cassettes-filtres est validée 96,5% du temps (3 282 sur 3 402 mesures). La principale source d'invalidation reste le non respect du protocole de prélèvement pour 24 cas (soit 8 logements), notamment la présence d'animaux domestiques dans la pièce instrumentée.

Un autre moyen de s'assurer de la qualité de la mesure est de regarder les débits de prélèvements sur cassette-filtres des allergènes de chat et de chien en suspension dans l'air. La Figure 6 présente la distribution des débits de prélèvements réglés sur le banc de débitmètres massiques et relevés par les techniciens-enquêteurs. Le débit est compris à 94% entre 19 et 21 L/min ce qui est très satisfaisant par rapport au débit nominal de 20 L/min (incertitude de $\pm 1\%$). Le débit joue essentiellement au niveau du calcul de la concentration en allergènes en suspension dans l'air. Il peut également intervenir sur la sélection en taille des particules collectées, mais comme les cassette-filtres utilisées ne présentent pas de sélection particulière selon le diamètre aérodynamique, ce critère n'est pas retenu pour invalider les mesures réalisées à des débits supérieurs à 17 L/min.

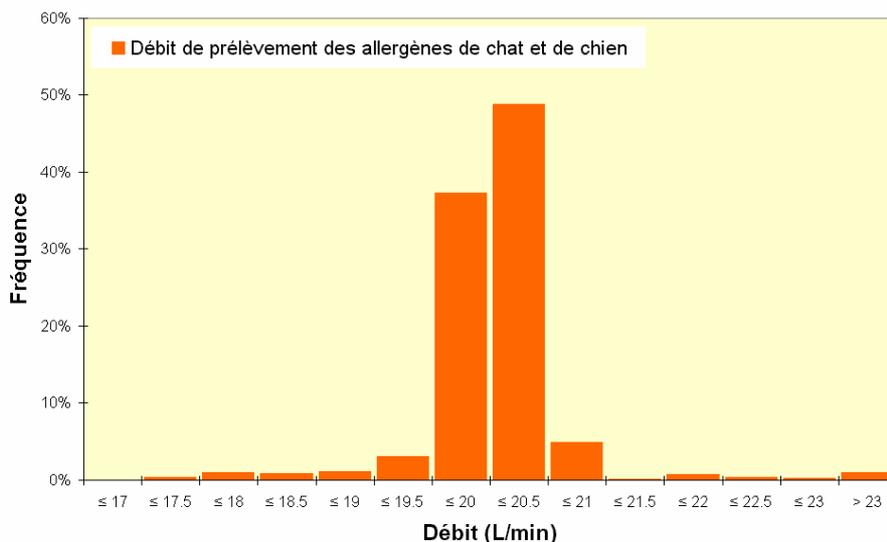


Figure 6 : Distribution des débits de prélèvement associés à l’analyse des allergènes de chat et chien.

1.4.1.8 Aldéhydes

Le prélèvement des 4 aldéhydes cibles (Formaldéhyde, Acétaldéhyde, Acroléine, Hexaldéhyde) est réalisé par diffusion sur cartouches DNPH (Radiello®) au niveau de la chambre du référent et à l’extérieur du logement. Ces cartouches sont ensuite transportées pour analyse au laboratoire. L’analyse chromatographique permet de déterminer la masse d’aldéhyde contenue dans la cartouche, qui associée au débit passif de prélèvement (connu par le laboratoire) et à la durée d’exposition (calculées par rapports aux dates de pose et retrait renseignées par les techniciens-enquêteurs sur la fiche de prélèvement) permet de déduire la concentration d’exposition en aldéhyde. Les résultats exprimés en microgrammes par m³ d’air sont directement transmis par le laboratoire à la base de données de l’OQAI.

Prélèvement

Sur 1301 prélèvements réalisés, 1244 présentent un code qualité valide (95,6%). La principale source d’invalidation est l’impossibilité de réaliser le prélèvement (code 1110), notamment à l’extérieur du logement. Cela représente 24 prélèvements soit environ 1,8%. Cette source d’invalidation peut être attribuée au seul choix des techniciens-enquêteurs ou encore à l’impossibilité matérielle de mettre en place le prélèvement. La seconde source d’invalidation du prélèvement est représentée par le code 1000 (8 cas soit 0,6%). Elle met notamment en avant l’erreur humaine d’inversion des corps diffusifs (confusion entre aldéhydes et COV).

Analyse

En ce qui concerne l’analyse des aldéhydes, le pourcentage de données validées par le laboratoire POLLEM représente 79,2% (soit 3 544 données ou 886 analyses sur 4 472 données ou 1 118 analyses). Les deux principales sources d’invalidation sont liées à un non respect du protocole : échantillon analysé hors délai limite pour 412 données soit 103 analyses (9,2%), ou température de conservation non respectée pour 204 données soit 51 analyses (4,6%).

Les données aldéhydes non valides du point de vue des codes qualités représentent donc une quantité non négligeable. Pour déterminer jusqu’à quel point ces données peuvent être

exploitées ultérieurement, le groupe de travail a décidé de conserver certains codes qualités. Les codes qualités suivants accompagnant la mesure des aldéhydes sont donc considérés comme exploitables :

- Prélèvement : code 2110 (1 logement à 4 jours d'exposition) et 1160 (au cas par cas).
- Analyse : codes 3500 et 2220, 3720, 2210 (si l'analyse est possible), 2110.

L'influence des codes qualités 3500 (stockage après prélèvement de 1 mois au lieu de moins de 15 jours) et 2220 (stockage des cartouches à température ambiante contre stockage au réfrigérateur) a été testé sur plusieurs groupes de 3 prélèvements dans un logement test. Les résultats obtenus (Figure 7) montrent l'impact significatif de la température de stockage sur les concentrations mesurées en Formaldéhyde (-24% à 23 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) et en Hexaldéhyde (-16% à 10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) et dans une moindre mesure l'influence significative de la durée de stockage sur le Formaldéhyde (-8%) et l'Hexaldéhyde (-6%). Les mesures associées aux codes qualités 2220 et 3500 sous-estiment donc la valeur réelle des concentrations en aldéhydes dans les logements. La prise en compte de ces données (représentant environ 25 logements pour CQ2220 et 50 logements pour CQ3500) dans la distribution nationale entraîne par conséquent un léger biais dans les estimations. Le code 2220 présente l'écart le plus important et dans la majorité des cas il est lié à un surcroît dans le délai de transport, en particulier lors des week-ends où le colis contenant les cartouches reste stocké dans les conditions ambiantes. Le code 2220 est malgré tout considéré comme exploitable, les données mesurées restant dans le même ordre de grandeur que les concentrations réelles. Par ailleurs, le transport des cartouches jusqu'au laboratoire a été effectué par chronopost dans les conditions ambiantes (≤ 48 heures). Le code 2220 n'est employé que lorsque le colis reste plus de 48 heures dans des conditions ambiantes.

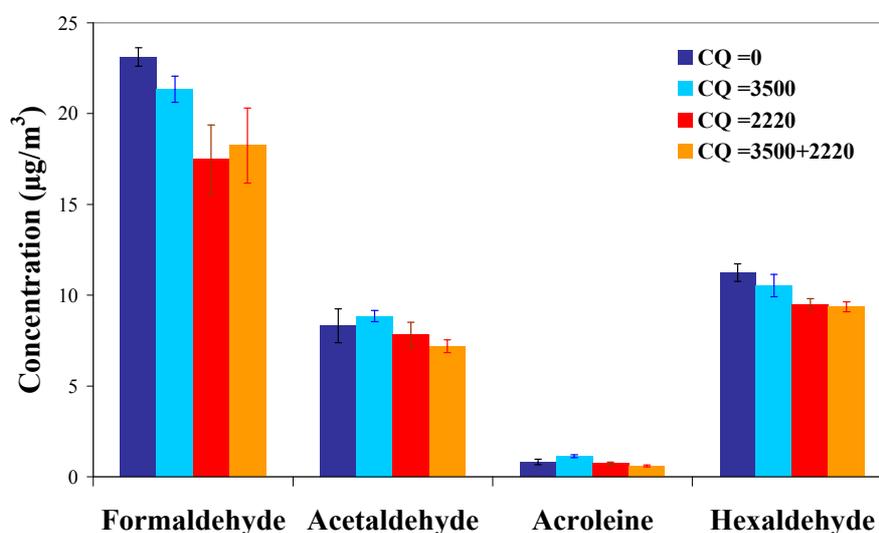


Figure 7 : Influence de la durée de stockage CQ 3500 (1 mois contre < 15 jours) et de la température de stockage CQ 2220 (25 contre < 4 °C) sur les concentrations mesurées d'aldéhydes.

Des cartouches témoins ont été disposées sur le terrain pour prendre en considération l'effet lié à la manipulation et au transport. Les résultats exprimés pour une durée d'exposition de 7 jours sont rassemblés au Tableau 4. Ces valeurs restent majoritairement inférieures aux limites de quantification (LQ) respectives et par conséquent leur interférence reste négligeable.

Nom	Lieu	Concentrations (en µg/m ³) - exposition 7 jours					
		Effectif	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Min	Max
Formaldéhyde	extérieur	32	0.121	0.1	0.124	0	0.4
	intérieur	33	0.158	0.2	0.144	0	0.5
Acétaldéhyde	extérieur	32	0.053	0	0.080	0	0.3
	intérieur	33	0.064	0	0.127	0	0.5
Acroléine	extérieur	32	0.028	0	0.085	0	0.4
	intérieur	33	0.021	0	0.042	0	0.1
Hexaldéhyde	extérieur	32	0.006	0	0.035	0	0.2
	intérieur	33	0.003	0	0.017	0	0.1

Tableau 4 : Statistiques sur les cartouches témoins aldéhydes.

1.4.1.9 Composés organiques volatils (COV)

Le prélèvement des 12 composés organique volatiles cibles (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, (m+p)-Xylènes, o-Xylène, Styrene, 1,2,4-Triméthylbenzène, Trichloroéthylène, Tétrachloroéthylène, 1,4-Dichlorobenzène, n-Décane, n-Undécane) est réalisé par diffusion sur cartouches carbograph 4 (Radiello®) au niveau de la chambre du référent et à l'extérieur du logement. A la demande de l'AFSSE, 4 autres composés ont été rajoutés à cette liste (1-Methoxy-2-propanol, 1-Méthoxy-2-propyl acétate, 2-Butoxyéthanol, 2-Butoxyéthyl acétate) pour un total final de 16 cibles. Ces cartouches sont ensuite transportées pour analyse au laboratoire. L'analyse chromatographique permet de déterminer la masse de COV contenue dans la cartouche, qui associée au débit passif de prélèvement (connu par le laboratoire) et à la durée d'exposition (calculées par rapports aux dates de pose et retrait renseignées par les techniciens-enquêteurs sur la fiche de prélèvement) permet de déduire la concentration d'exposition en COV. Les résultats exprimés en microgrammes par m³ d'air sont directement transmis par le laboratoire à la base de données de l'OQAI.

Prélèvement

Sur 1588 prélèvements réalisés, 1533 sont considérés valides (96,5%). Comme pour le prélèvement des aldéhydes, similaire par nature, la principale source d'invalidation est l'impossibilité de réaliser le prélèvement (code 1110), notamment à l'extérieur du logement. Cela représente 24 prélèvements soit environ 1,5%. Cette source d'invalidation peut être attribuée au seul choix des techniciens-enquêteurs ou encore à l'impossibilité matérielle de mettre en place le prélèvement. La seconde source d'invalidation est représentée par des prélèvements non effectuées majoritairement à l'extérieur (code 1140 : 8 cas soit 0,5%) au même niveau que le code 1160 (autre condition du protocole non respectée).

Analyse

L'analyse des composés organiques volatils a été réalisé par 2 laboratoires : le laboratoire POLLEM du CSTB et le laboratoire italien de la Fondazione Salvatore Maugeri (FSM).

La validité de l'analyse est atteinte 52,9% du temps (soit 10751 contre 20336 analyses effectuées). Ce pourcentage est déterminé sur l'ensemble des données de chaque cible. L'analyse d'un prélèvement valide conduit normalement à 16 données valides. Toutefois, au sein d'une même analyse, différents codes qualités peuvent être attribués selon que tel ou tel composé est coélué, en dehors de la gamme, etc.

La principale source d'invalidité des données est le non respect du protocole (code 3500 : échantillon analysé hors délai limite). Elle représente 19,4% des données. Ce constat peut être expliqué par différents facteurs : le non respect de l'envoi par les techniciens-enquêteurs, le temps de transport des prélèvements jusqu'au laboratoire (transport national et international) et une durée de stockage au laboratoire supérieure à celle établie dans le protocole.

La seconde source d'invalidité est l'approximation de la concentration (valeur mesurée hors de la gamme de la droite d'étalonnage initiale), généralement observé pour les concentrations élevées. Ce code est utilisé 12,2% du temps.

Les données COV non valides du point de vue des codes qualités représentent donc une quantité non négligeable. Pour déterminer jusqu'à quel point ces données peuvent être exploitées ultérieurement, le groupe de travail a décidé (réunion du 7 juillet 2005) de conserver certains codes qualités. Les codes qualités suivants accompagnant la mesure des COV sont donc considérés comme exploitables :

- Prélèvement : code 2110 (1 logement à 4 jours d'exposition) et 1160 (au cas par cas).
- Analyse : codes 3500 et 2220, 3720, 3710, 3730, 2210 (si l'analyse est possible), 2110.

L'influence du code qualité 3500 (stockage après prélèvement de 1 mois au lieu de moins de 15 jours) a été testé sur plusieurs groupes de 3 prélèvements dans un logement test. Les résultats obtenus (Figure 8) montrent l'impact significatif de la température de stockage sur les concentrations mesurées en Ethylbenzène (-15%), Xylènes (-18%), Benzène (-16%), 1,4-Dichlorobenzène (-26%) et en 2-Butoxyéthanol (+75%). Ces écarts bien que significatifs restent minimes au regard des niveaux de concentration observés dans le logement test. Le code 3500 est par conséquent considéré comme exploitable. Par ailleurs, la température de stockage (ambiante ou réfrigérée) ne semble pas affecter les mesures.

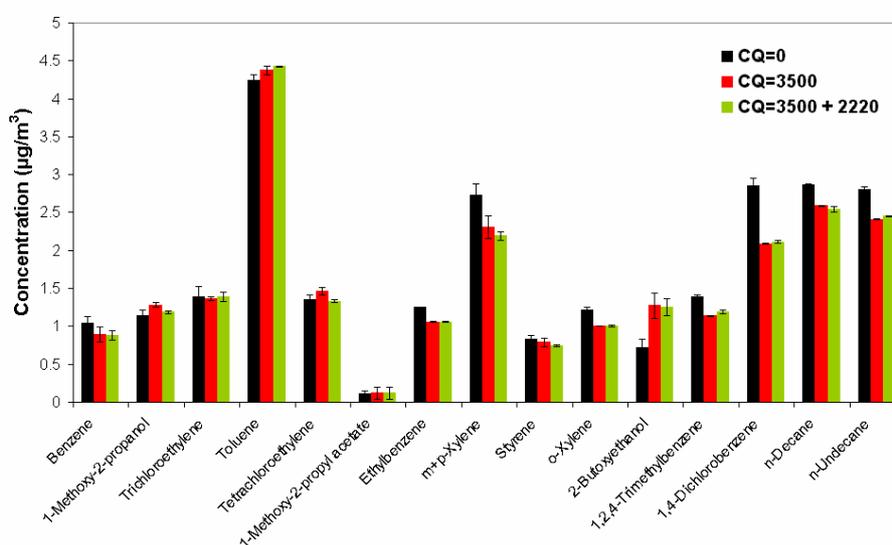


Figure 8 : Influence de la durée de stockage (CQ 3500) sur les concentrations mesurées de COV.

Des cartouches témoins ont été disposées sur le terrain pour prendre en considération l'effet lié à la manipulation et au transport. Les résultats exprimés pour une durée d'exposition de 7 jours sont rassemblés au Tableau 5. Ces valeurs restent majoritairement inférieures aux limites de quantification (LQ) respectives et par conséquent leur interférence reste

négligeable. Seuls le 1,2,4-Triméthylbenzène, 1,4-Dichlorobenzène et le Décane présentent des niveaux moyens sur les cartouches témoins supérieurs à la LQ. Les faibles concentrations de ces composés sont donc légèrement surestimées.

nom	Concentrations (en µg/m ³) - exposition 7 jours						
	lieu	Effectif	Moyenne	Mediane	Ecart type	Max	Min
Benzène	extérieur	39	0.17	0.20	0.15	0.50	0
	intérieur	38	0.18	0.15	0.16	0.70	0
1-Méthoxy-2-propanol	extérieur	39	0.01	0.00	0.03	0.20	0
	intérieur	38	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Trichloroéthylène	extérieur	39	0.21	0.00	0.35	1.00	0
	intérieur	38	0.24	0.00	0.50	2.30	0
Toluène	extérieur	39	0.72	0.70	0.55	1.70	0
	intérieur	38	0.74	0.70	0.61	2.30	0
Tétrachloroéthylène	extérieur	39	0.09	0.00	0.25	1.00	0
	intérieur	38	0.05	0.00	0.15	0.60	0
1-Méthoxy-2-propyl acétate	extérieur	39	0.01	0.00	0.02	0.10	0
	intérieur	38	0.00	0.00	0.02	0.10	0
Ethylbenzène	extérieur	39	0.36	0.30	0.31	1.00	0
	intérieur	38	0.30	0.20	0.31	1.00	0
(m+p)-Xylènes	extérieur	39	0.67	0.50	0.64	2.10	0
	intérieur	38	0.67	0.50	0.65	2.10	0
Styrène	extérieur	39	0.21	0.20	0.16	0.50	0
	intérieur	38	0.20	0.20	0.16	0.50	0
o-Xylène	extérieur	39	0.36	0.20	0.31	1.00	0
	intérieur	38	0.33	0.20	0.32	1.00	0
2-Butoxyéthanol	extérieur	39	0.01	0.00	0.03	0.20	0
	intérieur	38	0.03	0.00	0.13	0.80	0
1,2,4-Triméthylbenzène	extérieur	39	0.42	0.30	0.38	1.30	0
	intérieur	38	0.42	0.25	0.41	1.20	0
1,4-Dichlorobenzène	extérieur	39	0.55	0.00	0.81	2.60	0
	intérieur	38	0.51	0.00	0.78	2.30	0
n-Décane	extérieur	39	0.76	0.40	0.74	2.20	0
	intérieur	38	0.80	0.75	0.74	2.20	0
2-Butoxyéthyl acétate	extérieur	39	0.00	0.00	0.00	0.00	0
	intérieur	38	0.00	0.00	0.00	0.00	0
n-Undécane	extérieur	39	0.60	0.40	0.62	2.40	0
	intérieur	38	0.56	0.30	0.64	2.40	0

Tableau 5 : Statistiques sur les cartouches COV témoins.

1.4.1.10 Concentration massique des particules en suspension dans l'air (PM_{2,5} et PM₁₀)

Au niveau des particules en suspension dans l'air, deux cibles sont mesurées au niveau de la campagne nationale logement : la concentration massique des particules d'un diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm (PM_{2,5}) et la concentration massique des particules d'un diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm (PM₁₀). Cette mesure, certainement la plus complexe réalisée dans le cadre de la campagne, nécessite une phase de prélèvements sur filtre assez lourde pour les techniciens-enquêteurs, une phase d'enregistrements des données (débits de pompe, durée et volume de prélèvement) et une phase d'analyse au laboratoire (pesée des filtres avant / après). Les appareils sont calibrés au laboratoire mais une vérification du débit est faite pour chaque tête de prélèvement sur place au moyen d'un débitmètre à piston (DryCal DC-M, Bios) à la pose et au retrait de l'appareil.

Prélèvement

Sur les 1139 prélèvements (PM_{2,5} et PM₁₀), 606 présentent un code qualité valide (soit environ 53%). Les principales causes de non validité du prélèvement sont un débit de prélèvement inférieur (code 2160 pour 8,5% des prélèvements) ou supérieur (code 2170 pour 4,7%) à la consigne. Elles mettent en évidence les difficultés rencontrées par les techniciens

enquêteurs pour régler minutieusement les débits de prélèvements entre les 2 voies (PM_{2,5} et PM₁₀) du Mini-partisol d'Ecomesure. Par ailleurs, des soucis au niveau des appareils (code 1120 : panne, impossibilité de régler les débits, pompe qui s'emballa,...) restent fréquents (5,7% des prélèvements).

Afin de déterminer plus finement les sources globales de non validité des données, plusieurs codes qualités ont été regroupés comme suit. L'attribution des codes qualités à chaque source reste difficile pour certains codes pouvant être liés à plusieurs sources. Néanmoins, un choix forcé a été établi.

- Non respect du protocole : Code 2160 (débit de prélèvement inférieur à la consigne)
Code 2170 (débit de prélèvement supérieur à la consigne)
Code 2110 (temps d'exposition inférieur à la consigne)
Code 2120 (temps d'exposition supérieur à la consigne)
Code 1200 (ajustage de l'appareil non conforme)
Code 2130 (volume de prélèvement inférieur à la consigne)
Code 2140 (volume de prélèvement supérieur à la consigne)
Code 1160 (autres conditions du protocole non respectée)
- Problème lié à l'appareil : Code 1000 (prélèvement non valide)
Code 1120 (appareil défectueux)
Code 1133 (panne d'appareil de prélèvement)
Code 1134 (problème de déchargement des données)
Code 1131 (problème de pile ou batterie)
- Part du technicien-enquêteur :
Code 1110 (prélèvement non réalisable)
Code 1140 (prélèvement non effectué)
Code 1136 (rupture de stocks de l'échantillon)
Code 1330 (erreur de manipulation lors du prélèvement)
- Part de l'occupant : Code 1150 (refus de l'occupant de réaliser le prélèvement)

Ce découpage permet de hiérarchiser les sources d'invalidité du prélèvement. Ainsi, le non-respect du protocole est la première cause de non validité des données. Une partie de ces données reste toutefois exploitable. Le groupe de travail particules s'est prononcé et a établi des critères de sélection des données à conserver. Les codes suivants sont donc considérés dans un premier temps comme exploitables : 1134 (si l'information reste récupérable), 1160, 1200, 2110 et 2120 (sauf si la programmation est décalée), 2130 (75% de temps de prélèvement minimum), 2140, 2160, 2170 (voir avec la tolérance sur les débits), 2220, 3500 et 3600.

L'appareil est également une source non négligeable de perte de validité des prélèvements. Le Mini-Partisol est utilisé dans ses limites lors des enquêtes. C'est la première fois dans une étude qu'il est utilisé sur 7 jours consécutifs. Par ailleurs, le logiciel associé pour le déchargement des données n'est pas des plus conviviaux.

Enfin, la mise en place de ce prélèvement est consommatrice de temps. Celui-ci étant relativement restreint lors d'une enquête pour laquelle de nombreux autres prélèvements et questionnaires doivent être réalisés, le technicien-enquêteur est amené dans certains cas à sacrifier le prélèvement des particules pour que le reste de l'enquête puisse se dérouler convenablement. Par ailleurs, les filtres nécessitent une manipulation délicate pas toujours évidente à respecter sur le terrain.

Enfin l'occupant est amené à refuser le prélèvement pour son propre confort, ou selon la dimension et disposition de son séjour. L'appareil a déjà subi une atténuation du bruit, réalisé

par le fabricant. Celle-ci peut toutefois ne pas être suffisante devant l'exigence de l'occupant, notamment en période nocturne.

Analyse

D'un point de vue de l'analyse (pesée des filtres par le laboratoire du LHVP), 912 données sont valides sur 944 collectées (96,6%). La principale cause de non validité est liée à un contrôle non-conforme lors de la réception des filtres (code 2210 : 1,5%), qui traduit généralement un filtre détérioré rendant impossible la pesée.

Le facteur limitant de la validité de la mesure de la concentration massique des particules en suspension dans l'air est de loin le prélèvement. Les codes qualités ne suffisent pas à déterminer si les mesures sont exploitables. Il est nécessaire de regarder plus en détail le prélèvement et notamment les débits de prélèvement. La Figure 9 présente la distribution des débits moyens pour les prélèvements valides. Sur les 1134 prélèvements réalisés, 21,1% n'ont aucune valeur de débit reporté et 9,3% présentent un débit moyen inférieur à 1,5 L/min. L'incidence de la tolérance du débit moyen sur le seuil de coupure en diamètre des particules (sélectivité) est reportée à la Figure 10 et au Tableau 6. Un autre point à considérer est l'évolution du débit au cours du prélèvement, qui est déterminée par la différence entre le débit final et le débit initial (Figure 11).

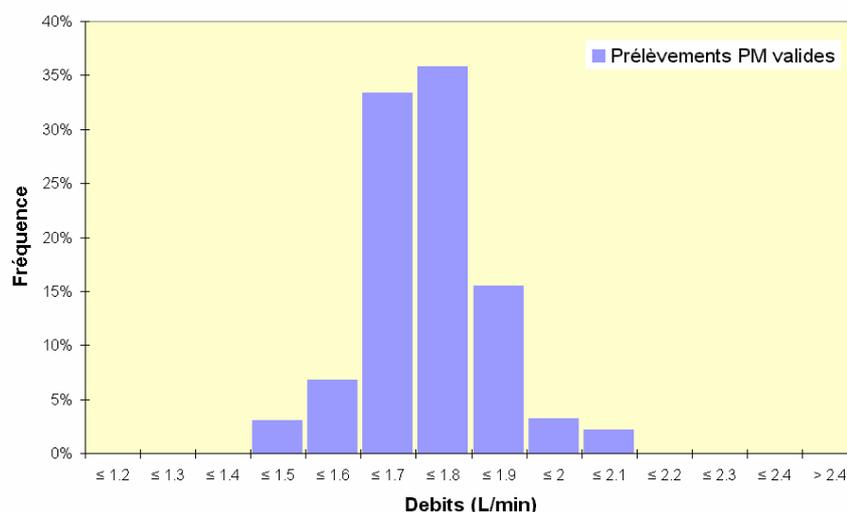


Figure 9 : Distribution des débits de prélèvement moyens des $PM_{2.5}$ et PM_{10} valides.

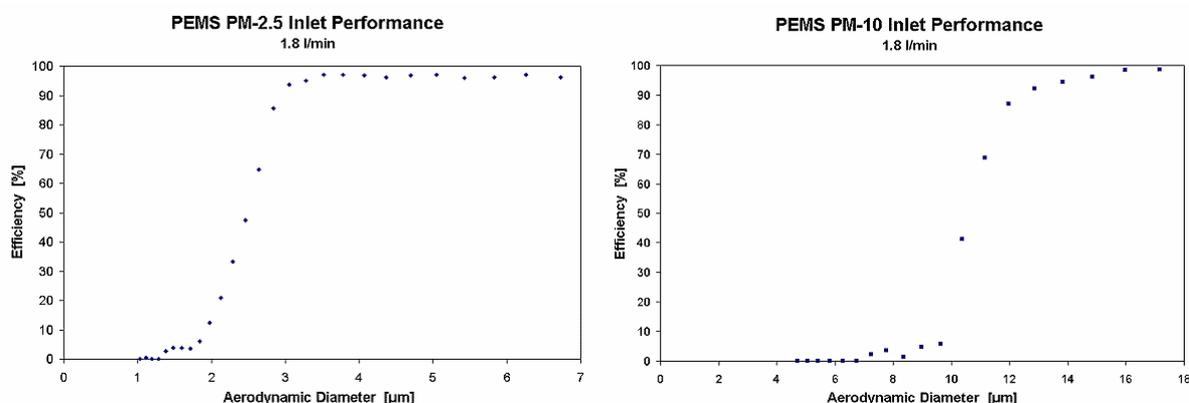


Figure 10 : Seuil de coupure des impacteurs $PM_{2.5}$ et PM_{10} du Chempass (source R&P).

Tolérance	%Valides	Seuil PM2.5	Seuil PM10
0	18%	2.5	10.2
± 0.1	51%	2.43 – 2.57	9.92 – 10.48
± 0.2	65%	2.37 – 2.64	9.66 – 10.81
± 0.3	70%	2.31 – 2.73	9.43 – 11.16

Tableau 6 : Effet de la tolérance du débit moyen sur le pourcentage de données valides (total $PM_{2.5}$ et PM_{10}) et le seuil de coupure théorique.

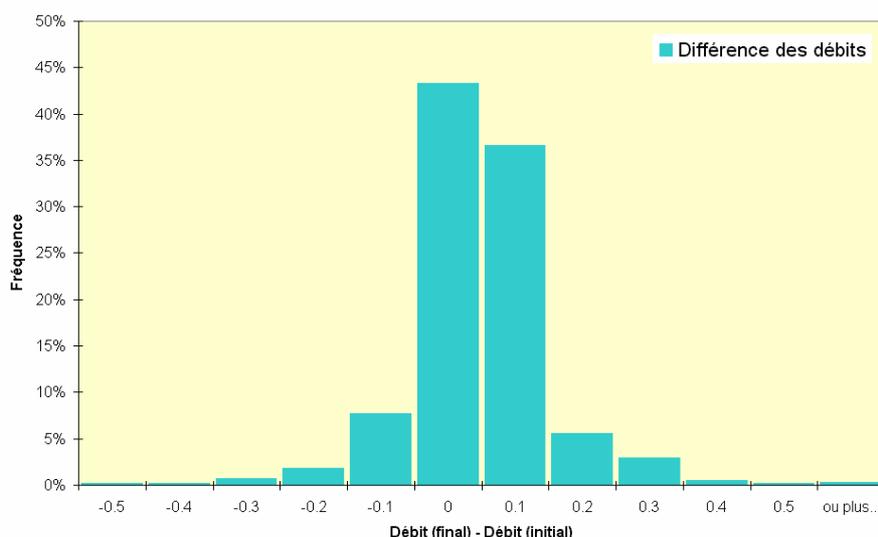


Figure 11 : Distribution des différences de débits de prélèvement des $PM_{2.5}$ et PM_{10} .

En ce qui concerne le temps d'exposition (et par corollaire le volume de prélèvement), deux critères sont à considérer :

- le respect de la programmation,
- un minimum de 75% de prélèvement (soit un minimum de 92 sur les 123 heures de fonctionnement). Ce critère est appliqué pour tous les enregistreurs de l'OQAI.

Le non respect de la température de conservation a été maintenu, il conduit en fait à un délai dans le processus de transport. Il n'a pas été encore appliqué à ce jour.

Une règle de validation a été établie, compte tenu du constat que des CQ valides affichent néanmoins des débits non acceptables. Cette règle est suivie dans l'ordre suivant :

- 1) Vérification de la présence d'une mesure du débit final
- 2) Sélection des débits moyens $((D_{\text{initial}} + D_{\text{final}})/2)$ compris entre 1,5 et 2,1 L/min (tolérance de $\pm 0,3$ L/min). La tolérance initiale de Ecomesure était de $\pm 0,2$ L/min.
- 3) Sélection des données présentant $|D_{\text{final}} - D_{\text{initial}}| < 0.4$ L/min
- 4) Elimination des CQ inexploitable
- 5) Temps de prélèvement ≥ 5 jours.

Le temps de prélèvement doit être déterminé car en effet, le mini-partisol donne le temps de fonctionnement (ou le temps d'enregistrement) prenant en compte les phases où la pompe n'est pas en marche. Pour connaître le temps effectif de prélèvement, la démarche suivante est appliquée :

- 1) Récupération au niveau du fichier A (synthèse) du début de l'enregistrement et de la durée de l'enregistrement → on en déduit la fin de l'enregistrement.
- 2) Prise en compte des plages de programmation (17H à 8H + week-ends) : calcul manuel.
- 3) Validation de la programmation : au niveau du fichier B (états toutes les 30 min), on s'assure du bon fonctionnement de la programmation. Si le fichier B n'existe pas, on s'assure que le $V_{\text{total}} < 36 \text{ m}^3$ (volume total de prélèvement pour un débit de 3.6 L/min et 168 H de fonctionnement). En mode programmation, la durée de fonctionnement serait autour de 123 H et un $V_{\text{total}} \sim 26 \text{ m}^3$.
- 4) Calcul du temps de prélèvement.

Inversion de filtres : Compte tenu le plus souvent du manque d'information sur l'existence ou non d'une inversion (masse obtenue aberrante), les 2 prélèvements associés $\text{PM}_{2.5}$ et PM_{10} sont supprimés.

Le mode de calcul de la concentration en $\text{PM}_{2.5}$ (idem pour PM_{10}) est le suivant :

$$C_{\text{PM}_{2.5}} (\mu\text{g} / \text{m}^3) = \frac{m_{\text{PM}_{2.5}} (\mu\text{g})}{V_{\text{PM}_{2.5}} (\text{m}^3)}$$

$$V_{\text{PM}_{2.5}} (\text{m}^3) = \left[\frac{D_{\text{initial}}^{\text{PM}_{2.5}} + D_{\text{final}}^{\text{PM}_{2.5}}}{2} \right] \times \text{Temps}_{\text{prélèvement}}$$

Dix sept filtres témoins ont été analysés pour prendre en compte la manipulation et le transport, la masse résiduelle moyenne (\pm écart-type) est de :

$$m_{\text{témoin}} = -0,2 \pm 3,5 \mu\text{g}$$

La masse résiduelle sur les filtres témoins reste négligeable au regard des prélèvements effectués. Il est inutile par conséquent de corriger la masse collectée in situ avec le faible taux de perte observé sur les filtres témoins.

1.4.2 Essais inter-laboratoires

Deux essais inter-laboratoires ont été réalisés dans le cadre de la campagne nationale logements. Un premier essai destiné à évaluer la reproductibilité de la composante analytique de la mesure des COV entre les 2 laboratoires participant.

1.4.2.1 Essai inter-laboratoire (partie analytique)

Cet essai avait pour objectif de déterminer la justesse et la fidélité des mesures intra- et inter-laboratoires du point de vue analytique. Il a été réalisé avec des cartouches dopées avec chaque cible COV par un laboratoire indépendant (Ecole des Mines de Douai). Les laboratoires participant à l'essai inter-laboratoire (laboratoire POLLEM et Fondazione Salvatore Maugeri [FSM]) ont réalisé les analyses en aveugle. La justesse et la fidélité des mesures pour chaque COV sont déterminées à trois niveaux de concentrations : faible (autour de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), moyenne (autour de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), forte (autour de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

L'Ecole des Mines de Douai (EMD) a préparé 45 cartouches Radiello® (code 145) et les a dopés avec douze cibles COV (15 cartouches par niveau et 9 blancs). Le laboratoire POLLEM a analysé les cartouches (5 cartouches par niveau + 3 blancs) six semaines après le dopage alors que La Fondazione Salvatore Maugeri a analysé ses cartouches dix semaines après le dopage. Ces longs délais sont dus à des problèmes d'égarement des cartouches par les services de transport. Cet incident dès lors introduit dans l'analyse un biais lié à la différence de délai entre les deux laboratoires. Il devient alors délicat d'interpréter les résultats en termes de justesse. En revanche, la fidélité intra-laboratoire peut encore être déterminée.

	NIVEAU 1										
	Débit d'éch	Durée	heur dopée su	tube1	tube2	tube3	tube4	tube5	moyenne	écart type relatif	
	mL/min	min	ng	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	
benzene	26.8	10080	1318	4.88	4.88	4.90	4.76	4.75	4.74	4.81	1.6
trichloroéthylène	27.1	10080	1366	5.00	4.92	4.94	4.88	4.80	4.77	4.86	1.6
toluene	30	10080	1383	4.57	4.56	4.54	4.51	4.50	4.42	4.51	1.2
tetrachloroéthylène	25.4	10080	1262	4.93	5.01	4.84	5.01	4.81	4.75	4.88	2.4
ethylbenzene	25.7	10080	1381	5.33	5.33	5.26	5.31	5.26	5.19	5.27	1.0
m+p-xylene	26.6	10080	1457	5.43	5.40	5.41	5.36	5.36	5.31	5.37	0.8
o-xylene	24.6	10080	1326	5.34	5.30	5.27	5.29	5.28	5.20	5.27	0.8
styrène	27.1	10080	1324	4.86	4.73	4.79	4.70	4.71	4.66	4.72	1.0
1,2,4-triméthylbenzène	21.9	10080	1019	4.62	4.46	4.61	4.40	4.50	4.47	4.49	1.7
1,4-dichlorobenzène	22	10080	998	4.37	4.43	4.46	4.22	4.26	4.34	4.34	2.4
Décane	22.3	10080	969	4.44	4.37	4.14	4.33	4.29	4.13	4.25	2.6
Undécane	12	10808	590	4.88	4.83	4.84	4.93	4.71	4.51	4.76	3.4

Tableau 7 : Concentrations nominales et réelles dopées sur cartouches pour le 1^{er} niveau.

	NIVEAU 2										
	Débit d'éch	Durée	heur dopée su	tube1	tube2	tube3	tube4	tube5	moyenne	écart type relatif	
	mL/min	min	ng	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	
benzene	26.8	10080	5394	20.0	20.0	20.4	20.0	19.6	20.1	20.0	1.4
trichloroéthylène	27.1	10080	6223	22.8	22.8	23.2	22.5	22.1	22.8	22.7	1.7
toluene	30	10080	5704	18.9	18.7	19.0	18.8	18.7	18.4	18.7	1.1
tetrachloroéthylène	25.4	10080	5230	20.4	20.9	20.3	20.5	20.2	19.8	20.3	1.9
ethylbenzene	25.7	10080	5671	21.9	22.4	22.0	21.8	21.3	21.7	21.9	1.9
m+p-xylene	26.6	10080	6202	23.1	23.0	23.5	23.2	22.6	23.0	23.1	1.3
o-xylene	24.6	10080	5593	21.9	21.5	21.8	21.7	21.3	21.5	21.6	1.0
styrène	27.1	10080	5418	20.5	20.5	21.0	20.2	20.6	19.9	20.4	1.9
1,2,4-triméthylbenzène	21.9	10080	4404	19.9	19.6	20.2	19.3	19.3	19.9	19.7	2.0
1,4-dichlorobenzène	22	10080	3984	19.0	18.7	19.4	18.2	18.3	19.0	18.7	2.6
Décane	22.3	10080	4209	17.7	17.5	18.1	17.7	17.2	17.6	17.6	1.7
Undécane	12	10808	2430	20.1	20.4	21.3	19.1	19.0	20.0	20.0	4.8

Tableau 8 : Concentrations nominales et réelles dopées sur cartouches pour le 2^{ème} niveau.

	NIVEAU 3											
	Débit d'éch	Durée	heure	dopée	su	tube1	tube2	tube3	tube4	tube5	moyenne	écart type relatif
	mL/min	min	ng	µg/m3	%							
benzene	26.8	10080	20984	77.7	78.6	77.4	76.6	76.4	76.9	77.2	1.1	
trichloroéthylène	27.1	10080	22098	80.9	80.6	79.8	79.7	79.5	79.9	79.9	0.5	
toluene	30	10080	23574	78.0	78.0	77.0	77.3	76.8	77.3	77.3	0.6	
tétrachloroéthylène	25.4	10080	19043	74.4	73.9	73.1	72.9	72.5	73.5	73.2	0.8	
ethylbenzene	25.7	10080	20795	80.3	79.7	78.6	78.8	78.6	78.8	78.9	0.6	
m+p-xylene	26.6	10080	22743	84.8	84.3	83.0	83.2	83.1	83.3	83.4	0.6	
o-xylene	24.6	10080	20480	80.1	79.6	78.3	78.7	78.4	78.7	78.8	0.6	
styrène	27.1	10080	19869	75.0	74.3	73.6	73.8	73.7	72.9	73.6	0.7	
1,2,4-triméthylbenzène	21.9	10080	16480	74.7	73.9	74.2	74.1	74.2	74.1	74.1	0.2	
1,4-dichlorobenzène	22	10080	14538	63.3	62.4	62.7	62.6	62.7	63.0	62.7	0.3	
Décane	22.3	10080	14047	64.7	63.5	64.7	63.6	64.0	63.2	63.8	0.9	
Undécane	12	10808	8882	73.4	71.7	76.3	73.7	74.6	73.6	74.0	2.2	

Tableau 9 : Concentrations nominales et réelles dopées sur cartouches pour le 3^{ème} niveau.

Les résultats obtenus sont représentés pour chaque niveau de concentration dans les 3 graphiques ci-après. Les barres d'erreurs correspondent à un écart-type de part et d'autre de la moyenne. Les 2 laboratoires ont utilisé les mêmes débits d'échantillonnage et les mêmes temps d'exposition (7 jours) pour le calcul de la concentration d'exposition.

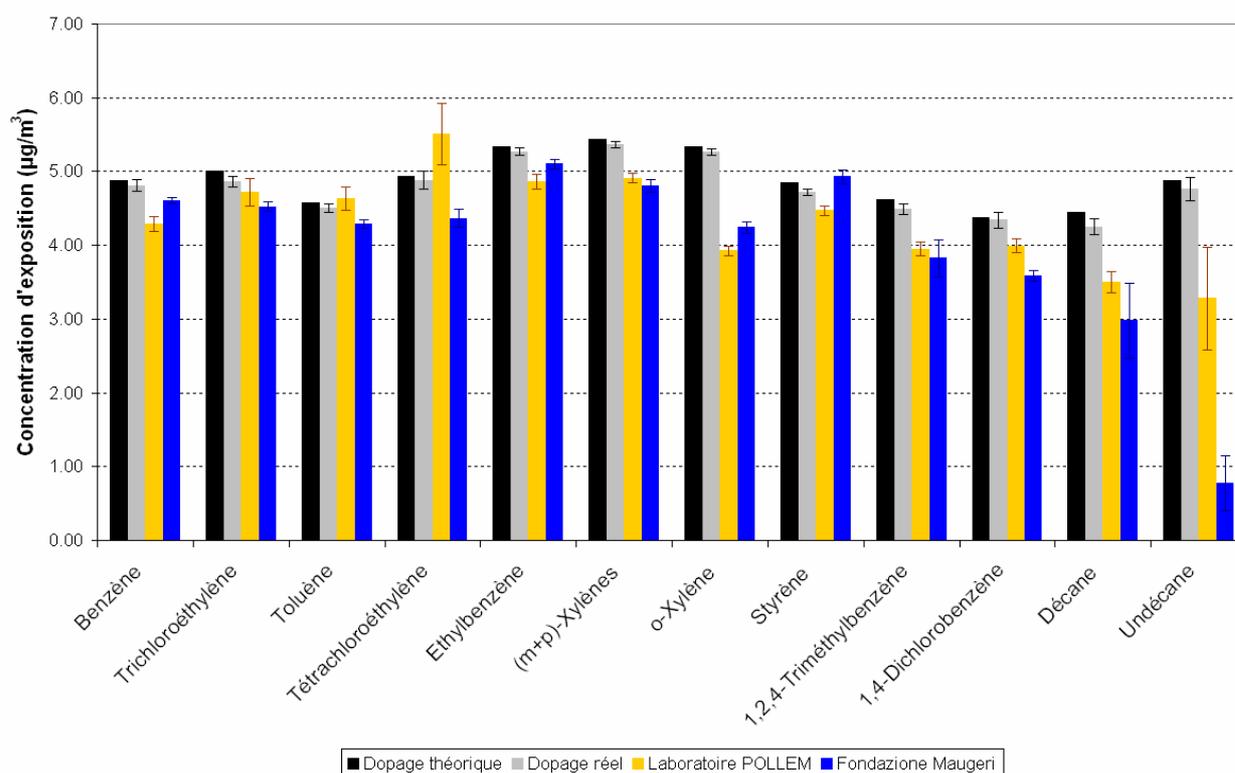


Figure 12 : Résultats de l'intercomparaison pour le niveau faible de concentration.

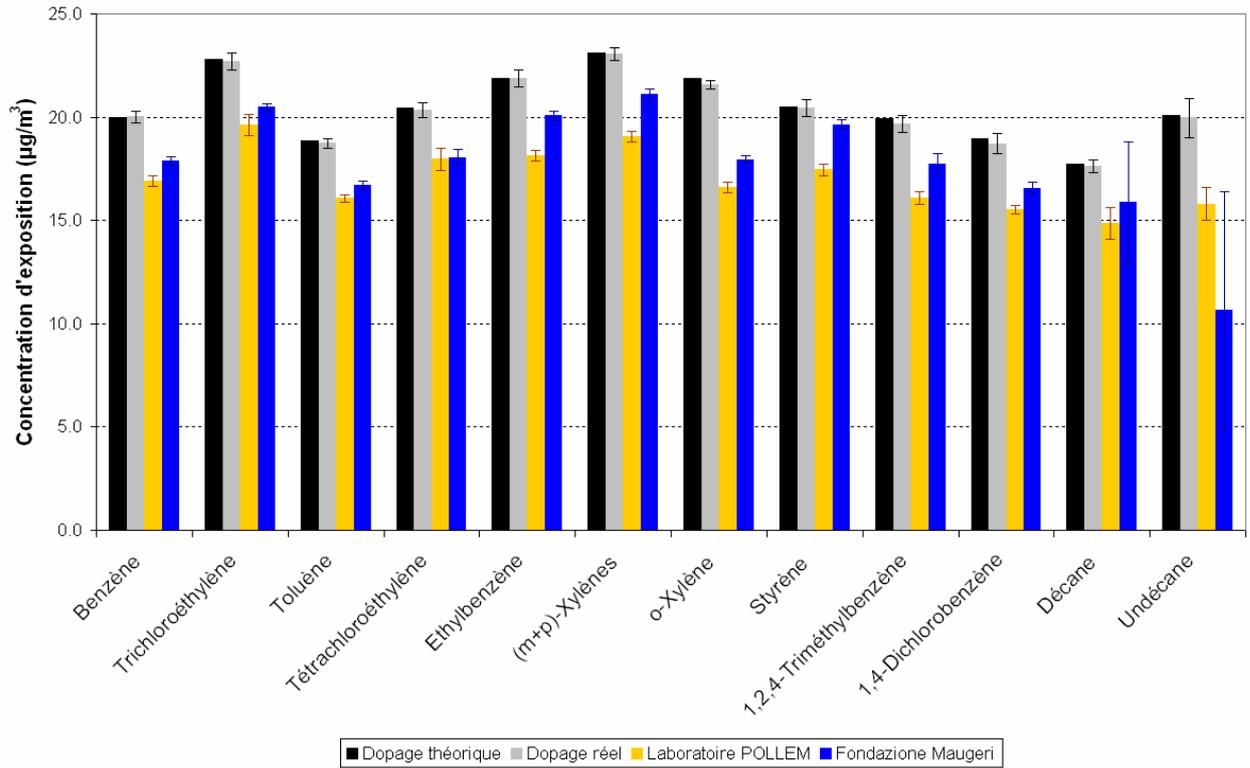


Figure 13 : Résultats de l'intercomparaison pour le niveau moyen de concentration.

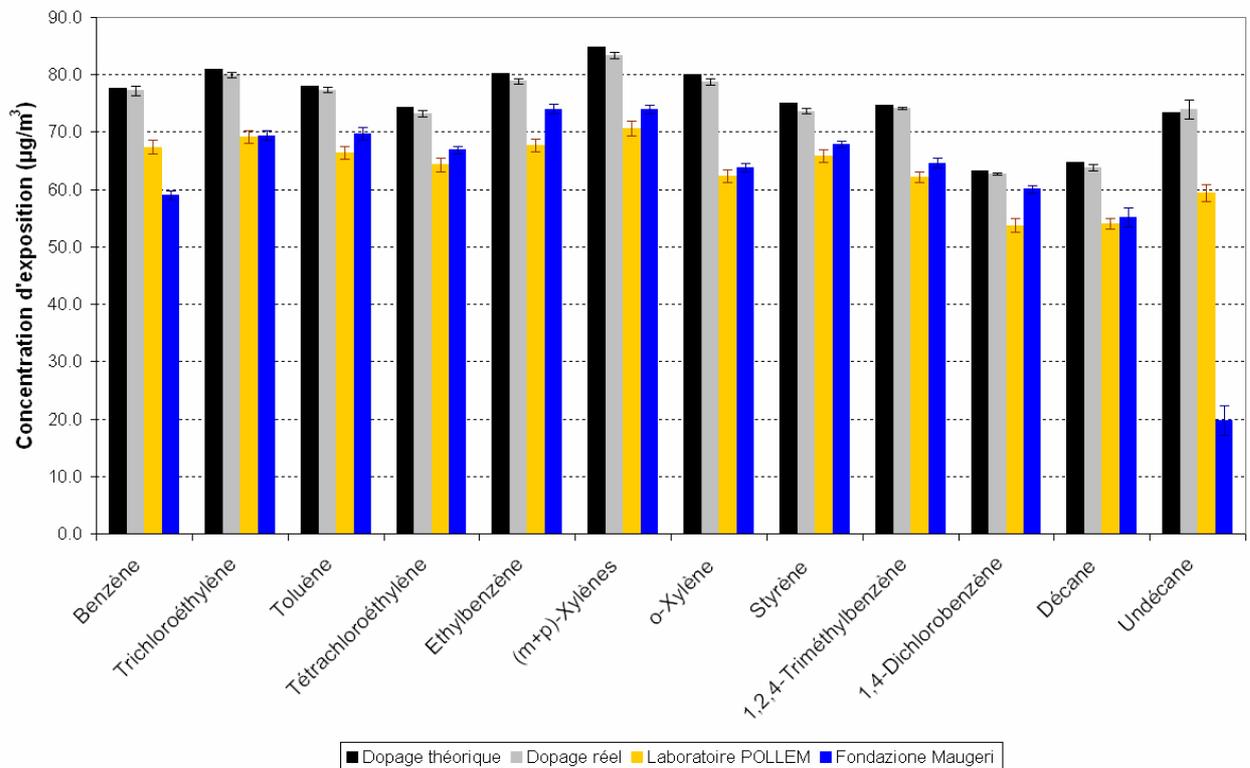


Figure 14 : Résultats de l'intercomparaison pour le niveau élevé de concentration.

L'essai inter-laboratoire a montré une bonne adéquation entre les 2 laboratoires POLLEM et FSM malgré les aléas de l'essai. La répétabilité (variation moyenne intra-laboratoire) et la reproductibilité (variation inter-laboratoire) des résultats (Tableau 10) sont acceptables hormis pour l'undécane, le décane (aux concentrations les plus faibles) et le tétrachloroéthylène (concentration la plus faible). Les différences observées entre les deux laboratoires, bien que significatives, restent marginales (inférieures aux écarts avec la concentration nominale de dopage) et ne remettent pas en cause le choix des laboratoires. Les deux laboratoires montrent une différence importante dans les concentrations mesurées par rapport au niveau de dopage réel. La part du facteur laboratoire ne peut être dissociée du facteur délai d'analyse et de ce fait aucune correction du biais observé ne peut être proposée.

La fidélité de l'analyse des COV peut être déterminée à un niveau plus global intégrant les 2 laboratoires participants (POLLEM et FSM) en calculant la répétabilité (variation moyenne intra-laboratoire) et la reproductibilité (variation inter-laboratoire). La première exprime l'écart maximum attendu au risque 5% entre deux analyses au sein d'un laboratoire. La seconde étend cet écart aux deux laboratoires et représente l'incertitude liée à l'analyse des COV cibles. Les résultats sont rassemblés au **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** selon le COV et le niveau de concentration. L'ensemble des résultats est acceptable hormis l'undécane, le décane (aux concentrations les plus faibles) et le tétrachloroéthylène (concentration la plus faible).

	Benzene			Toluene			(m+p)-Xylenes		
Moyenne	4,45	17,39	63,18	4,46	16,39	68,08	4,86	20,07	72,31
Répétabilité r(95%)	0,21	0,63	2,86	0,33	0,52	3,24	0,21	0,74	2,96
Reproductibilité R(95%)	0,66	2,03	17,05	0,75	1,34	7,31	0,28	4,11	6,96
Reproductibilité R%	14,7%	11,7%	27,0%	16,9%	8,1%	10,7%	5,8%	20,5%	9,6%

	o-Xylene			Styrene			1,2,4-Trimethylbenzene		
Moyenne	4,08	17,28	63,04	4,70	18,54	66,85	3,89	16,90	63,38
Répétabilité r(95%)	0,21	0,61	2,63	0,22	0,73	2,51	0,53	1,22	2,55
Reproductibilité R(95%)	0,66	2,75	3,69	0,94	4,40	4,68	0,54	3,45	5,46
Reproductibilité R%	16,1%	15,9%	5,9%	20,0%	23,7%	7,0%	13,8%	20,4%	8,6%

	1,4-Dichlorobenzene			Trichloroethylene			Tetrachloroethylene		
Moyenne	3,79	16,05	56,91	4,62	20,04	69,26	4,94	18,00	65,58
Répétabilité r(95%)	0,24	0,72	2,71	0,39	1,09	2,89	0,88	1,31	2,70
Reproductibilité R(95%)	0,83	2,18	12,83	0,52	2,00	2,89	2,41	1,31	5,73
Reproductibilité R%	21,8%	13,6%	22,5%	11,3%	10,0%	4,2%	48,8%	7,3%	8,7%

	Decane			Undecane			Ethylbenzène		
Moyenne	3,24	15,36	54,59	2,03	13,21	39,60	4,98	19,10	70,82
Répétabilité r(95%)	1,05	6,10	3,86	1,58	11,66	5,94	0,23	0,69	2,73
Reproductibilité R(95%)	1,40	6,10	4,24	5,20	14,67	79,48	0,52	3,90	13,03
Reproductibilité R%	43,3%	39,7%	7,8%	256,5%	111,1%	200,7%	10,5%	20,4%	18,4%

Tableau 10 : Répétabilité maximum et reproductibilité analytique des 13 COV pour les 2 laboratoires (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

La reproductibilité analytique déterminée lors de cet essai a été utilisée comme paramètre d'entrée dans la procédure d'estimation de l'incertitude de mesure des composés organiques volatils. Pour les quatre éthers de glycols qui n'ont pas fait l'objet d'inter-comparaison analytique, c'est la reproductibilité calculée à partir des répliqués qui a servi de paramètre d'entrée.

1.4.2.2 Essai inter-laboratoire (réplicats de la campagne logement)

Le second essai inter-laboratoire a pour but de déterminer la fidélité des mesures en prenant en compte **deux facteurs** : le **prélèvement in situ** et **l'analyse**. Ces facteurs prennent également en compte le lieu de prélèvement (4 logements par équipe de techniciens-enquêteurs) et d'autre part les acteurs du prélèvement (3 équipes de techniciens-enquêteurs TE).

Le second essai inter-laboratoire a pour but de déterminer la reproductibilité des mesures en prenant en compte deux facteurs : le prélèvement in situ et l'analyse. Ces facteurs prennent également en compte le lieu de prélèvement (quatre logements par équipe de techniciens-enquêteurs) et les acteurs du prélèvement (trois équipes de techniciens-enquêteurs TE). Deux logements sont choisis au hasard par les équipes locales pour chaque période (chauffe et hors-chauffe). Dans ces logements, le nombre de cartouches de prélèvements placées est de 6 par point de prélèvement (chambre et extérieur) pour chaque laboratoire. De plus, une cartouche témoin est disposée à chaque point de prélèvement et pour chaque laboratoire pour pouvoir tenir compte des conditions de transport et de stockage. La pose des cartouches répliqués a été réalisée par trois équipes de techniciens-enquêteurs tirées au sort (LHVP, CSTB Champs-sur-Marne, Pact du Cher) et a concerné au final dix logements.

L'analyse de ces données (Annexe 4) s'est effectuée sur les valeurs brutes non corrigées de l'influence de la température ou de la pression, ce qui n'influence en rien les calculs de reproductibilité. Les résultats des 16 COV ont été exploités. Seul le 2-butoxyéthyl acétate n'a pas été retenu, parce qu'il n'a été détecté que très rarement et par conséquent il ne peut servir de base de comparaison.

L'adéquation des concentrations mesurées par les deux laboratoires est bonne pour les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes), le 1-méthoxy-2-propanol, le 1-méthoxy-2-propyl acétate, le 1,4-dichlorobenzène et le décane. Elle reste acceptable compte tenu des niveaux relativement faibles, pour le styrène, (écart maximum de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), pour le trichloroéthylène (écart maximum de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), pour le 1,2,4-triméthylbenzène (écart maximum de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), pour le tétrachloroéthylène (écart maximum de $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ou encore le 2-butoxyéthanol (écart maximum de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Par contre, les écarts constatés sont plus importants pour l'undécane (à des concentrations supérieures à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ce dernier présente notamment un écart de $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$, avec 49 contre $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'undécane posait déjà problème au laboratoire FSM au niveau de l'analyse ce qui pourrait expliquer l'écart observé.

La reproductibilité inter-laboratoire calculée à partir de ces données (Annexe 5) peut servir d'indicateur de l'incertitude globale, bien que ne prenant pas en considération certains facteurs, comme notamment la justesse de la méthode. Par ailleurs, elle est tributaire de la plage de concentration relevée sur le terrain, laquelle peut être assez réduite. Pour les éthers de glycols, la reproductibilité inter-laboratoire calculée a servi de base dans le calcul de l'incertitude globale.

1.4.2.3 Analyse des répliqués d'aldéhydes de la campagne logement

Dans les logements ayant servi aux essais inter-laboratoires pour la mesure des COV, les prélèvements d'aldéhydes ont été répétés six fois par point de prélèvement (chambre + extérieur). Ils permettent de suivre la répétabilité interne du laboratoire POLLEM.

L'analyse préliminaire de ces données s'est effectuée sur les valeurs brutes non corrigées de l'influence de la température ou de la pression (correction qui sera mise en œuvre a posteriori au niveau de la base de données).

La dispersion des mesures considérant les concentrations supérieures à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, exprimée par le coefficient de variation est au maximum de 8,2% pour le Formaldéhyde, de 21% pour l'Acétaldéhyde, de 22,6% pour l'Acroléine et de 12,1% pour l'Hexaldéhyde.

La dispersion des mesures peut également être illustrée en traçant la répétabilité ($r_{(95\%)} = 2,83 \cdot \sigma_r$, avec σ_r l'écart-type) calculée pour chaque série de 6 réplicats par rapport à la concentration moyenne. L'avantage est de pouvoir modéliser et donc prédire la répétabilité selon le niveau de concentration, condition nécessaire pour la détermination de l'incertitude de mesure.

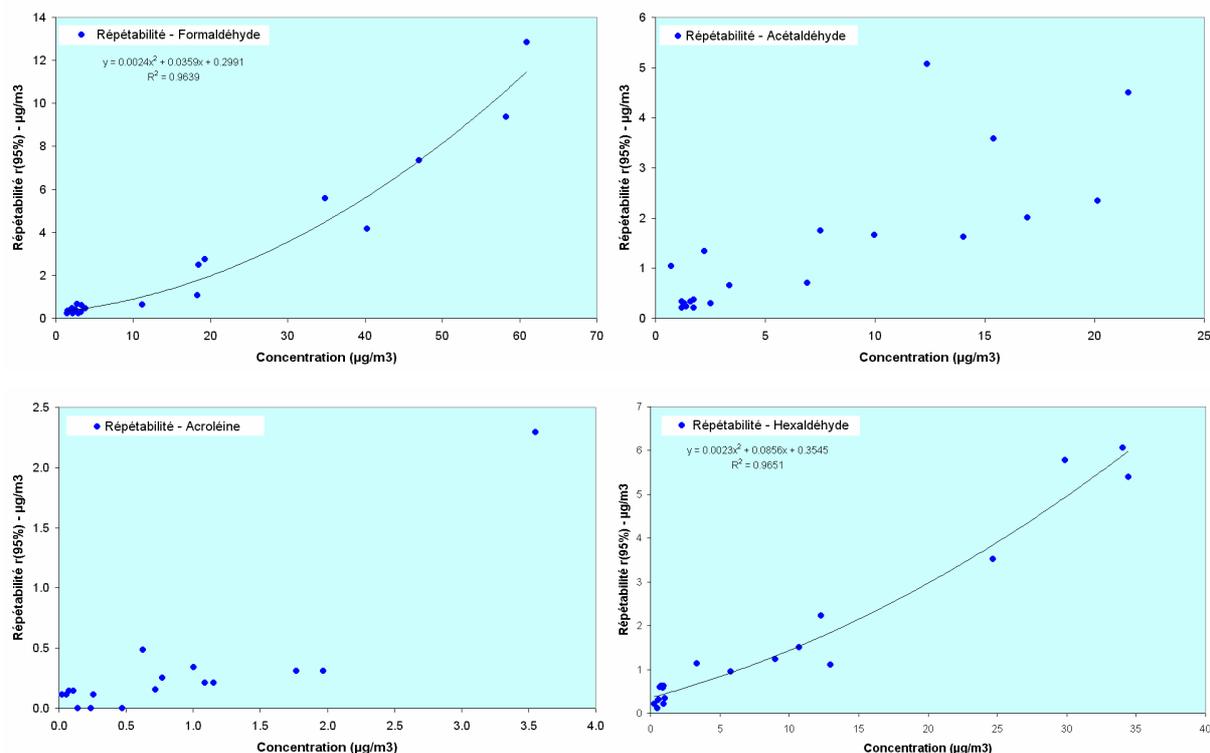


Figure 15 : Répétabilité $r_{(95\%)}$ en fonction de la concentration moyenne mesurée pour chaque série de réplicats.

La répétabilité de la mesure (Annexe 5) est correcte pour le formaldéhyde (moins de 23%) et l'hexaldéhyde (moins de 17,8%), acceptable pour l'acétaldéhyde (moins de 40%). Les teneurs en acroléine restent relativement faibles et conduisent par conséquent à des répétabilités élevées (64%). Les données la concernant devraient être considérées comme semi-quantitatives.

1.4.3 Incertitudes de mesure

1.4.3.1 Guide spécifique d'évaluation des incertitudes (OQAI / LNE)

Une collaboration entre l'OQAI et le Laboratoire National d'Essais (LNE) a été mise en place pour déterminer les incertitudes de mesure des polluants suivants : CO, CO₂ et COV. Cette démarche a ensuite été étendue aux aldéhydes. Cette démarche en 4 étapes (calcul du résultat de mesure, calcul des incertitudes-types, propagation des incertitudes, expression du résultat

de son mesure et de son incertitude) découle du Guide pour l'expression de l'incertitude de mesures (GUM)²¹. La technique dite des « 5 M²² » a été appliquée pour analyser le processus de mesure et permet notamment de répertorier toutes les causes possibles d'incertitude sur les mesures.

1.4.3.1.1 Incertitude sur la mesure du CO et du CO₂

Le tableau ci-dessous regroupe les résultats des calculs des incertitudes sur les mesures du CO et CO₂ déterminé à un niveau respectif de 50 (gamme LD à 100 ppm²³) et 1500 ppm (gamme LD – 2000 ppm), ainsi que les principales sources d'incertitudes et les facteurs non pris en compte dans cette détermination. Le choix des niveaux de concentration a été fait sur la base d'une valeur guide OMS pour le CO et une valeur fréquemment rencontrée pour le CO₂. Ces valeurs correspondent par ailleurs aux concentrations des bouteilles de référence.

	CO	CO ₂
Concentrations (ppm)	50	1500
Incertitude élargie (ppm)	4,9	67
Incertitude élargie (%)	9,8	4,5
Principales sources d'incertitudes	<ul style="list-style-type: none"> • Tolérance sur la justesse de la mesure (contrôle du réglage avec une bouteille de gaz étalon) pour 35,7% • répétabilité des mesures pour 17,7% 	<ul style="list-style-type: none"> • Tolérance sur la justesse de la mesure (contrôle du réglage avec une bouteille de gaz étalon) pour 61,4% • concentration des bouteilles de gaz étalon fixée à 2% par le fabricant pour 20,4%
Facteurs d'incertitude non intégrés dans le calcul de l'incertitude	Effet de la matrice, présence d'interférents	hygrométrie, pression, température, vitesse d'air, effet de matrice et présence d'interférents

Tableau 11 : Incertitudes sur les mesures du CO et CO₂

Pour le CO, il est important de préciser que l'incertitude calculée s'applique dans le cas de la mesure d'une concentration en CO réalisée dans un portoir sur n'importe quel site avec n'importe lequel des enregistreurs et intégrée sur un pas de temps de 5 minutes, ceci lorsque le code qualité est qualifié de « valide ».

L'effet de matrice et celui de la présence d'interférents n'ont pas été évalués et par conséquent ne sont pas pris en compte pour le calcul de l'incertitude-type composée.

La principale source d'incertitude est liée à la justesse de la mesure (contrôle du réglage avec une bouteille de gaz étalon) pour 35,7% ($u(X_i) = 1,45$). Elle agit sur la correction de la concentration. Elle est liée à la tolérance adoptée pour le suivi permanent des enregistreurs CO par les opérateurs locaux (tolérance de 5% de la bouteille étalon de 50 ppm).

La répétabilité des mesures pour un même enregistreur est la seconde source d'incertitude pour 17,7% ($u(X_i) = 1,02$). Elle joue directement sur la lecture de la concentration. La

²¹ Norme AFNOR NF ENV 13005 (Août 1999), Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure, 120 p.

²² Cette technique permet, à partir d'une très bonne connaissance du processus de mesure, de répertorier toutes les causes possibles d'incertitude en considérant 5 composantes clés : les Moyens, la Méthode, la Matière, le Milieu et la Main d'œuvre. Cette technique est basée sur le Guide pour l'expression de l'Incertitude de Mesure (GUM, NF ENV 13005, 1993), document universel de référence.

²³ Rapport de mélange volumique exprimé en partie par million (équivalent à $\mu\text{mol/mol}$)

dispersion entre les enregistreurs intervient pour 13,7% ($u(X_i) = 0,9$) de l'incertitude de la mesure (comme correction).

Au niveau du CO₂, il est important de préciser que cette incertitude s'applique dans le cas de la mesure d'une concentration en CO₂ réalisée dans un portoir sur n'importe quel site avec n'importe lequel des enregistreurs et intégrée sur un pas de temps de 10 minutes, ceci lorsque le code qualité est qualifié de « valide ».

Six facteurs d'incertitude n'ont pu être évalués et intégrés au calcul de l'incertitude-type composée. Il s'agit de l'effet de l'hygrométrie, de la pression, de la température, de la vitesse d'air, de l'effet de matrice et de la présence d'interférents.

La principale source d'incertitude repose sur la justesse de la mesure (contrôle du réglage avec une bouteille de gaz étalon) pour 61,4% ($u(X_i) = 26$). Elle agit sur la correction de la concentration. Elle est liée à la tolérance adoptée pour le suivi permanent des enregistreurs CO₂ par les opérateurs locaux (tolérance de 3% de la bouteille étalon de 1500 ppm).

La seconde source d'incertitude est celle de la concentration des bouteilles de gaz étalon fixée à 2% par le fabricant. Elle agit sur la correction de la concentration pour 20,4% ($u(X_i) = 15$).

1.4.3.1.2 Incertaince sur la mesure des COV

L'incertitude élargie ($k = 2$) a été calculée pour les différentes cibles COV à différents niveaux de concentration correspondant à la limite de quantification, les percentiles 10, 50 et 90, et le maximum. Ces valeurs sont présentées pour chaque polluant au chapitre 2 et également rassemblés dans l'annexe 6. Elle prend en compte les essais inter-laboratoires réalisés sur la partie analytique de la mesure, sauf pour les éthers de glycols et acétates qui n'ont pas fait l'objet de cette inter-comparaison. Pour ceux-ci, les reproductibilités déterminées à partir des répliqués ont été intégrées dans le modèle de calcul.

Les facteurs suivants n'ont pas été évalués et par conséquent non pris en compte dans le calcul de l'incertitude composée : Influence de la fabrication des cartouches, vieillissement des corps diffusifs, transfert du tube en verre vers le corps diffusif, effet de la charge, présence d'interférents lors du prélèvement, influence de la vitesse d'air, de l'hygrométrie du prélèvement, de la température de prélèvement, de la pression de prélèvement. En ce qui concerne le code 3720 (coélution) non évaluée, sa contribution dépend de l'erreur (erreur maximum fixée à 20%) réalisée sur la détermination de la masse de COV dans la cartouche.

La masse prélevée sur le tube représente généralement la part la plus importante d'incertitude, essentiellement liée à l'influence de la dérive du coefficient de réponse du détecteur entre deux étalonnages, limitée par la tolérance associée aux points de surveillance (fixée à 15% par le laboratoire). La modélisation et l'effet laboratoire jouent également un rôle important selon les composés dans l'incertitude de la masse prélevée. Une autre source d'incertitude dans le calcul de la concentration d'exposition est celle liée à la détermination expérimentale du débit de prélèvement, contribution variable selon les COV.

1.4.3.2 Détermination des incertitudes de mesure des BTEX et éthers de glycols (Ecole des Mines de Douai)

Parallèlement à cette collaboration entre l'OQAI et le LNE, Anne Pennequin-Cardinal dans le cadre de sa thèse²⁴ (financée par l'ADEME et le CSTB) à L'Ecole des Mines de Douai (EMD) a déterminé les incertitudes de mesure de quelques COV par prélèvement passif sur cartouches Radiello[®]. Les COV étudiés sont les BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, (m+p)-Xylènes, o-Xylène. Par ailleurs, dans le cadre d'un projet de recherche PRIMEQUAL 2 (Echantillonnage passif des éthers de glycol dans l'air intérieur)²⁵, les incertitudes de mesures sur les concentrations en éthers de glycols obtenues après une exposition de 7 jours ont été déterminées.

Une synthèse de ses résultats est rassemblée ici de façon à comparer les différentes incertitudes obtenues.

1.4.3.2.1 Identification des sources d'incertitude pour les BTEX

Là encore, la technique dite des « 5 M » permet, à partir d'une très bonne connaissance du processus de mesure, de répertorier toutes les causes possibles d'incertitude. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Composé	C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	u_C ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Propagation des incertitudes	Comparaison de 2 méthodes
			U_C (%) $k = 2$	U_C (%) $k = 2$
Benzène	5,27	0,42	16	25
Toluène	19,38	1,86	19	31
Ethylbenzène	3,92	0,5	26	23
(m+p)-Xylènes	7,95	0,99	25	20
o-Xylène	4,65	0,54	23	24

Tableau 12 : Incertitudes sur les concentrations en BTEX mesurées en intérieur sur une période de 7 jours

La principale source d'incertitude sur la mesure des BTEX par prélèvement passif sur 7 jours est le débit d'échantillonnage (pour 53%), notamment l'effet important des faibles vitesses de vent. La détermination de la masse prélevée sur la cartouche intervient également pour 41%.

Par ailleurs, les incertitudes de mesure ont également été déterminées par comparaison des mesures sur sites avec celles obtenues par un analyseur de COV.

1.4.3.2.2 Identification des sources d'incertitude pour les éthers de glycols

La principale source d'incertitude est liée à la valeur du débit d'échantillonnage (contribution > 80%) et notamment l'impact des facteurs environnementaux (température, humidité, vitesse d'air) sur cette valeur. Les autres sources d'incertitudes sont l'erreur sur la masse analysée, l'efficacité de désorption et dans une moindre mesure l'erreur sur la durée de désorption. Les

²⁴ Pennequin-Cardinal A (2005), Développement et qualification de méthodes d'échantillonnage passif pour mesurer les composés organiques volatils dans l'air intérieur. Thèse de doctorat. Université des Sciences et Techniques de Lille.

²⁵ Plaisance H, Pennequin-Cardinal A, Leonardis T & Locoge N (2005), Echantillonnage passif des éthers de glycol dans l'air intérieur. Projet de recherche de l'APR 2001 du programme PRIMEQUAL 2. Convention MEDD CV03000095. 103 pages.

incertitudes sur les concentrations d'éthers de glycol sont exprimées pour des situations comprises entre deux conditions limites : condition 1 (15°C, 20% HR, faibles niveaux de concentrations) et condition 2 (30°C, 80% HR, fortes teneurs en éthers de glycol).

	Incertitude élargie (%)	Domaine de concentration (µg/m ³)	Débits d'échantillonnage EMD (mL/min)	Débits d'échantillonnage Radiello (mL/min)
1-Méthoxy-2-propanol	36	4,7 - 27	(29,4 ± 4,8) - (22,9 ± 3,2)	26,6 ± 2
1-Méthoxy-2-propyl acétate	59	5,7 - 36,4	(13,2 ± 5) - (20,2 ± 3,3)	21,3*
2-Butoxyéthanol	91	6,1 - 37,1	(8,5 ± 4,3) - (15,5 ± 4,7)	19,4 ± 2,64
2-Butoxyéthyl acétate	> 100	5,8 - 41,2	(3,1 ± 4,5) - (10,9 ± 4,4)	15,5*

Tableau 13 : Incertitudes sur les concentrations en éthers de glycol mesurées en intérieur sur une période de 7 jours (Cartouches Carbograph 4). (* valeurs estimées).

Seul le 1-méthoxy-2-propanol présente un niveau d'incertitude acceptable. Pour le 2-butoxyéthanol et son acétate, les incertitudes sont trop importantes. Leurs données ne devraient être exploitées que de manière qualitative. L'acétate du 1-méthoxy-2-propanol présente un niveau d'incertitude intermédiaire, et à ce titre les données qui lui correspondent seraient semi-quantitatives.

1.4.3.3 Evaluation de l'incertitude sur la mesure du Radon

Les informations relatives à l'incertitude sur la mesure de l'activité volumique du Radon ont été obtenues auprès du laboratoire d'analyse DOSIRAD, en charge des analyses. Cette information est en accès libre sur leur site <http://perso.orange.fr/dosirad/radon.htm>.

Le dosimètre radon KODALPHA (aussi appelé DOSALPHA) est un détecteur de particules alpha, "passif" (sans moteur), "ouvert" (film spécial à l'air libre) et "intégrateur" (mesure moyenne sur une certaine durée). Il s'agit d'un petit boîtier noir dont le couvercle sert de support à un film plastique rouge, le LR115. Ce film est constitué de nitrate de cellulose de 12 microns d'épaisseur, sur un support polyester de 100 microns. Après traitement, chaque impact de particule alpha laisse un trou microscopique dans la couche rouge. Après étalonnage, le nombre de traces et la durée de la mesure permettent de déduire la concentration de radon dans l'air.

Une fois le boîtier ouvert, le film est exposé directement à l'air ambiant, il enregistre non seulement les rayonnements alpha issus du ²²²Rn mais aussi ceux de ses descendants (²¹⁸Po, ²¹⁴Po). La connaissance du facteur d'équilibre entre le radon et ses descendants est nécessaire pour estimer l'activité volumique du radon. Ce facteur peut varier d'une habitation à l'autre en raison de la ventilation et surtout de la composition en aérosols de l'atmosphère. Il a été fixé à 0,4 pour les mesures de la campagne nationale. Le détecteur n'enregistre plus les rayonnements alpha dès qu'il est fermé. Néanmoins, dans plus de 95 % des cas, il donne exactement les mêmes mesures du radon qu'un bon dosimètre de type "fermé", sensé ne mesurer que le gaz radon. En effet, dans plus de 95% des cas, les suppositions que le Facteur d'équilibre moyen entre descendants et gaz radon est typiquement de 0.40 et l'absence de gaz thoron²⁶ sont vérifiées.

²⁶ Le thoron est un gaz isotope du radon, dont les descendants sont tout aussi dangereux que ceux du radon. Bien que très souvent négligeable, sa contribution au risque sanitaire est parfois significative. Dans les bâtiments, les matériaux de construction et les sols en terre battue sont les principales source de thoron. Identifier une présence éventuelle de thoron est d'autant plus intéressante que les méthodes d'élimination du thoron sont différentes de celles du radon... Par exemple, le thoron ne s'élimine pas par aération !

L'activité volumique du radon dans l'air des bâtiments est mesurée par un détecteur de traces sensible aux rayonnements. La mesure intégrée de l'activité volumique du radon comporte trois phases. Les deux premières phases sont simultanées, il s'agit du prélèvement qui se fait en continu de manière passive, et de l'accumulation des traces sur le nitrate de cellulose. La troisième phase, effectuée en différé, à l'issue de la période d'exposition, consiste à mesurer les grandeurs physiques qui sont directement liées à l'activité volumique intégrée du radon.

Le calcul de l'exposition est le suivant :

$$\text{Exposition (kBq.h/m}^3\text{)} = \text{Concentration.Radon (Bq/m}^3\text{)} \times \text{Durée (jours)} \times 24\text{h} / 1000$$

D'après les données fournies par Dosirad, la sensibilité varie de 1,5 à 2,4 traces.cm⁻² par kBq.h.m⁻³. La sensibilité dépend des lots de film, du traitement, du comptage, seul Dosirad connaît l'exacte sensibilité de chaque film analysé. Le bruit de fond varie de 2 à 11 traces par cm² et possède une valeur moyenne à 8 traces par cm².

Pour des expositions de 2 mois et un facteur d'équilibre de 0.40, le seuil de mesure est de 6 Bq/m³ et le seuil de saturation de 40 000 Bq/m³. En pratique, cette saturation est environ multipliée par 1,5 car une correction de linéarité est automatiquement appliquée. Les erreurs de mesures sont directement liées au nombre de traces de chaque film ($\sqrt{Nb.traces}$) et aux erreurs expérimentales. Le Tableau 14 résume les incertitudes de mesures estimées, en fonction du niveau d'exposition des films. L'incertitude estimée pour chaque dosimètre, est associée à chaque mesure par Dosirad. Les résultats obtenus à ce jour sont présentés à la Figure 16 (ne prend pas en compte les corrections saisonnières apportées). Les données sont encore toutefois en phase de validation par l'IRSN. A ce stade, aucun commentaire ne peut être apporté.

Concentration Radon (Bq/m ³)	Incertitude à 45 jours d'exposition		Incertitude à 60 jours d'exposition		Incertitude à 90 jours d'exposition	
	±	%	±	%	±	%
50	± 12 à 15	24 à 30%	± 10 à 13	21 à 26%	± 8 à 11	17 à 21%
100	± 17 à 21	17 à 21%	± 15 à 18	15 à 18%	± 12 à 15	12 à 15%
400	± 34 à 42	8 à 11%	± 29 à 37	7 à 9%	± 24 à 30	6 à 8%
800	± 47 à 60	6 à 8%	± 41 à 52	5 à 6%	± 34 à 42	4 à 5%
1000	± 53 à 67	5 à 7%	± 46 à 58	5 à 6%	± 38 à 47	4 à 5%
1500	± 65 à 82	4 à 5%	± 56 à 71	4 à 5%	± 46 à 58	3 à 4%

Tableau 14 : Incertitudes associées à la mesure du Radon (source DOSIRAD).

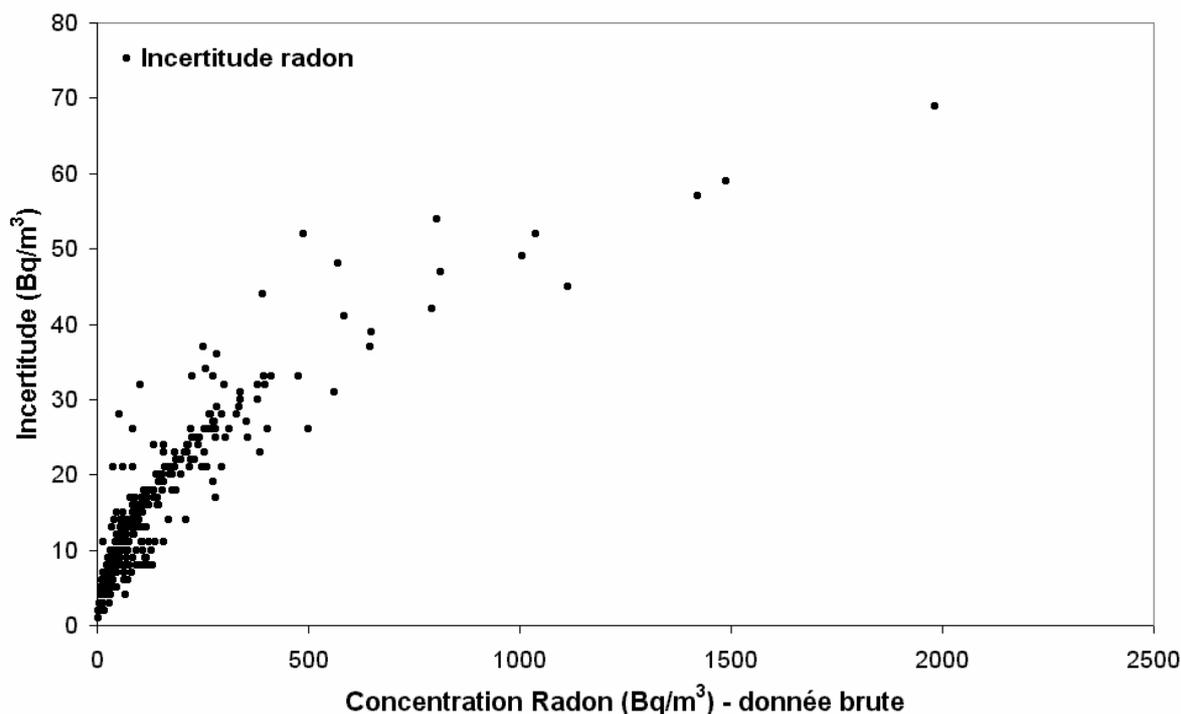


Figure 16 : Incertitude associée à chaque mesure de Radon pour chaque dosimètre.

1.4.3.4 Evaluation de l'incertitude sur la mesure des allergènes d'acariens

Les Hôpitaux Universitaires de Strasbourg (HUS) ont conduit des essais destinés à estimer l'incertitude de mesure des allergènes d'acariens *Der p 1* dans la poussière du matelas du référent du logement. La répétabilité (n = 8) et la reproductibilité (n = 18) de la mesure a été estimée à des valeurs respectives de 5,58% et 11%. Le niveau correspondant n'est pas renseigné. L'incertitude élargie qui en découle est de **24,66%**.

L'incertitude élargie de la mesure des allergènes d'acariens *Der f 1* donne selon le même principe une valeur de **29,46%**, avec des valeurs de répétabilité et de reproductibilité respectivement de 10,02% (n = 8) et de 10,80% (n = 19).

Le calcul d'incertitude dans les deux cas ne prend en considération que l'analyse et pas les aspects liés au prélèvement. L'analyse des allergènes d'acariens dans la poussière peut être effectué de manière quantitative.

1.4.3.5 Evaluation de l'incertitude sur la mesure des allergènes de chat et de chien

Les HUS ont conduit des essais destinés à estimer l'incertitude de mesure des allergènes de chat *Fel d 1* dans l'air du séjour des logements enquêtés. La répétabilité (n = 5) et la reproductibilité (n = 20) du prélèvement a été estimée à des valeurs respectives de 27,55% et 48,20%. L'incertitude élargie liée au prélèvement est de **111%**.

En ce qui concerne l'analyse, l'incertitude élargie donne une valeur de **25,94%**, avec des valeurs de répétabilité et de reproductibilité respectivement de 9,14% (n = 8) et de 9,20% (n = 16).

Pour l'allergène de chien *Can f 1*, l'incertitude de prélèvement est de **74,74%** avec une répétabilité de 23,59% (n = 5) et une reproductibilité de 28,99% (n = 5). L'incertitude de

l'analyse représente **21,18%** avec une répétabilité de 5,43% (n = 8) et une reproductibilité de 9,10% (n = 5).

Ces données mettent en avant que :

- les données d'allergènes de chat *Fel d 1* devraient être uniquement considérées comme données qualitatives pour une exploitation statistique ultérieure.
- les données d'allergènes de chien *Can f 1* devraient être uniquement considérées comme données semi-quantitatives (variable ordinale par exemple) pour une exploitation statistique ultérieure.

1.4.3.6 Evaluation de l'incertitude sur la mesure des particules en suspension dans l'air PM_{2,5} et PM₁₀.

Le mode de calcul de l'incertitude de la mesure des particules en suspension dans l'air des logements enquêtés est basé sur la répétition de mesures. Les prélèvements ont été effectués sur une semaine en continu (sans programmateur) soit pendant 168 heures. Douze appareils de prélèvement ont été placés dans la halle expérimentale du bâtiment ARIA et ont été mis en route simultanément. La tête de prélèvement (Chempass avec impacteurs PEMS PM_{2,5} et PM₁₀) est placée à hauteur des voies respiratoires, entre 1 et 1,5 mètres au dessus du sol. Les filtres vierges ont été pesés au Laboratoire d'Hygiène de La Ville de Paris (L.H.V.P.) et conservés à température ambiante. Ils ont été envoyés au Laboratoire Pollem du CSTB par la poste, dans des pétrisliques. Avant d'être installés dans les préleveurs, les filtres ont été conservés dans leur pétrislique au réfrigérateur. Après exposition, les filtres ont été remis dans leurs pétrisliques et stockés à l'abri de la lumière dans un réfrigérateur. Ils ont ensuite été transportés au laboratoire d'Hygiène de La Ville de Paris le mercredi 14 juin par coursier dans une glacière électrique.

Le mode de calcul de l'incertitude de la mesure des particules en suspension dans l'air des logements enquêtés est basé sur la répétition de mesures. Douze appareils de prélèvements ont été testés sur une semaine en continu (sans programmateur) soit pendant 168 heures.

L'incertitude de mesures a été déterminée par la méthode dite de la « Fidélité », les modes de calculs sont définies dans les normes NF ENV 13005 et ISO 5725-1 à 6. Dans notre cas, une étude analytique n'était pas applicable pour la quantification des incertitudes type aussi la méthode qui s'appuie sur la détermination de la fidélité a été utilisée. On utilise pour cette méthode la répétabilité qui est un bon estimateur de l'incertitude et la répartition de mesures permet de déterminer l'écart-type de répétabilité de mesures effectuées en incluant la variation de tous les paramètres influents de l'essai. L'écart-type de répétabilité de l'essai a été déterminé selon la norme ISO 5725-2, l'incertitude de mesures a été obtenue en multipliant par 2,83 ($2\sqrt{2}$) cet écart.

L'incertitude de la concentration mesurée en PM_{2,5} basée sur l'écart-type de répétabilité est de **20,4%** (à 13 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), et pour la mesure en PM₁₀ de **26,76%** (à 21,6 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Les données sont donc considérées valides.

PM _{2,5}	Masse en μg	Débit initial en l/min	Débit final en l/min	Débit moyen en l/min	Volume en m ³	Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Moyenne	247	1.81	1.98	1.89	19.07	13.0
Minimum	215	1.64	1.69	1.71	17.24	11.4
Maximum	270	1.93	2.26	2.09	21.09	14.3
écart-type	19	0.10	0.21	0.14	1.46	0.9
Incertitude de mesure	55.01	0.28	0.58	0.41	4.12	2.65

PM ₁₀	Masse en µg	Débit initial en l/min	Débit final en l/min	Débit moyen en l/min	Volume en m ³	Concentration en µg/m ³
Moyenne	405	1.82	1.91	1.87	18.83	21.6
Minimum	368	1.71	1.51	1.62	16.37	19.3
Maximum	450	1.924	2.29	2.10	21.21	25.4
écart-type	26	0.09	0.23	0.15	1.53	2.0
Incertitude de mesure	74.15	0.25	0.66	0.43	4.32	5.78

Tableau 15 : Incertitude de la concentration mesurée en PM_{2,5} et PM₁₀

1.4.4 Conclusion

La qualité des données collectées est cruciale pour permettre une évaluation correcte de l'exposition de la population et une interprétation irréfutable des données

Dans ce sens, plusieurs actions ont été menées intégrant :

- l'analyse descriptive des **codes qualités** établis sur des critères de validité par rapport au prélèvement et à l'analyse. Renseignés par les techniciens-enquêteurs et les laboratoires, ces codes permettent de valider ou d'invalider les données obtenues au regard des traitements statistiques à réaliser pour exploiter les données. Ils permettent surtout de mettre en évidence les principales sources d'erreurs relatives à la mesure. Ils ne sont pas suffisants pour valider ou invalider des données. Celles-ci nécessitent des règles de validation plus poussées intégrant les paramètres du prélèvement.
- la mise en œuvre d'**essais inter laboratoires** concernant les deux laboratoires (POLLEM et FSM) en charge de l'analyse de composés organiques volatils. Un premier essai inter-laboratoires sur la partie analytique montre une bonne adéquation entre les 2 laboratoires. Cet essai a été intégré à la démarche d'évaluation de l'incertitude de mesure des COV. L'analyse des réplicats de la campagne logement montre que d'un point de vue répétabilité, les performances de chaque laboratoire sont assez comparables avec des niveaux de répétabilité qui restent satisfaisants.
- L'ensemble des méthodes de détermination de l'incertitude de mesures associées aux données a mis en évidence le caractère non quantitatif de certaines mesures. En particulier, la reproductibilité déterminée à partir des réplicats intègre tout le processus du prélèvement jusqu'à l'analyse. Les résultats montrent la disparité des incertitudes en fonctions des paramètres mesurés. Une classification des données est proposée sur la base des valeurs d'incertitudes obtenues. Les mesures qui ne peuvent être considérées comme quantitatives car présentant une incertitude importante sont les suivantes :
 - Allergènes de chat : données qualitatives.
 - Allergènes de chien : données semi-quantitatives.
 - Tétrachloroéthylène : données qualitatives
 - Undécane : données qualitatives
 - Trichloroéthylène : données semi-quantitatives
 - 2-Butoxyéthanol : données semi-quantitatives (au mieux)

- Décane : données semi-quantitatives
- 1-Méthoxy-2-propanol : données semi-quantitatives
- 1,2,4-Triméthylbenzène : données semi-quantitatives

Cette classification des données pourrait impliquer une manière différente d'exploiter les données. Une donnée qualitative représente une variable binaire (absence / présence). Une donnée semi-quantitative est mieux représentée par une variable ordinale (catégories croissantes de concentration). Toutefois, cette modification dans le statut des variables peut rendre ardue l'exploitation statistique des résultats bien que demeurant plus robuste.

2. ETAT DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LES LOGEMENTS EN FRANCE

Les **tableaux et histogrammes** de ce chapitre décrivent les distributions des polluants dans les logements enquêtés de France métropolitaine (hors Corse) après redressement. Ils **traduisent** ainsi l'état de la qualité de l'air à l'intérieur du parc des **24 672 135 résidences principales françaises métropolitaines continentales**.

Pour chaque paramètre, les principales valeurs caractéristiques des concentrations sont regroupées dans un tableau dans lequel on retrouve les éléments suivants :

- le **nombre de mesures réalisées** (observations) ;
- les **valeurs extrêmes** de l'échantillon : maximum 1 correspond au maximum de la variable, maximum 2 correspond à la deuxième plus grande valeur (différente de max1) que prend la variable. Minimum 1 correspond à la valeur minimale (ou classe) de la variable, minimum 2 correspond à la deuxième plus petite valeur ou classe (différente de min1) ;
- l'**effectif représenté** : en général, les teneurs en polluant ne sont connues que pour une partie des 567 logements enquêtés. La valeur "effectif représenté" est égale à la somme des effectifs pondérés pour lesquels les données sur ce polluant sont disponibles ;
- le **pourcentage de logements de l'effectif national inférieurs à la limite de détection** (Inf. à LD) et **compris entre la limite de détection et la limite de quantification** pour les COV et les aldéhydes (pour les allergènes, Inf. à LQ correspond aux valeurs inférieures à la limite de quantification) ;
- la **médiane** : représente la valeur au dessous de laquelle 50% des résidences principales à l'échelle nationale sont situées ;
- les **percentiles Px** : x % des résidences principales de l'effectif national ne dépassent pas cette valeur.
- les **intervalles de confiance à 95%** sont indiqués entre crochets pour chaque percentile (méthode de calcul présentée en annexe 7)

Pour chaque polluant, les **conditions d'observation** et les **limites de mesure** (limites de détection et de quantification) sont précisées ainsi que les incertitudes de mesures calculées à partir de la « méthode des 5M²⁷ ». Les **sources potentielles de pollution** et les **données de la littérature** nationale et internationale recueillies dans le cadre des inventaires des données effectués par l'OQAI²⁸ sont également présentées (Annexe 8). Les **valeurs de références disponibles** pour l'air intérieur à l'échelle européenne²⁹, en Finlande³⁰, en Allemagne³¹, en

²⁷ Cette méthode permet, grâce à une bonne connaissance du processus de mesure, de répertorier toutes les causes possibles d'incertitude en considérant 5 composantes clés : les Moyens, la Méthode, la Matière, le Milieu et la Main d'œuvre.

²⁸ Luc Mosqueron, Vincent Nedellec, « Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments : actualisation des données sur la période 2001-2004 », CSTB DDD/SB-2004-044, octobre 2004 et « Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments : actualisation des données sur la période 1990-2001 », CSTB DDD/SB-2002-23, décembre 2001

²⁹ Air Quality Guidelines for Europe. WHO regional publications, European series, n°91

Norvège³², mais aussi en Australie³³, au Canada³⁴ et aux Etats-Unis³⁵, ainsi que les critères nationaux et européens de qualité d'air extérieur³⁶ sont donnés à titre indicatif. Pour la plupart, ces valeurs ne peuvent être comparées directement aux données collectées du fait des écarts entre les temps d'exposition considérés.

2.1 COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS

Les composés organiques volatils sont classés par famille (aldéhydes, hydrocarbures, éthers de glycol) puis par ordre alphabétique. Si le nom du polluant commence par un chiffre, c'est la première lettre qui est prise en considération.

Les valeurs caractéristiques des distributions des concentrations de l'ensemble des composés organiques volatils à l'intérieur des logements, à l'extérieur et dans les garages communiquant avec le logement sont présentées dans les tableaux ci-dessous.

Les mêmes données de distribution sont ensuite présentées sous forme de tableau et de graphique pour chaque composé individuel. Dans ces histogrammes, le premier intervalle de concentrations correspond aux logements de l'effectif national inférieurs à la limite de détection (LD). Le second intervalle correspond aux logements compris entre la limite de détection et la limite de quantification (LQ). Ces limites sont différentes d'un composé à l'autre et sont rappelées au début de chaque partie.

2.1.1 Composés organiques volatils

Médianes, minimum, maximum et percentiles concernant les COV

³⁰ FiSIAQ. Classification of indoor climate, construction, and finishing materials. Finnish Society of Indoor Air Quality and Climate. Helsinki, June, 1995

³¹ Seifert et al, 1999. Guidelines values for indoor air pollutant. *Proceedings of indoor air'99*, Edimburgh, vol 1, pp 499-504.

³² Becher R. 1999 recommended guidelines for indoor air quality. *Proceedings of Indoor Air'99*. Edimburgh, vol 1, pp 171-176.

³³ State of knowledge Report : Air Toxics and Indoor Air Quality in Australia – Environment Australia, 2001

³⁴ Exposure Guidelines for residential indoor air quality – Environmental Health Directorate Health Canada, 1989

³⁵ US-EPA : National Ambient Air Quality Standards (NAAQS), 1997

³⁶ Décret, n°2002-213, du 15 février 2002, décret, n°2003-1085, du 12 novembre 2003 portant transposition de la directive 2002/3/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 février 2002 et modifiant le décret n° 98-360 du 6 mai 1998, Directive 1999/30/EC du 22 avril 1999 et 2000/69/EC du 16 novembre 2000, Directive du 16 novembre 2000.

Source : OQAI

L I E U	Polluant	Limite de détection LD (µg/m³)	Limite de quantification LQ (µg/m³)	Données de l'échantillon (567 résidences principales)			Données pondérées sur l'effectif national (24 672 135 résidences principales)										
				Nombre de mesures valides sur l'échantillon	Minimum (µg/m³)	Maximum (µg/m³)	Effectif national pondéré	% des données pondérées inférieures à LD	% des données pondérées comprises entre LD et LQ	10 ^{ème} percentile (µg/m³)	25 ^{ème} percentile (µg/m³)	médiane (µg/m³)	75 ^{ème} percentile (µg/m³)	90 ^{ème} percentile (µg/m³)	95 ^{ème} percentile (µg/m³)		
C H A M B R E	aldéhydes	acétaldéhyde	0,3	0,4	554	1,8	94,6	23 881 729	0,0	0,0	5,3 [4,8-5,9]	8,0 [7,3-8,5]	11,6 [10,8-12,3]	17,1 [15,5-19,0]	24,3 [22,5-26,7]	30,0 [26,7-35,1]	
		acroléine	0,1	0,3	554	< LD	12,9	23 881 729	0,6	3,2	0,5 [0,4-0,5]	0,7 [0,7-0,8]	1,1 [1,0-1,2]	1,7 [1,5-1,9]	2,6 [2,2-3,0]	3,4 [2,9-3,8]	
		formaldéhyde	0,6	1,1	554	1,3	86,3	23 881 729	0,0	0,0	9,3 [8,5-10,0]	14,3 [13,0-15,1]	19,6 [18,4-21,0]	28,3 [26,6-30,8]	39,9 [35,8-42,3]	46,6 [40,8-55,1]	
		hexaldéhyde	0,1	0,2	554	1,6	368,5	23 881 729	0,0	0,0	5,9 [5,2-6,9]	8,7 [8,1-9,7]	13,6 [12,6-14,7]	23,0 [20,8-24,9]	35,6 [31,6-38,4]	50,1 [37,6-55,4]	
	hydrocarbures	benzène	0,4	1,1	541	< LD	22,8	23 392 236	1,4	14,9	< LQ	1,4 [1,3-1,5]	2,1 [1,9-2,2]	3,3 [2,9-3,7]	5,7 [4,7-6,5]	7,2 [6,3-9,4]	
		1,4-dichlorobenzène	0,07	0,2	541	< LD	4 809,8	23 392 236	1,9	5,0	1,0 [0,4-1,5]	2,3 [2,1-2,6]	4,2 [3,7-4,8]	12,8 [8,9-15,6]	68,5 [38,1-95,4]	150,0 [96,5-341,0]	
		éthylbenzène	0,3	0,9	541	< LD	85,3	23 392 236	0,3	6,3	1,0 [1,0-1,1]	1,5 [1,4-1,6]	2,3 [2,1-2,5]	3,7 [3,2-4,5]	7,5 [5,8-9,9]	15,0 [9,2-18,2]	
		n-décane	0,07	0,2	541	< LD	1 774,1	23 392 236	0,7	0,0	1,9 [1,6-2,1]	2,9 [2,7-3,2]	5,3 [4,8-6,2]	12,4 [10,2-14,4]	29,1 [22,2-39,7]	53,0 [38,6-83,9]	
		n-undécane	0,5	1,4	541	< LD	502,1	23 392 236	0,6	2,4	2,2 [1,9-2,5]	3,6 [3,1-4,1]	6,2 [5,6-7,1]	12,5 [10,3-14,4]	33,6 [23,9-45,6]	72,4 [45,2-93,2]	
		styrène	0,1	0,3	541	< LD	35,1	23 392 236	1,9	2,9	0,5 [0,4-0,5]	0,7 [0,6-0,7]	1,0 [0,9-1,0]	1,4 [1,3-1,6]	2,0 [1,8-2,3]	2,7 [2,2-3,1]	
		tétrachloroéthylène	0,4	1,2	541	< LD	684,3	23 392 236	15,7	27,1	< LD	< LQ	1,4 [1,2-1,6]	2,7 [2,4-3,0]	5,2 [4,5-6,2]	7,3 [6,0-11,5]	
		toluène	0,4	1,3	541	1,5	414,2	23 392 236	0,0	0,0	4,5 [4,0-5,4]	7,5 [7,1-8,3]	12,2 [11,4-13,7]	21,2 [18,6-23,7]	46,9 [31,8-59,9]	82,9 [57,7-115,0]	
		trichloroéthylène	0,4	1,0	541	< LD	4 087,2	23 392 236	17,1	31,9	< LD	< LQ	1,0 [<LQ-1,1]	1,6 [1,4-1,8]	3,3 [2,5-5,2]	7,3 [5,1-16,1]	
		1,2,4-triméthylbenzène	0,03	0,1	541	< LD	111,7	23 392 236	0,5	0,1	1,7 [1,3-2,0]	2,6 [2,3-2,8]	4,1 [3,7-4,4]	6,9 [6,0-7,6]	13,7 [10,3-16,7]	21,2 [15,7-25,7]	
		m/p-xylène	0,5	1,5	541	< LQ	232,8	23 392 236	0,0	2,3	2,3 [2,2-2,6]	3,6 [3,3-3,9]	5,6 [5,1-6,0]	10,0 [8,5-11,5]	22,0 [16,9-29,9]	39,7 [27,1-56,4]	
		o-xylène	0,2	0,6	541	< LD	112,3	23 392 236	0,1	2,8	1,0 [0,8-1,1]	1,5 [1,3-1,6]	2,3 [2,1-2,5]	4,1 [3,6-4,8]	8,1 [6,4-11,2]	14,6 [10,5-19,5]	
		éthers de glycol	2-butoxyéthanol	0,4	1,5	541	< LD	60,6	23 392 236	17,0	30,0	< LD	< LQ	1,6 [<LQ-1,8]	3,1 [2,7-3,4]	5,5 [4,7-7,2]	10,3 [7,0-12,7]
			2-butoxy-éthylacétate	0,3	1,0	541	< LD	12,2	23 392 236	97,7	2,0	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
			1-méthoxy-2-propanol	0,5	1,8	541	< LD	170,1	23 392 236	15,1	33,6	< LD	< LQ	1,9 [<LQ-2,3]	5,0 [4,3-6,1]	10,8 [8,1-14,1]	17,5 [13,1-20,4]
1-méthoxy-2-propylacétate	0,7		2,2	541	< LD	39,5	23 392 236	77,3	17,1	< LD	< LD	< LD	< LD	< LQ	2,3 [<LQ-2,8]		

Tableau 16 : Récapitulatif des valeurs caractéristiques des teneurs en COV dans les chambres

Source : OQAI

L I E U	Polluant	Limite de détection LD (µg/m³)	Limite de quantification LQ (µg/m³)	Données de l'échantillon (567 résidences principales)			Données pondérées sur l'effectif national (24 672 135 résidences principales)									
				Nombre de mesures valides sur l'échantillon	Minimum (µg/m³)	Maximum (µg/m³)	Effectif national pondéré	% des données pondérées inférieures à LD	% des données pondérées comprises entre LD et LQ	10 ^{ème} percentile (µg/m³)	25 ^{ème} percentile (µg/m³)	médiane (µg/m³)	75 ^{ème} percentile (µg/m³)	90 ^{ème} percentile (µg/m³)	95 ^{ème} percentile (µg/m³)	
E X T E R I E U	aldéhydes	acétaldéhyde	0,3	0,4	529	< LD	12,4	22 591 476	1,1	0,7	0,6 [0,6-0,7]	0,9 [0,8-1,0]	1,3 [1,2-1,3]	1,7 [1,6-1,8]	2,4 [2,2-2,6]	3,0 [2,6-3,1]
		acroléine	0,1	0,3	529	< LD	1,8	22 591 476	18,1	58,1	< LD	< LQ	< LQ	< LQ	0,4 [0,3-0,5]	0,5 [0,4-0,6]
		formaldéhyde	0,6	1,1	529	< LD	15,4	22 591 476	0,5	7,6	1,1 [<LQ-1,1]	1,5 [1,4-1,6]	1,9 [1,8-2,0]	2,5 [2,4-2,7]	3,1 [2,9-3,4]	3,6 [3,4-4,2]
		hexaldéhyde	0,1	0,2	529	< LD	7,7	22 591 476	18,6	5,1	< LD	< LQ	0,5 [0,4-0,5]	0,7 [0,6-0,7]	1,1 [0,9-1,2]	1,4 [1,1-1,7]
	hydrocarbures	benzène	0,4	1,1	517	< LD	7,0	22 096 561	6,5	43,9	< LQ	< LQ	< LQ	1,6 [1,4-1,7]	2,2 [2,1-2,5]	2,9 [2,5-3,4]
		1,4-dichlorobenzène	0,07	0,2	517	< LD	52,1	22 096 561	5,7	10,1	< LQ	1,0 [0,6-1,1]	1,8 [1,6-1,9]	2,3 [2,2-2,6]	3,3 [3,0-3,5]	4,3 [3,5-5,5]
		éthylbenzène	0,3	0,9	517	< LD	20,5	22 096 561	6,2	32,8	< LQ	< LQ	1,0 [1,0-1,1]	1,5 [1,4-1,6]	2,1 [1,9-2,3]	2,6 [2,3-3,0]
		n-décane	0,07	0,2	517	< LD	43,4	22 096 561	4,1	1,1	0,5 [0,3-0,6]	1,1 [1,0-1,3]	1,9 [1,8-2,1]	2,9 [2,8-3,1]	4,6 [4,0-5,6]	6,4 [5,3-9,8]
		n-undécane	0,5	1,4	517	< LD	52,0	22 096 561	12,5	25,7	< LD	< LQ	1,8 [1,6-2,0]	3,0 [2,6-3,3]	5,2 [4,5-5,7]	7,0 [5,5-9,5]
		styrène	0,1	0,3	517	< LD	2,7	22 096 561	8,6	17,2	< LQ	< LQ	0,4 [0,3-0,4]	0,5 [0,5-0,6]	0,6 [0,6-0,7]	0,7 [0,7-0,8]
		tétrachloroéthylène	0,4	1,2	517	< LD	17,7	22 096 561	21,4	44,5	< LD	< LQ	< LQ	1,4 [1,3-1,4]	2,4 [2,1-2,7]	3,9 [2,7-4,3]
		toluène	0,4	1,3	517	< LD	107,2	22 096 561	0,5	6,2	1,5 [1,3-1,7]	2,2 [2,1-2,4]	3,5 [3,3-3,8]	5,9 [5,3-6,5]	9,0 [8,1-10,6]	12,9 [10,8-14,8]
		trichloroéthylène	0,4	1,0	517	< LD	38,7	22 096 561	23,0	38,8	< LD	< LQ	< LQ	1,2 [1,1-1,3]	1,6 [1,5-1,8]	2,3 [1,8-2,8]
		1,2,4-triméthylbenzène	0,03	0,1	517	< LD	14,6	22 096 561	1,9	0,8	0,5 [0,3-0,6]	1,0 [0,9-1,0]	1,4 [1,3-1,4]	2,0 [1,8-2,1]	3,3 [2,7-3,6]	4,1 [3,6-5,3]
		m/p-xylène	0,5	1,5	517	< LD	46,5	22 096 561	3,7	20,7	< LQ	< LQ	2,4 [2,3-2,7]	3,8 [3,5-4,0]	5,6 [4,9-6,0]	7,1 [6,1-8,3]
	o-xylène	0,2	0,6	517	< LD	17,7	22 096 561	4,6	15,1	< LQ	0,7 [0,6-0,8]	1,1 [1,0-1,2]	1,6 [1,5-1,7]	2,3 [2,1-2,4]	2,7 [2,4-3,2]	
	éthers de glycol	2-butoxyéthanol	0,4	1,5	517	< LD	4,6	22 096 561	91,3	6,9	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
		2-butoxy-éthylacétate	0,3	1,0	517	< LD	1,7	22 096 561	97,9	1,8	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
		1-méthoxy-2-propanol	0,5	1,8	517	< LD	3,4	22 096 561	94,3	5,0	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LQ
1-méthoxy-2-propylacétate		0,7	2,2	517	< LD	2,9	22 096 561	97,0	2,1	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	

Tableau 17 : Récapitulatif des valeurs caractéristiques des teneurs en COV à l'extérieur des logements

Source : OQAI

L I E U	Polluant	Limite de détection LD (µg/m³)	Limite de quantification LQ (µg/m³)	Données de l'échantillon (567 résidences principales)			Données pondérées sur l'effectif national (24 672 135 résidences principales)										
				Nombre de mesures valides sur l'échantillon	Minimum (µg/m³)	Maximum (µg/m³)	Effectif national pondéré	% des données pondérées inférieures à LD	% des données pondérées comprises entre LD et LQ	10 ^{ème} percentile (µg/m³)	25 ^{ème} percentile (µg/m³)	médiane (µg/m³)	75 ^{ème} percentile (µg/m³)	90 ^{ème} percentile (µg/m³)	95 ^{ème} percentile (µg/m³)		
G A R A G E	hydrocarbures	benzène	0,4	1,1	139	< LD	30,0	5 789 416	0,8	10,5	< LQ	1,8 [1,3-2,9]	4,4 [3,5-6,4]	9,3 [8,1-11,1]	13,0 [10,8-16,6]	18,6 [12,6-21,6]	
		1,4-dichlorobenzène	0,07	0,2	139	< LD	77,1	5 789 416	6,9	11,1	< LQ	0,9 [<LQ-1,5]	2,2 [1,8-2,5]	3,6 [2,9-5,8]	8,2 [5,7-18,0]	18,1 [8,0-40,0]	
		éthylbenzène	0,3	0,9	139	< LD	300,7	5 789 416	1,2	1,7	1,9 [1,4-2,9]	4,7 [2,7-8,2]	18,0 [13,9-26,4]	50,7 [32,3-84,1]	122,0 [79,6-137,0]	137,0 [109,0-155,0]	
		n-décane	0,07	0,2	139	0,6	313,0	5 789 416	0,0	0,0	2,5 [2,1-3,5]	5,0 [3,6-6,5]	10,8 [7,3-14,0]	32,5 [19,0-57,4]	113,0 [53,7-211,0]	213,0 [88,3-257,0]	
		n-undécane	0,5	1,4	139	< LD	347,9	5 789 416	1,0	8,4	1,5 [<LD-3,1]	3,7 [3,0-4,8]	8,6 [5,6-11,0]	18,6 [12,9-35,2]	76,7 [29,9-105,0]	106,0 [65,7-115,0]	
		styrène	0,1	0,3	139	< LD	15,8	5 789 416	2,8	4,5	0,3 [<LD-0,6]	0,7 [0,5-0,8]	1,2 [0,9-1,6]	2,2 [1,7-3,2]	4,9 [3,0-8,9]	9,3 [4,6-11,4]	
		tétrachloroéthylène	0,4	1,2	139	< LD	8,2	5 789 416	41,0	37,4	< LD	< LD	< LQ	< LQ	1,9 [1,3-2,5]	2,5 [1,5-4,9]	
		toluène	0,4	1,3	139	1,6	1 789,5	5 789 416	0,0	0,0	5,4 [3,2-8,2]	17,5 [8,1-43,5]	110,4 [67,6-157,0]	304,6 [205,0-384,0]	506,8 [386,0-662,0]	677,0 [426,0-789,0]	
		trichloroéthylène	0,4	1,0	139	< LD	239,8	5 789 416	38,8	23,0	< LD	< LD	< LQ	1,2 [1,0-1,6]	2,1 [1,6-12,7]	12,8 [1,7-29,3]	
		1,2,4-triméthylbenzène	0,03	0,1	139	0,1	270,6	5 789 416	0,0	0,0	3,1 [2,0-4,0]	7,1 [4,0-9,6]	18,7 [13,2-29,2]	60,1 [36,8-89,2]	137,2 [87,1-148,0]	149,0 [110,0-164,0]	
		m/p-xylène	0,5	1,5	139	< LD	678,6	5 789 416	1,2	1,2	4,5 [4,2-7,0]	11,3 [6,1-21,4]	58,9 [38,5-81,2]	171,3 [104,0-237,0]	376,8 [237,0-449,0]	454,0 [321,0-530,0]	
		o-xylène	0,2	0,6	139	< LD	327,0	5 789 416	1,2	1,2	1,8 [1,4-2,9]	4,9 [2,9-9,2]	20,8 [14,2-27,9]	61,6 [35,0-92,6]	146,7 [90,3-164,0]	166,0 [121,0-188,0]	
		éthers de glycol	2-butoxyéthanol	0,4	1,5	139	< LD	22,1	5 789 416	58,2	17,0	< LD	< LD	< LD	< LQ	2,1 [1,9-2,6]	2,7 [2,0-4,5]
			2-butoxyéthylacétate	0,3	1,0	139	< LD	< LQ	5 789 416	98,3	1,7	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
			1-méthoxy-2-propanol	0,5	1,8	139	< LD	123,9	5 789 416	51,2	29,5	< LD	< LD	< LD	< LQ	3,7 [<LQ-9,1]	9,1 [2,4-13,0]
1-méthoxy-2-propylacétate	0,7		2,2	139	< LD	11,9	5 789 416	90,6	8,1	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LQ		

Tableau 18 : Récapitulatif des valeurs caractéristiques des teneurs en COV dans les garages communiquant avec les logements

Ratio C_{int}/C_{ext} des Composés Organiques Volatils

Source : OQAI

Polluant	Données de l'échantillon (567 RP)	Données pondérées sur l'effectif national (24 672 135 résidences principales)							
	Nombre de logements pris en compte pour le calcul du ratio	Effectif national représenté	% de logements pour lesquels $C_{int} < LD$ $C_{ext} < LD$	% de logements pour lesquels $C_{int} < LD$ $C_{ext} \geq LD$	Répartition pondérée des logements (%) en fonction de la valeur du ratio C_{int} / C_{ext}				% de logements pour lesquels $C_{int} \geq LD$ $C_{ext} < LD$
] 0 ; 1 [[1 ; 5 [[5 ; 50 [supérieur à 50	
acétaldéhyde	523	22 311 876	0,0	0,0	0,3	20,0	77,1	1,4	1,1
acroléine	523	22 311 876	0,4	0,3	1,2	44,3	35,9	0,0	17,9
formaldéhyde	523	22 311 876	0,0	0,0	0,0	16,1	83,3	0,1	0,5
hexaldéhyde	523	22 311 876	0,0	0,0	0,0	3,1	58,4	19,7	18,8
benzène	504	21 418 890	1,2	0,3	7,6	78,4	7,2	0,0	5,3
1,4-dichlorobenzène	504	21 418 890	1,4	0,4	2,6	63,3	18,1	9,8	4,4
ethylbenzène	504	21 418 890	0,3	0,0	4,3	73,8	15,6	0,1	6,0
n-décane	504	21 418 890	0,0	0,8	4,8	61,8	25,2	3,2	4,2
n-undécane	504	21 418 890	0,7	0,0	5,2	54,4	25,1	2,4	12,2
styrène	504	21 418 890	1,7	0,4	2,6	75,1	12,7	0,3	7,1
tétrachloroéthylène	504	21 418 890	14,6	1,7	6,6	63,9	6,0	0,2	7,0
toluène	504	21 418 890	0,0	0,0	3,9	63,7	29,6	2,4	0,5
trichloroéthylène	504	21 418 890	15,3	2,8	13,6	54,5	5,0	0,9	8,0
124-triméthylbenzène	504	21 418 890	0,0	0,3	3,7	70,5	20,7	2,8	1,9
m+p-xylène	504	21 418 890	0,0	0,0	7,5	68,3	19,1	1,3	3,8
o-xylène	504	21 418 890	0,1	0,0	7,7	69,6	16,7	1,2	4,6
2-butoxy éthanol	504	21 418 890	17,1	0,0	0,3	6,8	1,9	0,0	73,9
2-butoxy éthyl acétate	504	21 418 890	97,1	0,5	0,0	1,7	0,0	0,0	0,8
1-méthoxy-2-propanol	504	21 418 890	15,2	0,0	0,4	3,8	1,4	0,3	78,9
1-méthoxy-2-propyl acétate	504	21 418 890	76,8	0,4	0,7	2,0	0,0	0,0	20,1

Tableau 19 : Récapitulatif des valeurs caractéristiques des ratios des COV

Pour les mesures égales à la limite de détection (LD) ou la limite de quantification (LQ) ou comprises entre LD et LQ, la valeur $(LD+LQ)/2$ a été considérée.

2.1.2 Aldéhydes

2.1.2.1 Acétaldéhyde

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : 0,3 µg/m³
- limite de quantification LQ : 0,4 µg/m³
- incertitudes : (0,1 ± 0,7 µg/m³) ; (6,4 ± 1,5 µg/m³) ; (11,1 ± 3,9 µg/m³) ; (21,1 ± 5,3 µg/m³) ; (94,5 ± 23,4 µg/m³)

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : photochimie, fumée de tabac, photocopieurs, panneaux de bois brut, panneaux de particules

Niveaux moyens de concentrations (µg/m³) mesurés dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques des distributions des concentrations en acétaldéhyde (µg/m³) à l'intérieur des logements et à l'extérieur :

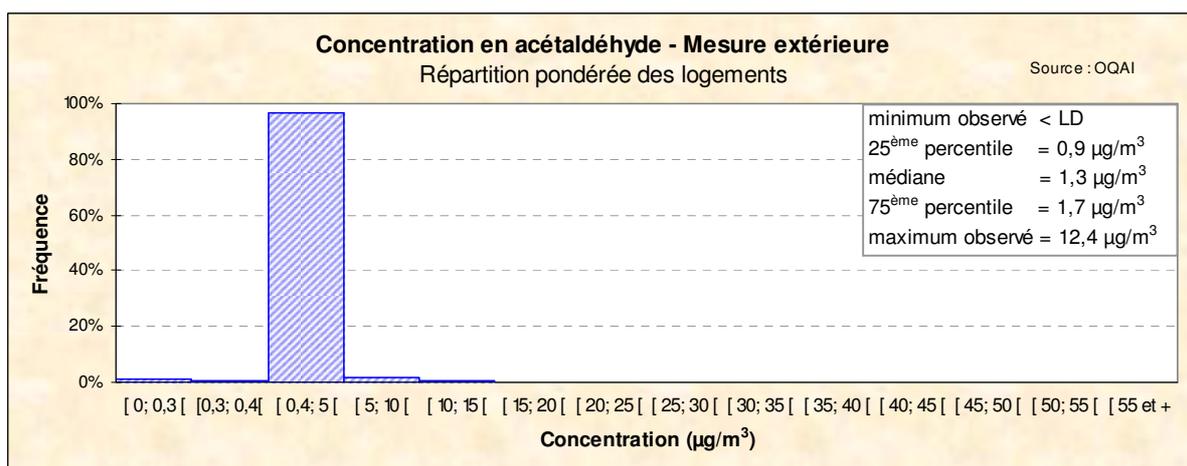
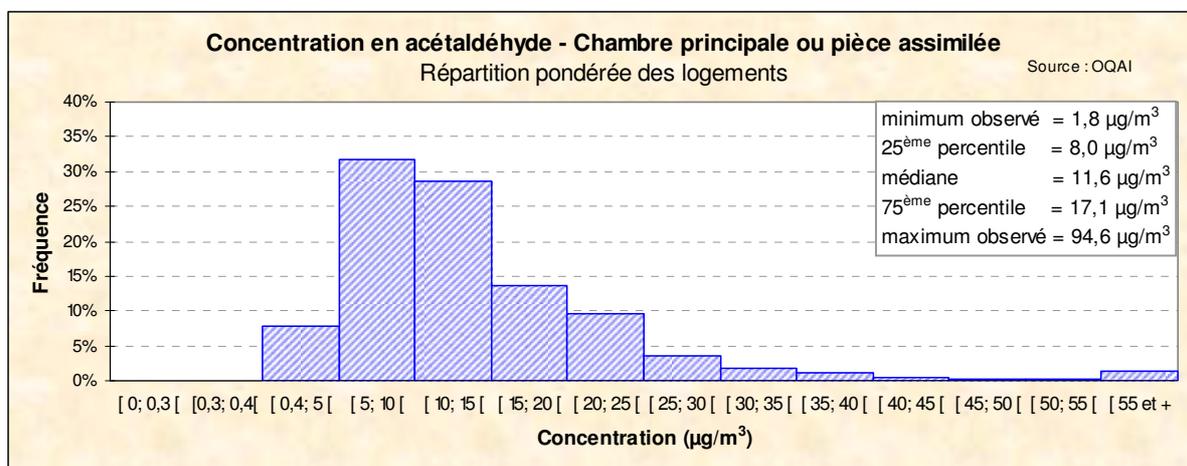
		Intérieur	Extérieur
Echantillon	Observations	554	529
	Minimum 1	1,8	Inf. à LD
	Minimum 2	2,1	Inf. à LD
	Maximum 1	94,6	12,4
	Maximum 2	77,9	9,4
Effectif national	Effectif représenté	23 881 729	22 591 476
	% inférieur à LD	0,0%	1,1%
	% entre LD et LQ	0,0%	0,7%
	P10	5,3 [4,8-5,9]	0,6 [0,6-0,7]
	P25	8,0 [7,3-8,5]	0,9 [0,8-1,0]
	Médiane	11,6 [10,8-12,3]	1,3 [1,2-1,3]
	P75	17,1 [15,5-19,0]	1,7 [1,6-1,8]
	P90	24,3 [22,5-26,7]	2,4 [2,2-2,6]
	P95	30,0 [26,7-35,1]	3,0 [2,6-3,1]
	% de logements dont le ratio est supérieur à 1		99,6%

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
 Min 1 minimum de la variable
 Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe
 Max 1 maximum de la variable
 Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe
 Effectif Nombre de logements du parc national représentés
 LD Limite de Détection
 LQ Limite de Quantification
 P10 10%
 P25 25%
 médiane 50%
 P75 75%
 P90 90%
 P95 95%
 Ratio = C_{int} / C_{ext}

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

Distributions des logements en fonction des concentrations en acétaldéhyde (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut) et à l'extérieur (figure du bas)



L'acétaldéhyde présente une **valeur médiane** dans les logements de **11,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** avec un **maximum à 95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Ces niveaux sont relativement proches de ceux mesurés dans des études internationales.

2.1.2.2 Acroléine

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : 0,1 µg/m³
- limite de quantification LQ : 0,3 µg/m³
- incertitudes : (0,3 ± 0,1 µg/m³) ; (0,5 ± 0,1 µg/m³) ; (1,1 ± 0,3 µg/m³) ;
(2,0 ± 0,5 µg/m³) ; (13,0 ± 6,4 µg/m³)

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : combustion, fumées de cigarette, gaz d'échappement automobiles, chauffage de graisses animales et végétales

Niveaux moyens de concentrations (µg/m³) mesurés dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : /

Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques des distributions des concentrations en acroléine (µg/m³) à l'intérieur des logements et à l'extérieur :

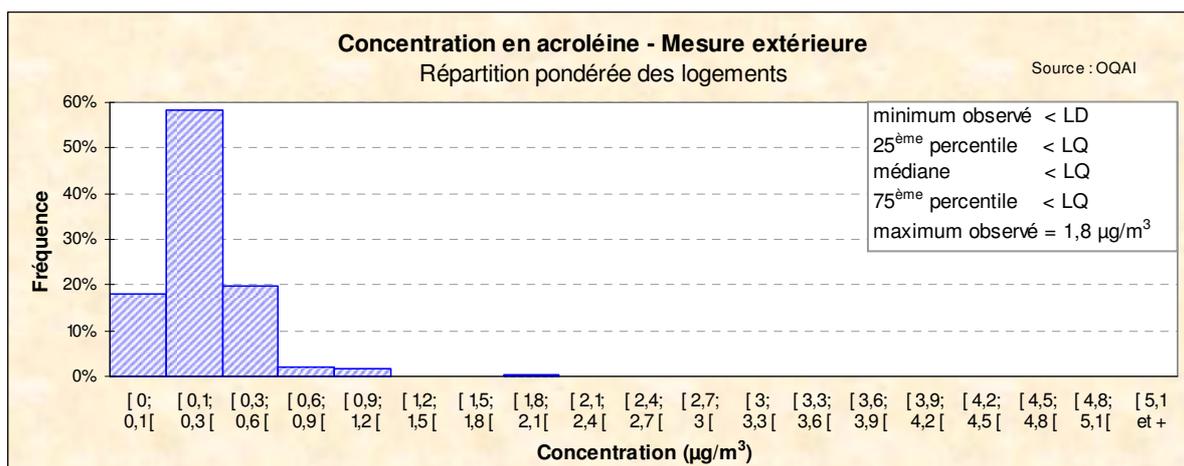
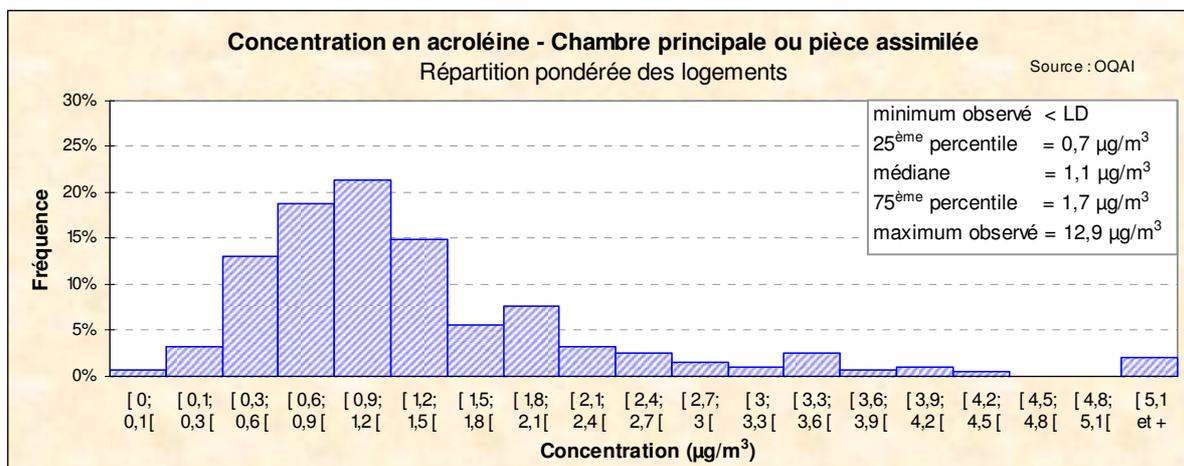
		Intérieur	Extérieur
Echantillon	Observations	554	529
	Minimum 1	Inf. à LD	Inf. à LD
	Minimum 2	Inf. à LQ	Inf. à LQ
	Maximum 1	12,9	1,8
	Maximum 2	10,0	1,1
Effectif national	Effectif représenté	23 881 729	22 591 476
	% inférieur à LD	0,6%	18,1%
	% entre LD et LQ	3,2%	58,1%
	P10	0,5 [0,4-0,5]	Inf. à LD
	P25	0,7 [0,7-0,8]	Inf. à LQ
	Médiane	1,1 [1,0-1,2]	Inf. à LQ
	P75	1,7 [1,5-1,9]	Inf. à LQ
	P90	2,6 [2,2-3,0]	0,4 [0,3-0,5]
	P95	3,4 [2,9-3,8]	0,5 [0,4-0,6]
% de logements dont le ratio est supérieur à 1		98,1%	

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
 Min 1 minimum de la variable
 Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe
 Max 1 maximum de la variable
 Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe
 Effectif Nombre de logements du représenté parc national représentés
 LD Limite de Détection
 LQ Limite de Quantification
 P10 10%
 P25 25%
 médiane 50%
 P75 75%
 P90 90%
 P95 95%
 Ratio = C_{int} / C_{ext}

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

Distributions des logements en fonction des concentrations en acroléine (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut) et à l'extérieur (figure du bas)



L'acroléine présente une **valeur médiane** dans les logements de **1,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** avec un **maximum à 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

2.1.2.3 Formaldéhyde

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ limite de quantification LQ : $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- incertitudes : $(1,6 \pm 1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3)$; $(9,6 \pm 2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3)$; $(17,9 \pm 4,0 \mu\text{g}/\text{m}^3)$;
 $(39,0 \pm 3,1 \mu\text{g}/\text{m}^3)$; $(85,3 \pm 20,2 \mu\text{g}/\text{m}^3)$

Éléments de littérature

Sources potentielles d'émission : photochimie, panneaux de particules, panneaux de fibres, panneaux de bois brut, émissions des livres et magazines neufs, tissus d'ameublement, peintures à phase solvant, fumée de tabac, photocopieurs.

Niveaux moyens de concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurés dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

Valeurs de référence disponibles (pour information) :

- OMS : $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (30 min)
- INDEX : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec un objectif de concentration aussi bas que possible (principe ALARA)
- Norvège : $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (30 min)
- Finlande³⁷ (target value for indoor air quality and climate) : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (S1), $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (S2), $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (S3)
- Australie : $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Canada : $123 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1h), $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8h)

Remarque : Une valeur guide française est en cours d'élaboration à l'AFSSET

Caractéristiques des distributions des concentrations en formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur et à l'extérieur des logements :

		Intérieur	Extérieur
Echantillon	Observations	554	529
	Minimum 1	1,3	Inf. à LD
	Minimum 2	1,7	Inf. à LD
	Maximum 1	86,3	15,4
	Maximum 2	81,8	9,4
Effectif national	Effectif représenté	23 881 729	22 591 476
	% inférieur à LD	0,0%	0,5%
	% entre LD et LQ	0,0%	7,6%
	P10	9,3 [8,5-10,0]	1,1 [<LQ-1,1]
	P25	14,3 [13,0-15,1]	1,5 [1,4-1,6]
	Médiane	19,6 [18,4-21,0]	1,9 [1,8-2,0]
	P75	28,3 [26,6-30,8]	2,5 [2,4-2,7]
	P90	39,9 [35,8-42,3]	3,1 [2,9-3,4]
	P95	46,6 [40,8-55,1]	3,6 [3,4-4,2]
	% de logements dont le ratio est supérieur à 1		100,0%

Source : OQAI

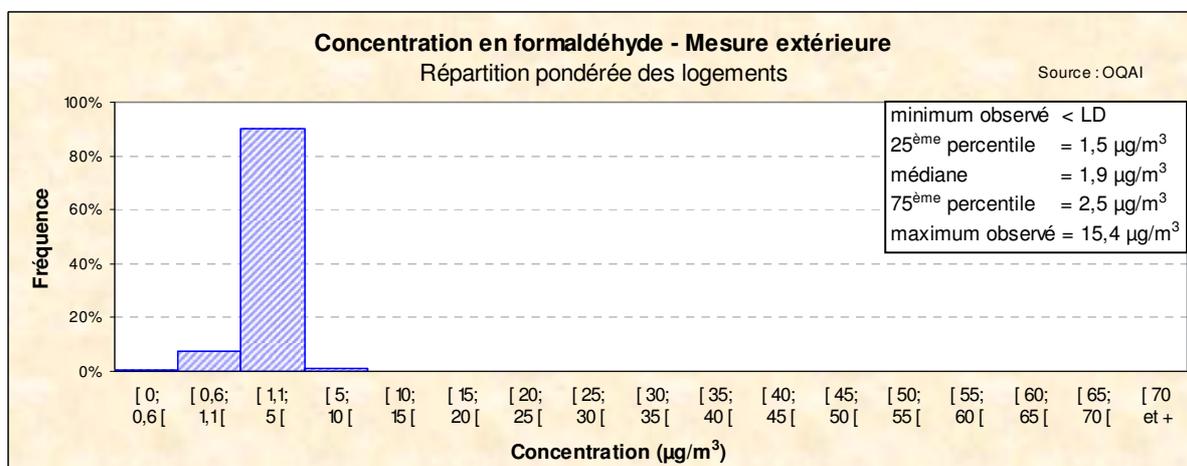
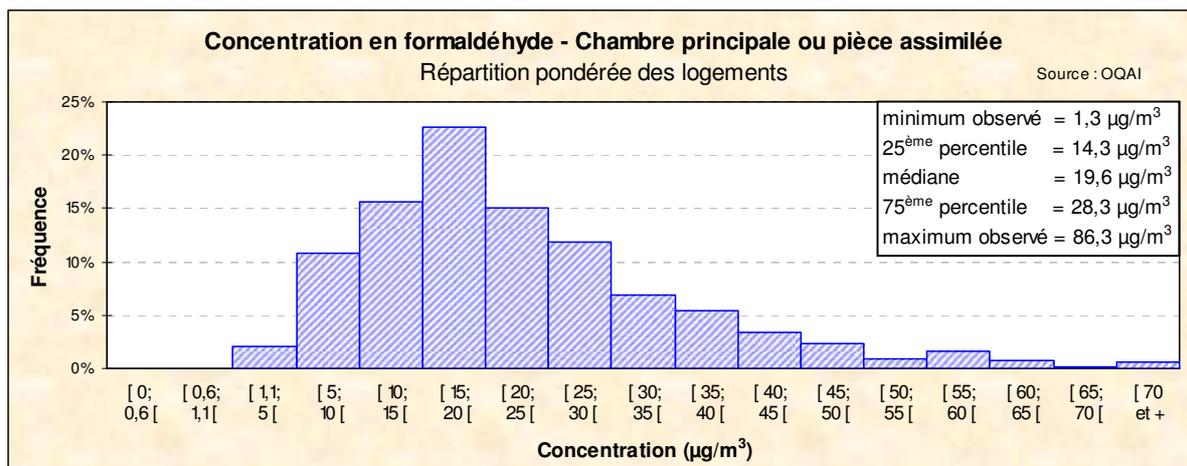
Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
 Min 1 minimum de la variable
 Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe
 Max 1 maximum de la variable
 Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe
 Effectif Nombre de logements du représenté parc national représentés
 LD Limite de Détection
 LQ Limite de Quantification
 P10 10%
 P25 25%
 médiane 50%
 P75 75%
 P90 90%
 P95 95%
 Ratio = C_{int} / C_{ext}

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

³⁷ Classification en trois catégories :

- Catégorie S1 : la meilleure qualité (haut niveau de satisfaction des occupants et faibles niveaux de risques sanitaires) ;
- Catégorie S2 : bonne qualité de l'air intérieur avec cependant une température élevée certains jours d'été ;
- Catégorie S3 : niveau de qualité ne devant pas occasionner d'effet sanitaire si le bâtiment est ventilé selon les règles de conception et si aucune source d'émission exceptionnelle n'existe. S3 correspond aux Land Use and Building Act (1999) et Health Protection Act (1994).

Distributions des logements en fonction des concentrations en formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut) et à l'extérieur (figure du bas)



Composé ubiquitaire dans les logements, **le formaldéhyde est l'un des composés organiques présentant des niveaux de les plus élevés.** Ces niveaux (médiane à $19,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'intérieur, maxima à $86,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sont en accord avec ceux mesurés récemment dans d'autres études en France. La médiane des concentrations est inférieure aux niveaux observés dans des études nationales ou dans le cadre d'études multicentriques à l'étranger (notamment l'Allemagne – $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - et Helsinki en Finlande - $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mais elle reste cohérente avec la médiane anglaise ($24 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Les valeurs de référence disponibles sont indiquées ci-dessus. Ces données sont susceptibles d'évoluer du fait du classement récent du formaldéhyde dans le groupe 1 (cancérogène avéré pour l'homme) par le CIRC en juin 2004. A ce titre un groupe de travail a été constitué à l'AFSSET avec pour objet notamment l'évaluation du risque sanitaire lié à cette substance. L'élaboration de valeur(s) guide(s) pour le formaldéhyde est également en cours dans le cadre d'un second groupe de travail, coordonné conjointement par l'AFSSET et le CSTB, dont l'objet est d'élaborer des valeurs guides françaises pour les principaux polluants de l'air intérieur.

La comparaison des distributions avec les valeurs de recommandations proposé par le projet européen INDEX montre qu'environ 22% des logements du parc dépassent la valeur maximale proposée ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Cette valeur de recommandation de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est complétée par une valeur d'objectif à atteindre aussi basse que raisonnablement possible (principe ALARA). Cette logique conduirait à un pourcentage plus important de logements concernés.

2.1.2.4 Héxaldéhyde

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : 0,1 µg/m³
- limite de quantification LQ : 0,2 µg/m³
- incertitudes : (0,3 ± 0,3 µg/m³) ; (5,8 ± 1,5 µg/m³) ; (13,0 ± 3,2 µg/m³) ;
(34,4 ± 8,9 µg/m³) ; (367,7 ± 95,6 µg/m³)

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : panneaux de particules, émissions des livres et magazines neufs, peintures à phase solvant, produit de traitement du bois (phase aqueuse), panneaux de bois brut

Niveaux moyens de concentrations (µg/m³) mesurés dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques des distributions des concentrations en hexaldéhyde (µg/m³) à l'intérieur des logements et à l'extérieur :

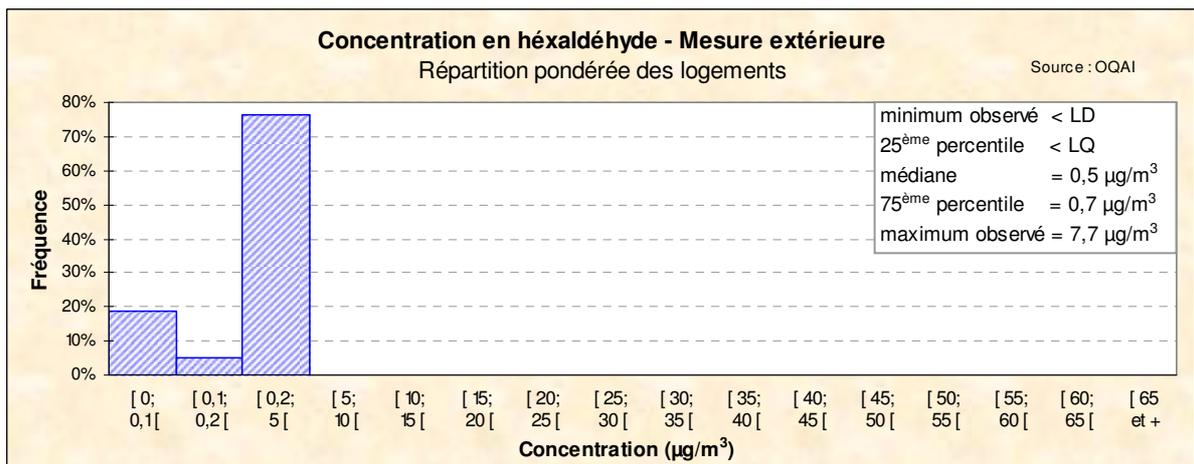
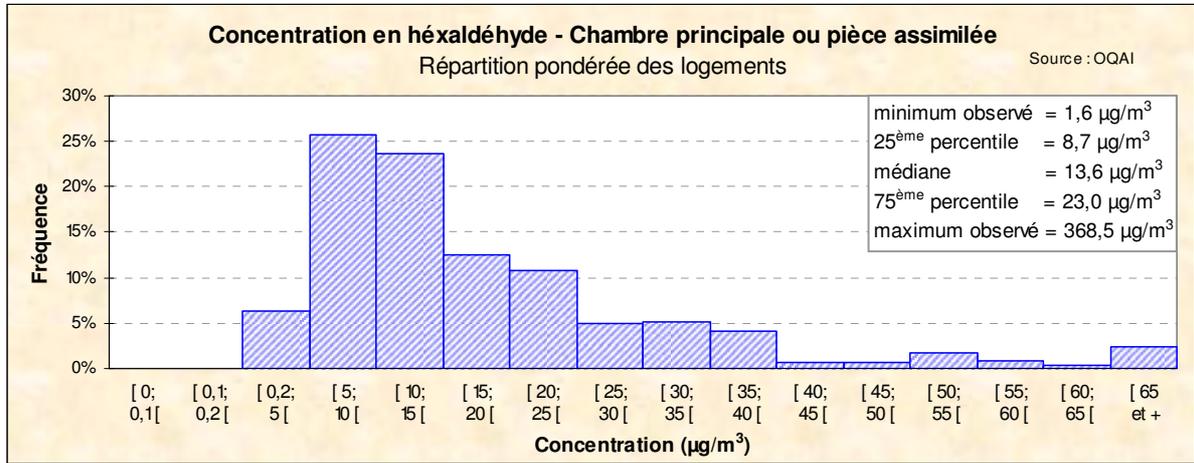
		Intérieur	Extérieur
Echantillon	Observations	554	529
	Minimum 1	1,6	Inf. à LD
	Minimum 2	1,7	Inf. à LQ
	Maximum 1	368,5	7,7
	Maximum 2	228,1	3,9
Effectif national	Effectif représenté	23 881 729	22 591 476
	% inférieur à LD	0,0%	18,6%
	% entre LD et LQ	0,0%	5,1%
	P10	5,9 [5,2-6,9]	Inf. à LD
	P25	8,7 [8,1-9,7]	Inf. à LQ
	Médiane	13,6 [12,6-14,7]	0,5 [0,4-0,5]
	P75	23,0 [20,8-24,9]	0,7 [0,6-0,7]
	P90	35,6 [31,6-38,4]	1,1 [0,9-1,2]
	P95	50,1 [37,6-55,4]	1,4 [1,1-1,7]
% de logements dont le ratio est supérieur à 1		100,0%	

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
 Min 1 minimum de la variable
 Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe
 Max 1 maximum de la variable
 Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe
 Effectif Nombre de logements du représenté parc national représentés
 LD Limite de Détection
 LQ Limite de Quantification
 P10 10%
 P25 25%
 médiane 50%
 P75 75%
 P90 90%
 P95 95%
 Ratio = C_{int} / C_{ext}

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

Distributions des logements en fonction des concentrations en hexaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut) et à l'extérieur (figure du bas)



L'hexaldéhyde est le deuxième composé, après le formaldéhyde, qui présente les valeurs médianes les plus importantes ($13,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Les maxima mesurés vont jusqu'à $368 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les données mesurées sont en accord avec celles recueillies dans la littérature française et étrangère.

2.1.3 Hydrocarbures

2.1.3.1 Benzène

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur, garage attenant éventuel ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : 0,4 µg/m³
- limite de quantification LQ : 1,1 µg/m³
- incertitudes : (1,1 ± 0,4 µg/m³) ; (2,1 ± 0,5 µg/m³) ; (5,7 ± 1,3 µg/m³) ; (22,0 ± 4,6 µg/m³)

Éléments de littérature

Sources potentielles d'émission : combustion, vapeurs d'essence, fumée de tabac, produits de bricolage, ameublement, produits de construction et de décoration, combustion d'encens

Niveaux de concentrations moyens (µg/m³) mesurés dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

Valeurs de référence disponibles (pour information) :

OMS : 17 µg/m³ (Risque unitaire de 10⁻⁴)
 1,7 µg/m³ (Risque unitaire de 10⁻⁵)
 0,17 µg/m³ (Risque unitaire de 10⁻⁶)

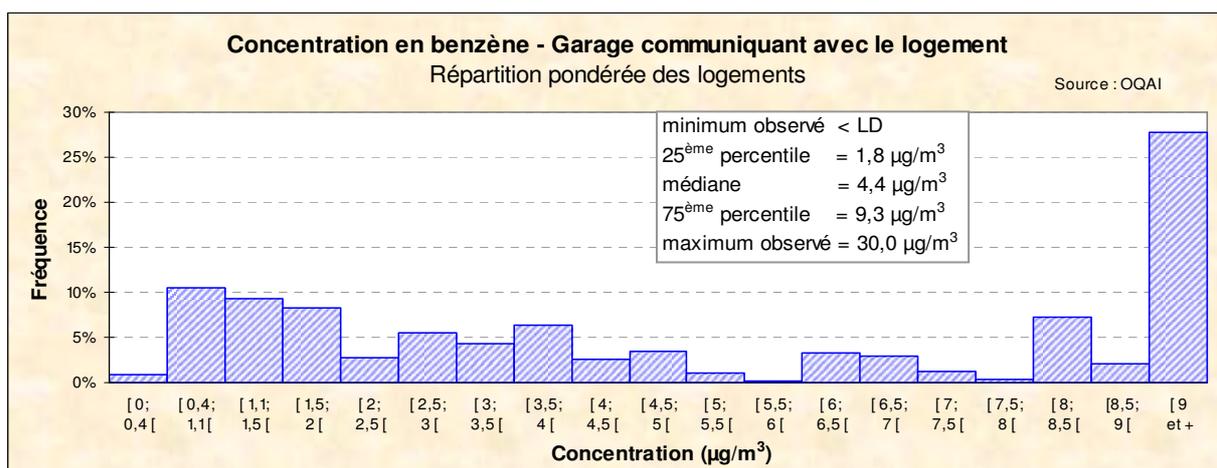
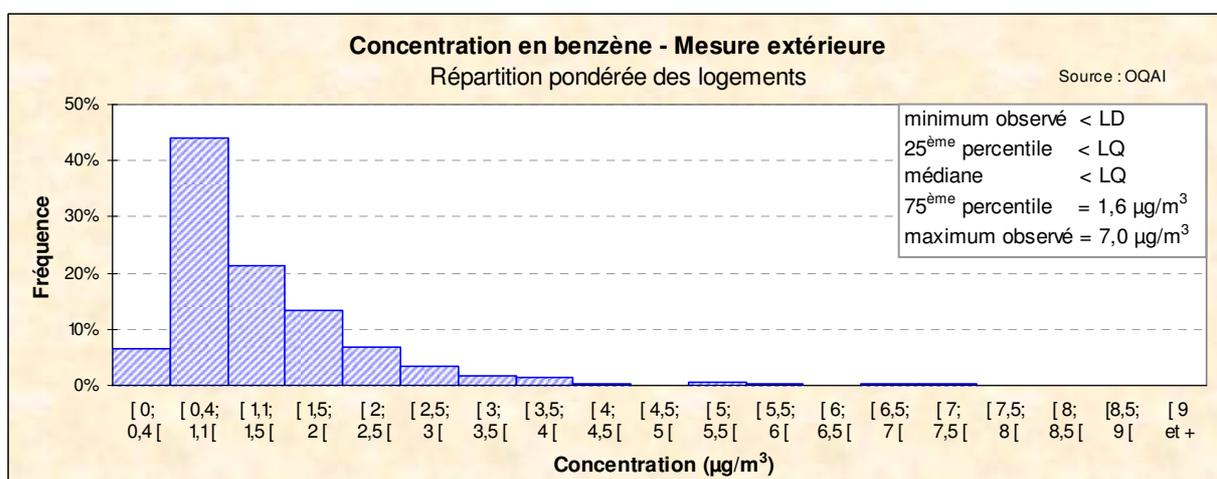
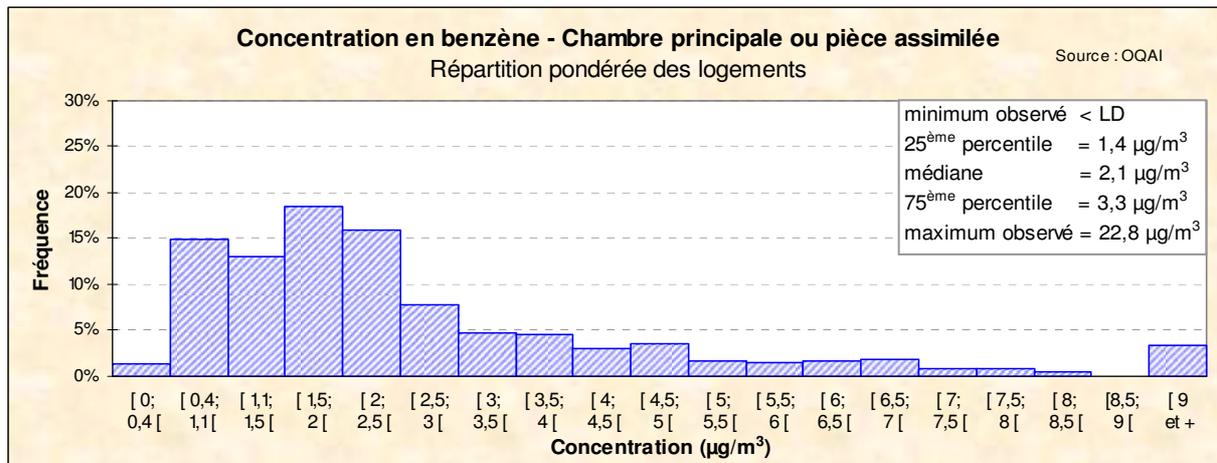
Critères de qualité de l'air extérieur : 2 µg/m³ (moyenne annuelle), objectif qualité
 9 µg/m³ (moyenne annuelle), valeur limite en 2006
 5 µg/m³ (moyenne annuelle), valeur limite en 2010

Caractéristiques des distributions des concentrations en benzène (µg/m³) à l'intérieur des logements, à l'extérieur et dans les garages communiquant avec les logements :

		Intérieur	Extérieur	Garage	
Echantillon	Observations	541	517	139	Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
	Minimum 1	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD	Min 1 minimum de la variable
	Minimum 2	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Min 2 2 ^{ème} plus petite valeur ou classe
	Maximum 1	22,8	7,0	30,0	Max 1 maximum de la variable
	Maximum 2	17,6	6,7	21,9	Max 2 2 ^{ème} plus grande valeur ou classe
Effectif national	Effectif représenté	23 392 236	22 096 561	5 789 416	Effectif Nombre de logements du parc national représentés
	% inférieur à LD	1,4%	6,5%	0,8%	LD Limite de Détection
	% entre LD et LQ	14,9%	43,9%	10,5%	LQ Limite de Quantification
	P10	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Inf. à LQ	P10 10%
	P25	1,4 [1,3-1,5]	Inf. à LQ	1,8 [1,3-2,9]	P25 25%
	Médiane	2,1 [1,9-2,2]	Inf. à LQ	4,4 [3,5-6,4]	médiane 50%
	P75	3,3 [2,9-3,7]	1,6 [1,4-1,7]	9,3 [8,1-11,1]	P75 75%
	P90	5,7 [4,7-6,5]	2,2 [2,1-2,5]	13,0 [10,8-16,6]	P90 90%
	P95	7,2 [6,3-9,4]	2,9 [2,5-3,4]	18,6 [12,6-21,6]	P95 95%
	% de logements dont le ratio est supérieur à 1			90,9%	Ratio = C _{int} / C _{ext}

Source : OQAI

Distributions des logements en fonction des concentrations en benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut), à l'extérieur (figure du milieu) et dans les garages communiquant avec les logements (figure du bas)



Le benzène présente une valeur médiane dans les logements égale à $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec des maxima proches de $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces niveaux sont dans la fourchette basse de ceux mesurés dans d'autres études françaises et internationales.

Les concentrations relevées dans les **garages** communiquant avec les logements sont quant à elles beaucoup plus importantes (médiane à $4,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maxima à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

2.1.3.2 1,4-dichlorobenzène

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur, garage attenant éventuel ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : 0,07 µg/m³
- limite de quantification LQ : 0,2 µg/m³
- incertitudes : (0,2 ± 0,5 µg/m³) ; (1,0 ± 0,5 µg/m³) ; (4,2 ± 1,1 µg/m³) ; (68,5 ± 17,4 µg/m³) ; (4800,0 ± 1217,6 µg/m³)

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : antimites, désodorisant, taupicide

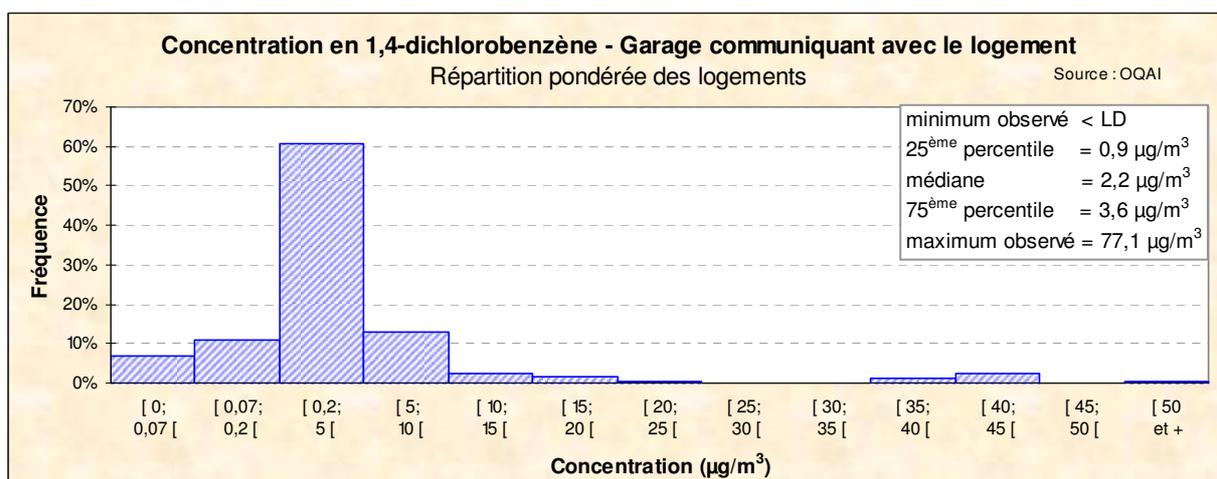
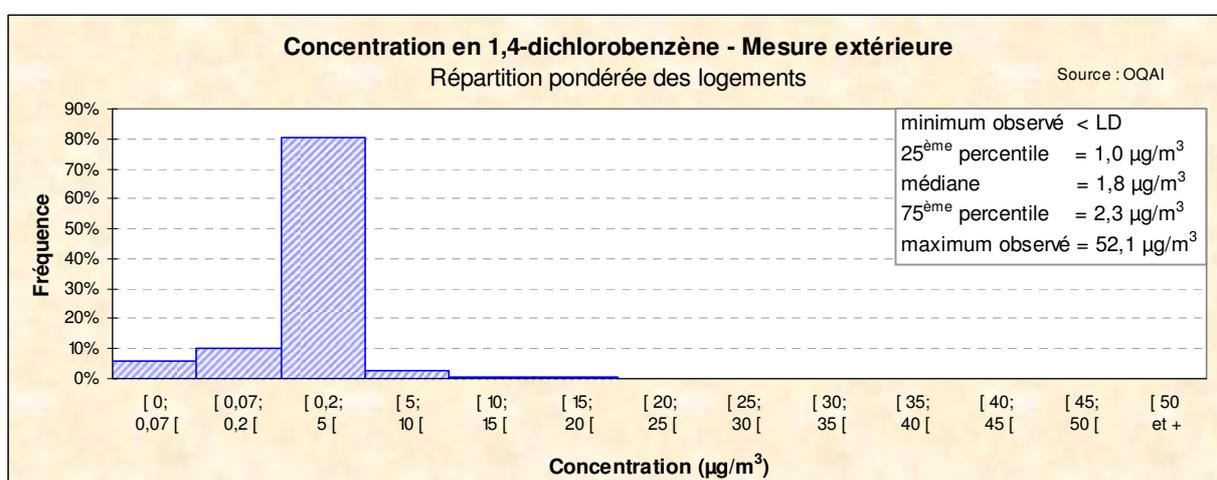
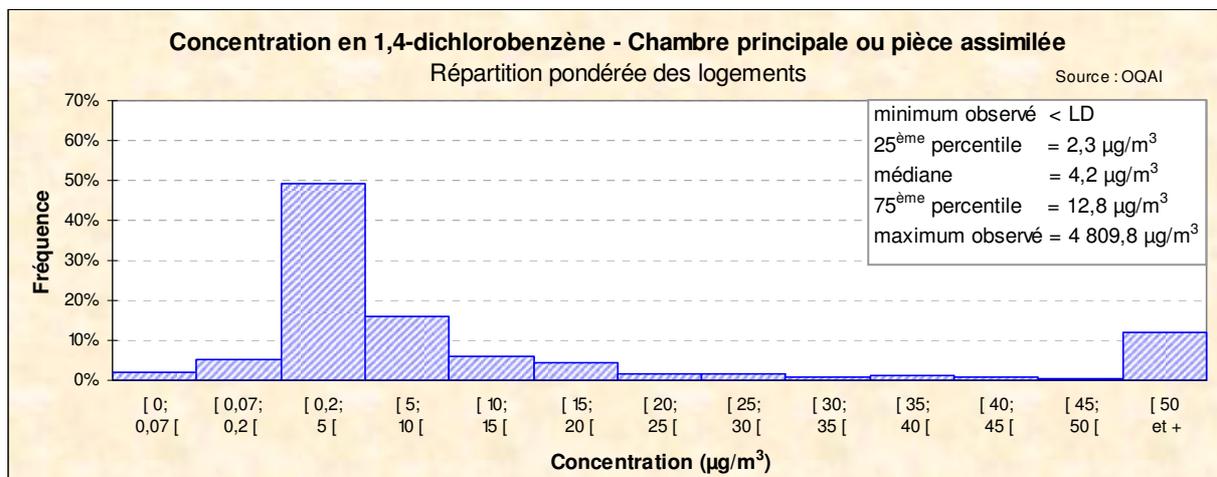
Niveaux moyens de concentrations (µg/m³) mesurés dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques des distributions des concentrations en 1,4-dichlorobenzène (µg/m³) à l'intérieur des logements, à l'extérieur et dans les garages communiquant avec les logements :

	Intérieur	Extérieur	Garage			
Echantillon	Observations	541	517	139	<i>Observations</i> Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides	
	Minimum 1	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD		<i>Min 1</i> minimum de la variable
	Minimum 2	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Inf. à LQ		<i>Min 2</i> 2 ^{ème} plus petite valeur ou classe
	Maximum 1	4 809,8	52,1	77,1		<i>Max 1</i> maximum de la variable
	Maximum 2	1 611,5	17,7	58,6		<i>Max 2</i> 2 ^{ème} plus grande valeur ou classe
Effectif national	Effectif représenté	23 392 236	22 096 561	5 789 416	<i>Effectif</i> Nombre de logements du parc national représentés	
	% inférieur à LD	1,9%	5,7%	6,9%	<i>LD</i> Limite de Détection	
	% entre LD et LQ	5,0%	10,1%	11,1%	<i>LQ</i> Limite de Quantification	
	P10	1,0 [0,4-1,5]	Inf. à LQ	Inf. à LQ	<i>P10</i> 10%	
	P25	2,3 [2,1-2,6]	1,0 [0,6-1,1]	0,9 [<LQ-1,5]	<i>P25</i> 25%	
	Médiane	4,2 [3,7-4,8]	1,8 [1,6-1,9]	2,2 [1,8-2,5]	<i>médiane</i> 50%	
	P75	12,8 [8,9-15,6]	2,3 [2,2-2,6]	3,6 [2,9-5,8]	<i>P75</i> 75%	
	P90	68,5 [38,1-95,4]	3,3 [3,0-3,5]	8,2 [5,7-18,0]	<i>P90</i> 90%	
	P95	150,0 [96,5-341,0]	4,3 [3,5-5,5]	18,1 [8,0-40,0]	<i>P95</i> 95%	
	% de logements dont le ratio est supérieur à 1			95,6%	<i>Ratio</i> = C _{int} / C _{ext}	

Distributions des logements en fonction des concentrations en 1,4-dichlorobenzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut), à l'extérieur (figure du milieu) et dans les garages communiquant avec les logements (figure du bas)



Le 1,4-dichlorobenzène présente une **valeur médiane** dans les logements de **4,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** avec un **maximum** très important **dépassant 4800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Les données de la littérature sont trop éparées pour être comparées.

Les concentrations observées dans les **garages** communiquant avec les logements sont faibles (médiane à **2,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , maxima proches de **77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**).

2.1.3.3 Ethylbenzène

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur, garage attenant éventuel ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : 0,3 µg/m³
- limite de quantification LQ : 0,9 µg/m³
- incertitudes : (0,9 ± 0,6 µg/m³) ; (1,0 ± 0,6 µg/m³) ; (2,3 ± 0,7 µg/m³) ;
(7,5 ± 1,6 µg/m³) ; (85,0 ± 20,1 µg/m³)

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : carburants, cires

Niveaux moyens de concentrations (µg/m³) mesurés dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques des distributions des concentrations en éthylbenzène (µg/m³) à l'intérieur des logements, à l'extérieur et dans les garages communiquant avec les logements :

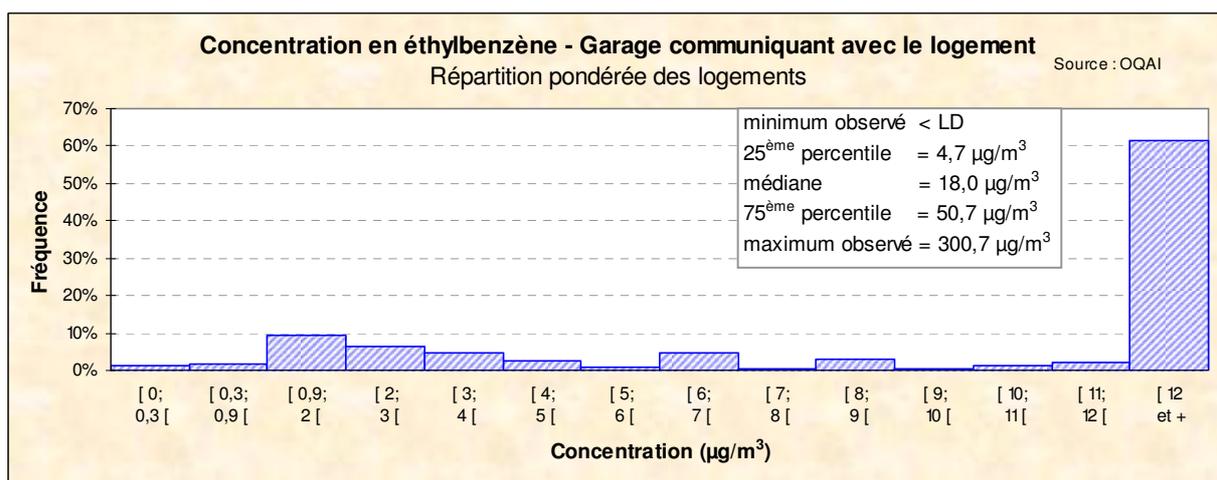
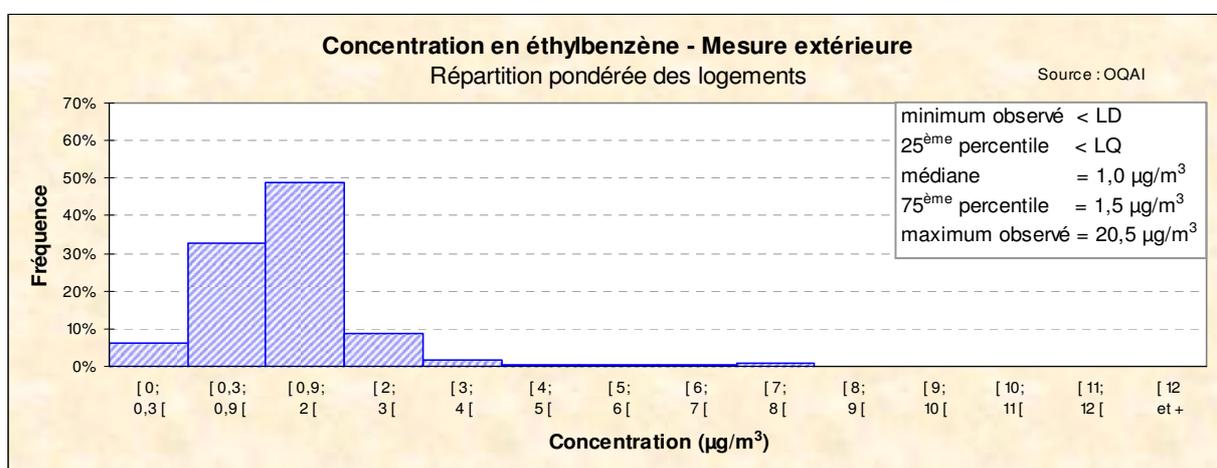
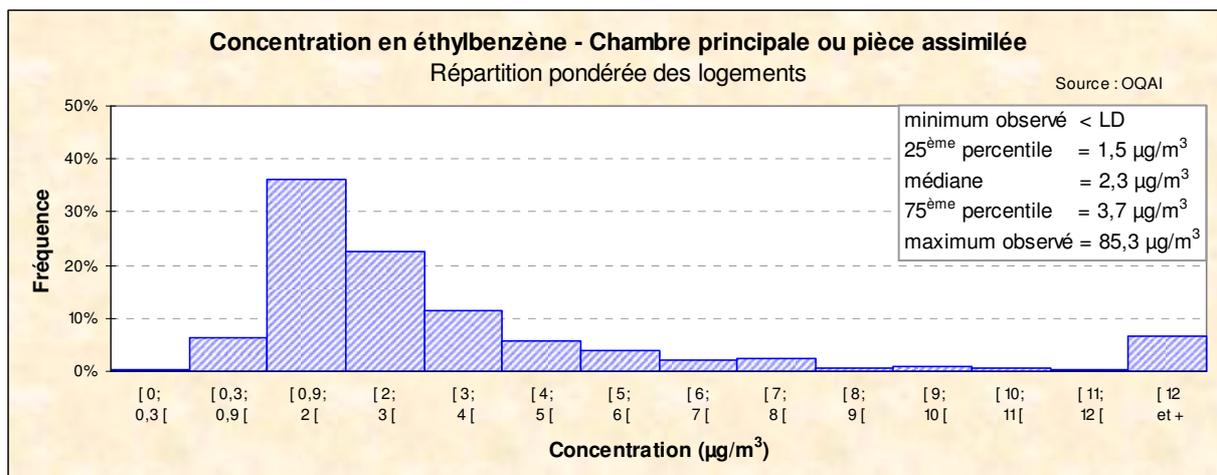
		Intérieur	Extérieur	Garage
Echantillon	Observations	541	517	139
	Minimum 1	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD
	Minimum 2	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Inf. à LQ
	Maximum 1	85,3	20,5	300,7
	Maximum 2	32,3	7,4	181,9
Effectif national	Effectif représenté	23 392 236	22 096 561	5 789 416
	% inférieur à LD	0,3%	6,2%	1,2%
	% entre LD et LQ	6,3%	32,8%	1,7%
	P10	1,0 [1,0-1,1]	Inf. à LQ	1,9 [1,4-2,9]
	P25	1,5 [1,4-1,6]	Inf. à LQ	4,7 [2,7-8,2]
	Médiane	2,3 [2,1-2,5]	1,0 [1,0-1,1]	18,0 [13,9-26,4]
	P75	3,7 [3,2-4,5]	1,5 [1,4-1,6]	50,7 [32,3-84,1]
	P90	7,5 [5,8-9,9]	2,1 [1,9-2,3]	122,0 [79,6-137,0]
	P95	15,0 [9,2-18,2]	2,6 [2,3-3,0]	137,0 [109,0-155,0]
	% de logements dont le ratio est supérieur à 1			95,5%

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
Min 1 minimum de la variable
Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe
Max 1 maximum de la variable
Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe
Effectif représenté Nombre de logements du parc national représentés
LD Limite de Détection
LQ Limite de Quantification
P10 10%
P25 25%
médiane 50%
P75 75%
P90 90%
P95 95%
Ratio = C_{int} / C_{ext}

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

Distributions des logements en fonction des concentrations en éthylbenzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut), à l'extérieur (figure du milieu) et dans les garages communiquant avec les logements (figure du bas)



L'éthylbenzène présente une **valeur médiane** dans les logements de **2,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** avec un **maximum à 85,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Ces niveaux sont, de manière générale, cohérents avec ceux observés en France et dans des études internationales.

Les concentrations observés dans les **garages** communiquant avec les logements sont plus importantes (médiane à **18,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**) avec un maximum atteignant **300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

2.1.3.4 n-Décane

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur, garage attenant éventuel ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : 0,07 µg/m³
- limite de quantification LQ : 0,2 µg/m³
- incertitudes : (0,2 ± 0,8 µg/m³) ; (1,9 ± 1,0 µg/m³) ; (5,3 ± 2,0 µg/m³) ; (29,1 ± 9,9 µg/m³) ; (1 700,0 ± 486,5 µg/m³)

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs pour sol, moquettes, tapis

Niveaux moyens de concentrations (µg/m³) mesurés dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

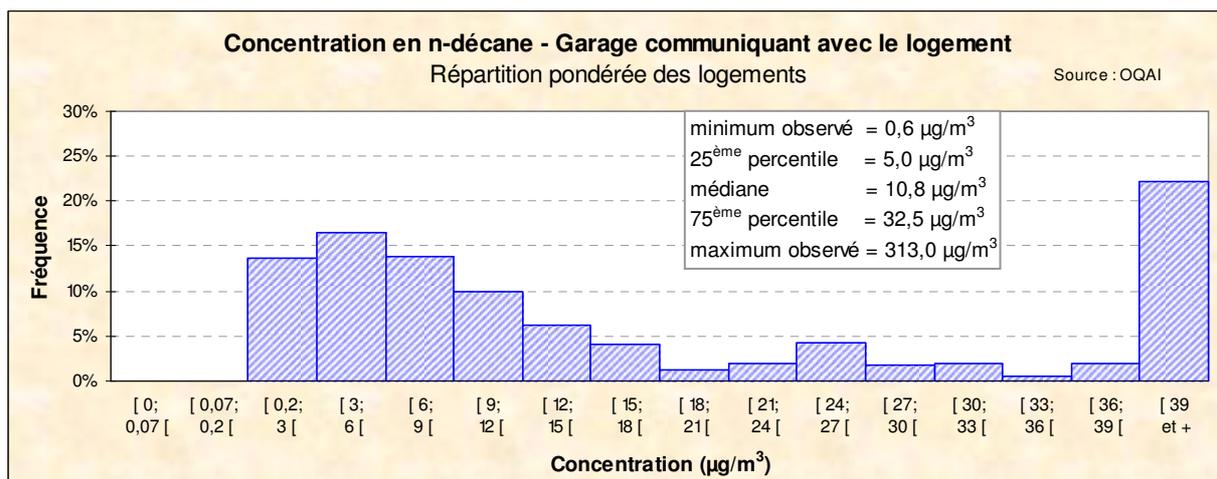
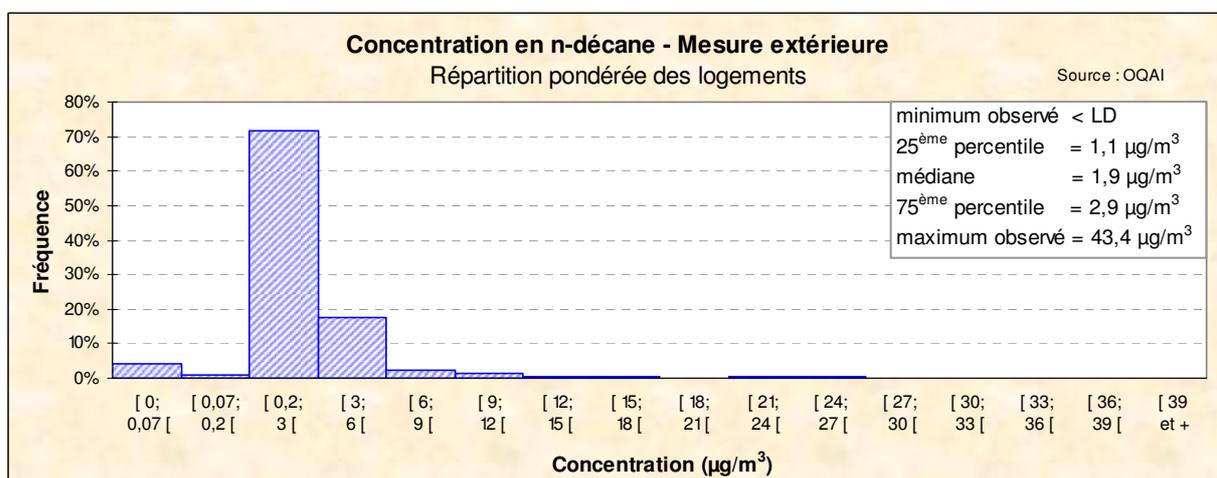
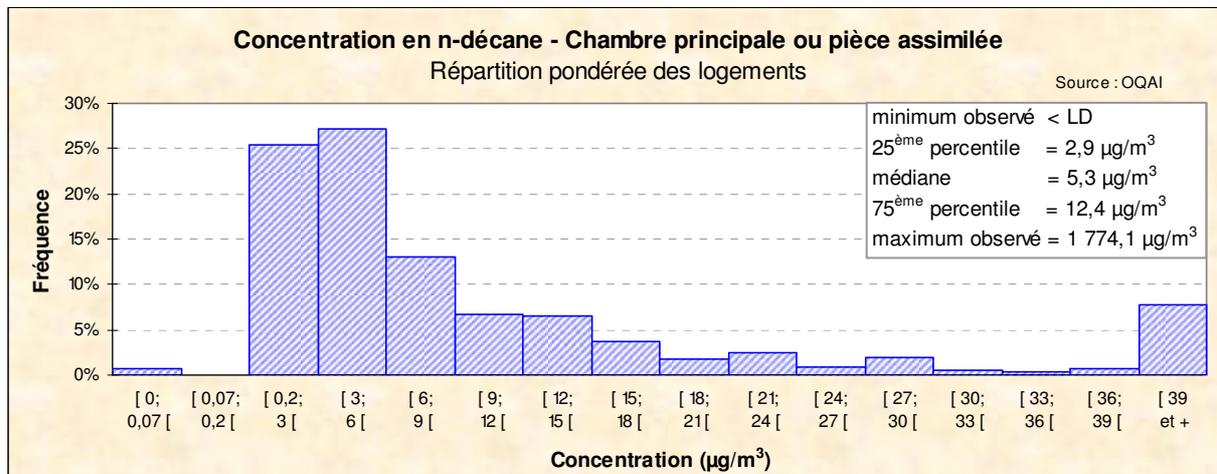
Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques des distributions des concentrations en n-décane (µg/m³) à l'intérieur des logements, à l'extérieur et dans les garages communiquant avec les logements :

		Intérieur	Extérieur	Garage	
Echantillon	Observations	541	517	139	Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
	Minimum 1	Inf. à LD	Inf. à LD	0,6	Min 1 minimum de la variable
	Minimum 2	0,4	Inf. à LQ	1,0	Min 2 2 ^{ème} plus petite valeur ou classe
	Maximum 1	1 774,1	43,4	313,0	Max 1 maximum de la variable
	Maximum 2	602,8	37,0	298,3	Max 2 2 ^{ème} plus grande valeur ou classe
Effectif national	Effectif représenté	23 392 236	22 096 561	5 789 416	Effectif Nombre de logements du parc national représentés
	% inférieur à LD	0,7%	4,1%	0,0%	LD Limite de Détection
	% entre LD et LQ	0,0%	1,1%	0,0%	LQ Limite de Quantification
	P10	1,9 [1,6-2,1]	0,5 [0,3-0,6]	2,5 [2,1-3,5]	P10 10%
	P25	2,9 [2,7-3,2]	1,1 [1,0-1,3]	5,0 [3,6-6,5]	P25 25%
	Médiane	5,3 [4,8-6,2]	1,9 [1,8-2,1]	10,8 [7,3-14,0]	médiane 50%
	P75	12,4 [10,2-14,4]	2,9 [2,8-3,1]	32,5 [19,0-57,4]	P75 75%
	P90	29,1 [22,2-39,7]	4,6 [4,0-5,6]	113,0 [53,7-211,0]	P90 90%
	P95	53,0 [38,6-83,9]	6,4 [5,3-9,8]	213,0 [88,3-257,0]	P95 95%
	% de logements dont le ratio est supérieur à 1			94,4%	Ratio = C _{int} / C _{ext}

Source : OQAI

Distributions des logements en fonction des concentrations en n-décane ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut), à l'extérieur (figure du milieu) et dans les garages communiquant avec les logements (figure du bas)



Le n-décane présente une **valeur médiane** dans les logements de **5,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** avec un **maximum** très important de **1 774 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Ces niveaux sont, de manière générale, cohérents avec ceux observés dans des études internationales mais il y a peu de données disponibles.

La médiane des concentrations en n-décane observées dans les **garages** est de **10,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** avec un maximum atteignant **313 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

2.1.3.5 n-Undécane

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur, garage attenant éventuel ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : 0,5 µg/m³
- limite de quantification LQ : 1,4 µg/m³
- incertitudes : (1,4 ± 3,8 µg/m³) ; (2,2 ± 5,4 µg/m³) ; (6,2 ± 14,2 µg/m³) ;
(24,3 ± 17,5 µg/m³) ; (500,0 ± 258,5 µg/m³)

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs pour sol, moquettes, tapis

Niveaux moyens de concentrations (µg/m³) mesurés dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques des distributions des concentrations en n-undécane (µg/m³) à l'intérieur des logements, à l'extérieur et dans les garages communiquant avec les logements :

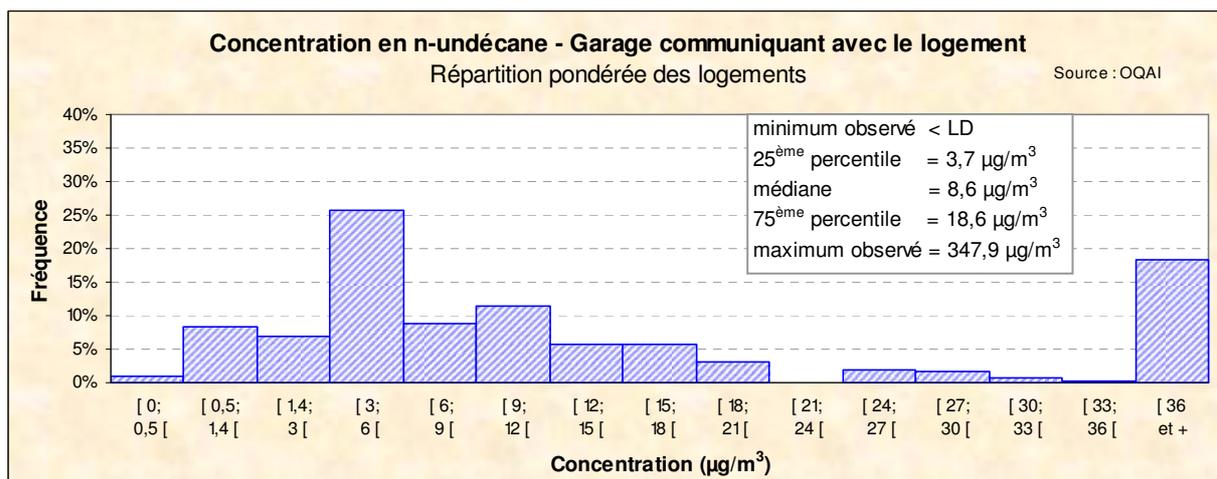
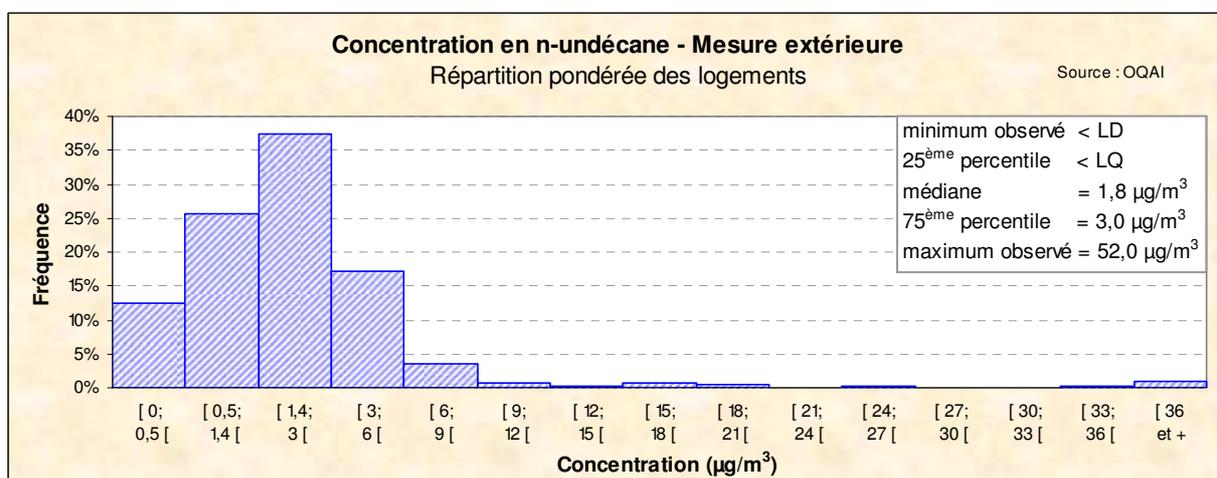
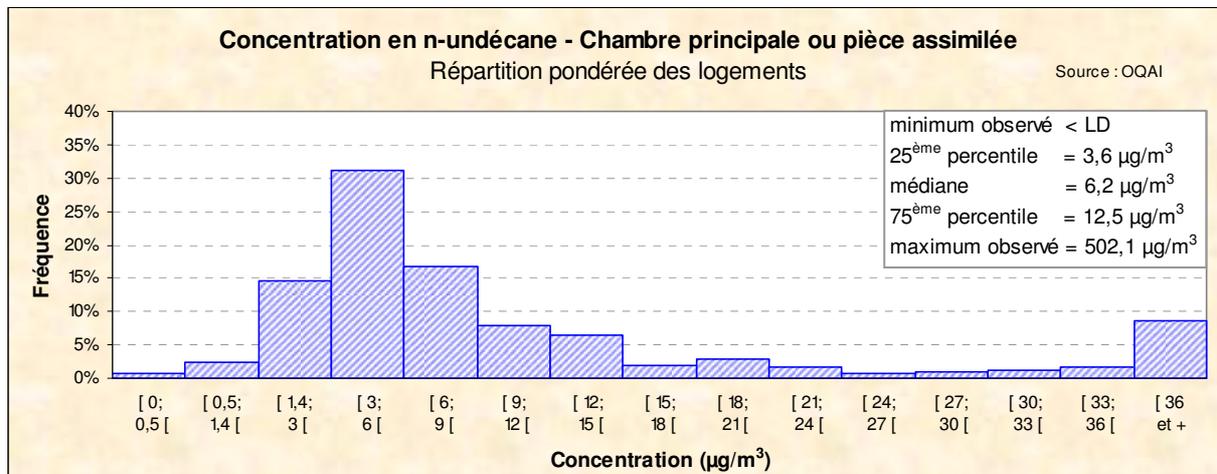
		Intérieur	Extérieur	Garage
Echantillon	Observations	541	517	139
	Minimum 1	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD
	Minimum 2	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Inf. à LQ
	Maximum 1	502,1	52,0	347,9
	Maximum 2	471,6	46,5	255,7
Effectif national	Effectif représenté	23 392 236	22 096 561	5 789 416
	% inférieur à LD	0,6%	12,5%	1,0%
	% entre LD et LQ	2,4%	25,7%	8,4%
	P10	2,2 [1,9-2,5]	Inf. à LD	1,5 [<LD-3,1]
	P25	3,6 [3,1-4,1]	Inf. à LQ	3,7 [3,0-4,8]
	Médiane	6,2 [5,6-7,1]	1,8 [1,6-2,0]	8,6 [5,6-11,0]
	P75	12,5 [10,3-14,4]	3,0 [2,6-3,3]	18,6 [12,9-35,2]
	P90	33,6 [23,9-45,6]	5,2 [4,5-5,7]	76,7 [29,9-105,0]
	P95	72,4 [45,2-93,2]	7,0 [5,5-9,5]	106,0 [65,7-115,0]
	% de logements dont le ratio est supérieur à 1			94,1%

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
 Min 1 minimum de la variable
 Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe
 Max 1 maximum de la variable
 Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe
 Effectif Nombre de logements du parc national représentés
 LD Limite de Détection
 LQ Limite de Quantification
 P10 10%
 P25 25%
 médiane 50%
 P75 75%
 P90 90%
 P95 95%
 Ratio = C_{int} / C_{ext}

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

Distributions des logements en fonction des concentrations en n-undécane ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut), à l'extérieur (figure du milieu) et dans les garages communiquant avec les logements (figure du bas)



Le n-undécane présente une valeur **médiane** dans les logements de **6,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** avec un **maximum** très important à **502 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Ces niveaux sont, de manière générale, cohérents avec ceux observés dans des études internationales mais il y a peu de données disponibles.

La médiane des concentrations en n-undécane observées dans les **garages** communiquant avec les logements est de **8,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** avec un maximum à **348 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

2.1.3.6 Styrene

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur, garage attenant éventuel ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : 0,1 µg/m³
- limite de quantification LQ : 0,3 µg/m³
- incertitudes : (0,3 ± 0,2 µg/m³) ; (0,5 ± 0,2 µg/m³) ; (1,0 ± 0,4 µg/m³) ; (2,0 ± 0,6 µg/m³) ; (35,0 ± 10,5 µg/m³)

Éléments de littérature

Sources potentielles d'émission : matière plastique, matériaux isolants, carburants, fumées de cigarette

Niveaux moyens des concentrations (µg/m³) mesurés dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableau de l'annexe 8

Valeurs de référence disponibles (pour information) :

OMS : 260 µg/m³ (7j)

Allemagne³⁸ : 30 µg/m³ (7j), valeur guide I

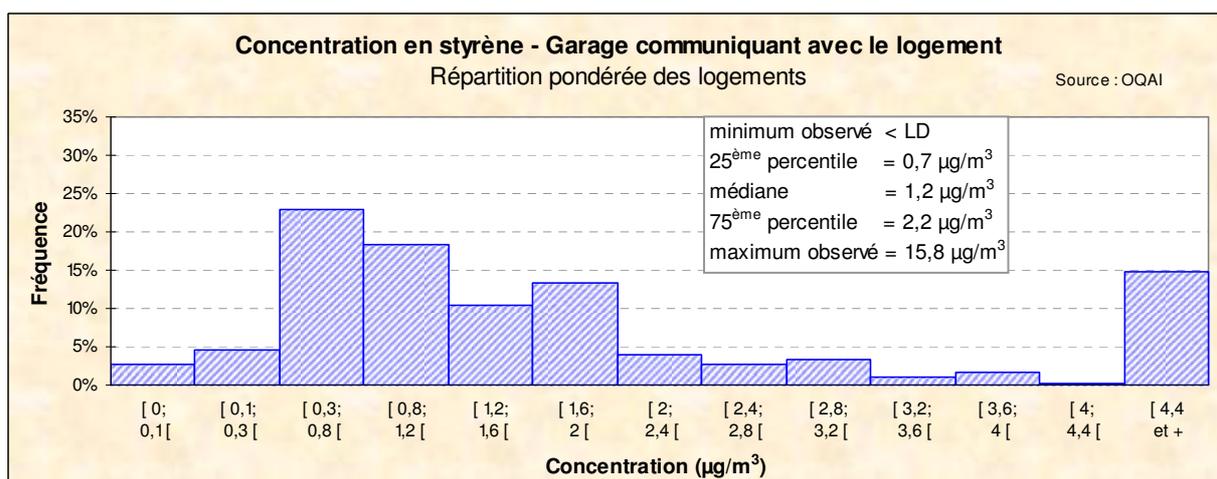
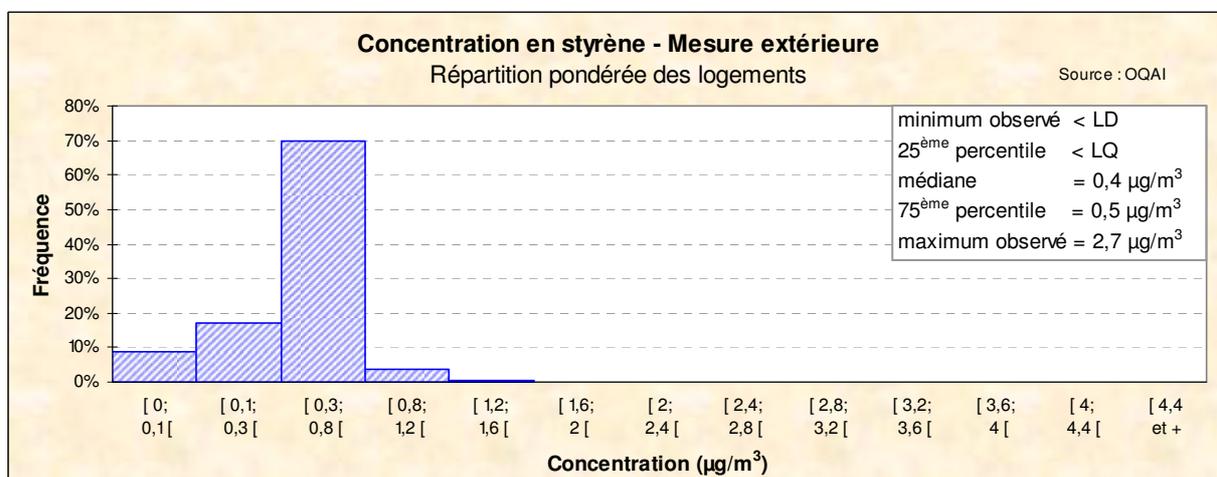
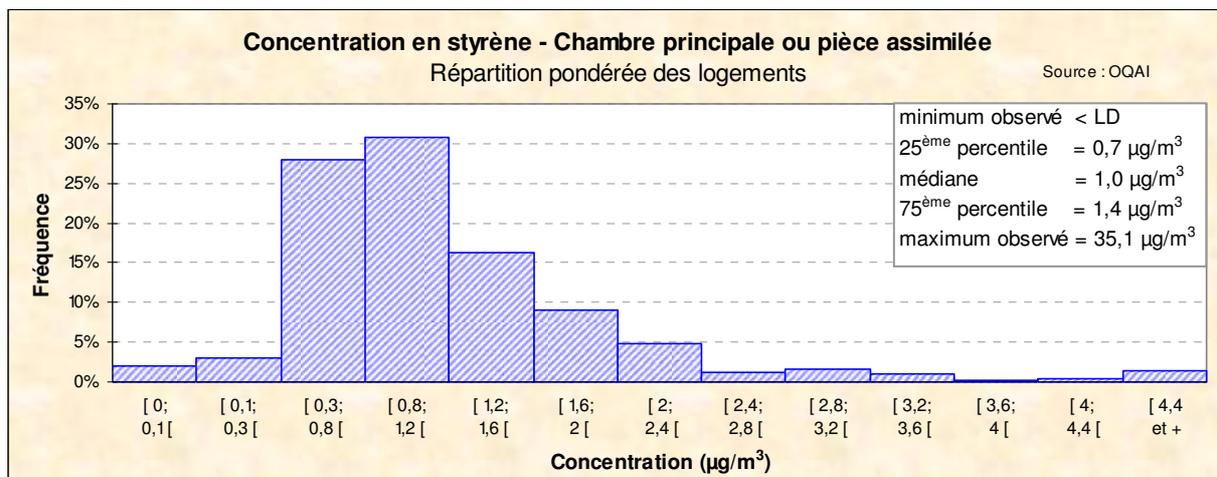
300 µg/m³ (7j), valeur guide II

Caractéristiques des distributions des concentrations en styrène (µg/m³) à l'intérieur des logements, à l'extérieur et dans les garages communiquant avec les logements :

		Intérieur	Extérieur	Garage	
Echantillon	Observations	541	517	139	Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
	Minimum 1	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD	Min 1 minimum de la variable
	Minimum 2	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Min 2 2 ^{ème} plus petite valeur ou classe
	Maximum 1	35,1	2,7	15,8	Max 1 maximum de la variable
	Maximum 2	17,2	2,0	15,6	Max 2 2 ^{ème} plus grande valeur ou classe
Effectif national	Effectif représenté	23 392 236	22 096 561	5 789 416	Effectif Nombre de logements du parc national représentés
	% inférieur à LD	1,9%	8,6%	2,8%	LD Limite de Détection
	% entre LD et LQ	2,9%	17,2%	4,5%	LQ Limite de Quantification
	P10	0,5 [0,4-0,5]	Inf. à LQ	0,3 [<LD-0,6]	P10 10%
	P25	0,7 [0,6-0,7]	Inf. à LQ	0,7 [0,5-0,8]	P25 25%
	Médiane	1,0 [0,9-1,0]	0,4 [0,3-0,4]	1,2 [0,9-1,6]	médiane 50% des logements sont situés en dessous de cette valeur
	P75	1,4 [1,3-1,6]	0,5 [0,5-0,6]	2,2 [1,7-3,2]	P75 75%
	P90	2,0 [1,8-2,3]	0,6 [0,6-0,7]	4,9 [3,0-8,9]	P90 90%
	P95	2,7 [2,2-3,1]	0,7 [0,7-0,8]	9,3 [4,6-11,4]	P95 95%
	% de logements dont le ratio est supérieur à 1			95,2%	Ratio = C _{int} / C _{ext}

³⁸ **Guideline value for Indoor Air Pollutants** : il existe deux niveaux de recommandation basés sur des critères sanitaires (données toxicologiques et épidémiologiques) : « **valeur guide I** » (concentration pour laquelle une substance n'est pas susceptible de conduire à un effet sanitaire, y compris sur le long terme. Le dépassement de cette valeur signifie que l'on est dans une situation indésirable du point de vue hygiénique) ; « **valeur guide II** » (en cas de dépassement, des actions immédiates doivent être menées).

Distributions des logements en fonction des concentrations en styrène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut), à l'extérieur (figure du milieu) et dans les garages communiquant avec les logements (figure du bas)



La **médiane** des concentrations en styrène dans les logements est très faible (**1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**) mais les **maxima** atteignent **35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . La médiane des concentrations observées dans les **garages** est légèrement supérieure (**1,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**) alors que les maxima sont inférieurs à ceux observés dans les logements (**15,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**). Les valeurs recueillies dans cette campagne sont en accord avec les mesures étrangères réalisées dans les logements.

Lors de la campagne et parmi les 541 observations, la valeur de référence pour le styrène de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Allemagne) a été dépassée dans un seul logement, ce qui représente entre 0 et 1,2% du parc national (intervalle de confiance à 95%).

2.1.3.7 Tétrachloroéthylène

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur, garage attenant éventuel ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : 0,4 µg/m³
- limite de quantification LQ : 1,2 µg/m³
- incertitudes : (1,2 ± 0,9 µg/m³) ; (1,4 ± 0,9 µg/m³) ; (5,2 ± 2,1 µg/m³) ; (684,0 ± 140,8 µg/m³)

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : nettoyage à sec, moquettes, tapis

Niveaux moyens des concentrations (µg/m³) dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

Valeurs de référence disponibles (pour information) :

OMS : 0,25 mg/m³ (1 an)

Caractéristiques des distributions des concentrations en tétrachloroéthylène (µg/m³) à l'intérieur des logements, à l'extérieur et dans les garages communiquant avec les logements :

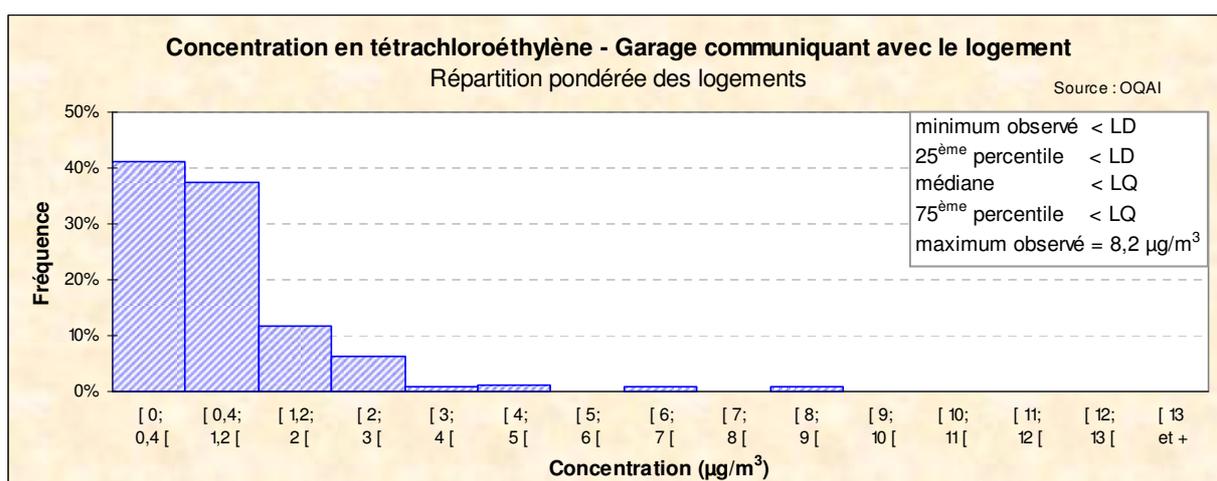
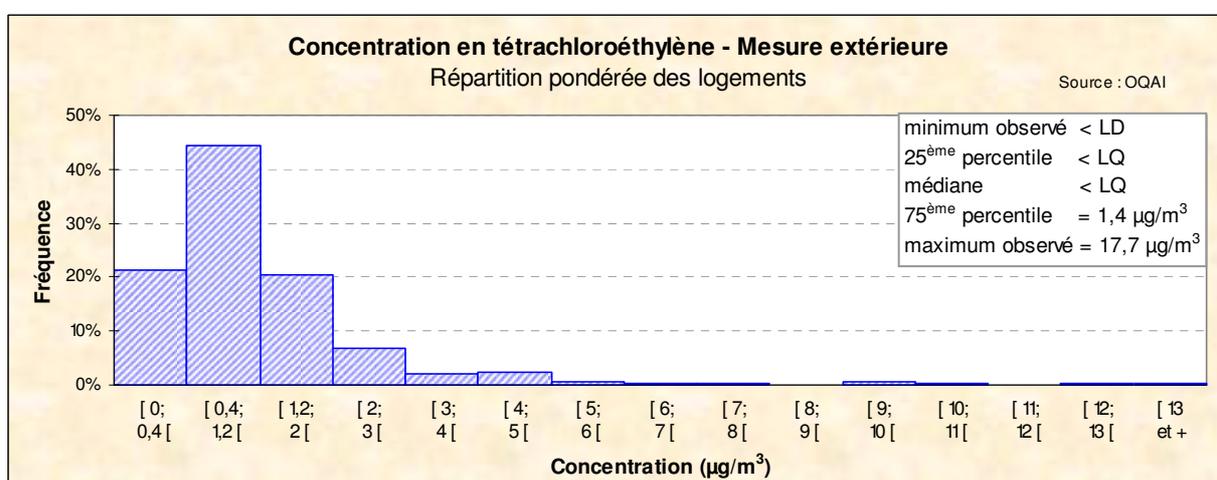
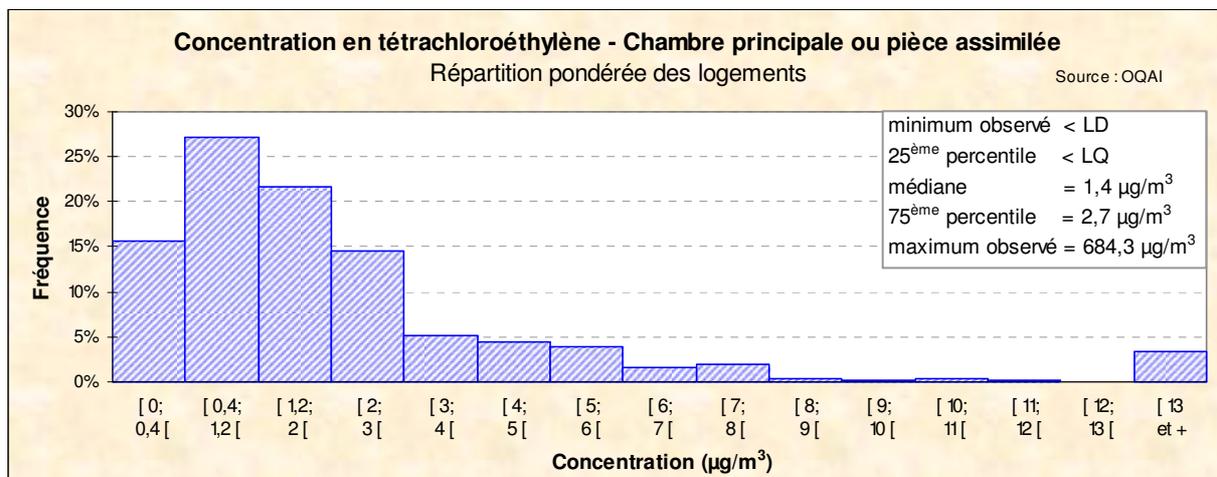
		Intérieur	Extérieur	Garage
Echantillon	Observations	541	517	139
	Minimum 1	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD
	Minimum 2	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Inf. à LQ
	Maximum 1	684,3	17,7	8,2
	Maximum 2	76,1	14,1	6,0
Effectif national	Effectif représenté	23 392 236	22 096 561	5 789 416
	% inférieur à LD	15,7%	21,4%	41,0%
	% entre LD et LQ	27,1%	44,5%	37,4%
	P10	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD
	P25	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Inf. à LD
	Médiane	1,4 [1,2-1,6]	Inf. à LQ	Inf. à LQ
	P75	2,7 [2,4-3,0]	1,4 [1,3-1,4]	Inf. à LQ
	P90	5,2 [4,5-6,2]	2,4 [2,1-2,7]	1,9 [1,3-2,5]
	P95	7,3 [6,0-11,5]	3,9 [2,7-4,3]	2,5 [1,5-4,9]
	% de logements dont le ratio est supérieur à 1			77,1%

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
 Min 1 minimum de la variable
 Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe
 Max 1 maximum de la variable
 Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe
 Effectif Nombre de logements du parc national représentés
 LD Limite de Détection
 LQ Limite de Quantification
 P10 10%
 P25 25%
 médiane 50%
 P75 75%
 P90 90%
 P95 95%
 Ratio = C_{int} / C_{ext}

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

Distributions des logements en fonction des concentrations en tétrachloroéthylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut), à l'extérieur (figure du milieu) et dans les garages communiquant avec les logements (figure du bas)



Le tétrachloroéthylène présente une valeur **médiane** dans les logements de **1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** avec un **maximum à 684 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Les données de la littérature sont trop éparpillées pour être comparées.

Les concentrations en tétrachloroéthylène dans les **garages** communiquant avec les logements sont beaucoup plus faibles avec un maximum à **8,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** (médiane inférieure à la limite de quantification du tétrachloroéthylène).

2.1.3.8 Toluène

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur, garage attenant éventuel ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : 0,4 µg/m³ limite de quantification LQ : 1,3 µg/m³
- incertitudes : (1,3 ± 1,1 µg/m³) ; (4,5 ± 1,4 µg/m³) ; (12,2 ± 2,6 µg/m³) ;
(46,9 ± 9,7 µg/m³) ; (414,0 ± 85,7 µg/m³)

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, calfatage siliconé, vapeur d'essence

Niveaux moyens des concentrations (µg/m³) dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

Valeurs de référence disponibles (pour information) :

OMS : 260 µg/m³ (7j)

Allemagne³⁹ : 300 µg/m³ (7j), valeur guide I

3000 µg/m³ (7j), valeur guide II

Caractéristiques des distributions des concentrations en toluène (µg/m³) à l'intérieur des logements, à l'extérieur et dans les garages :

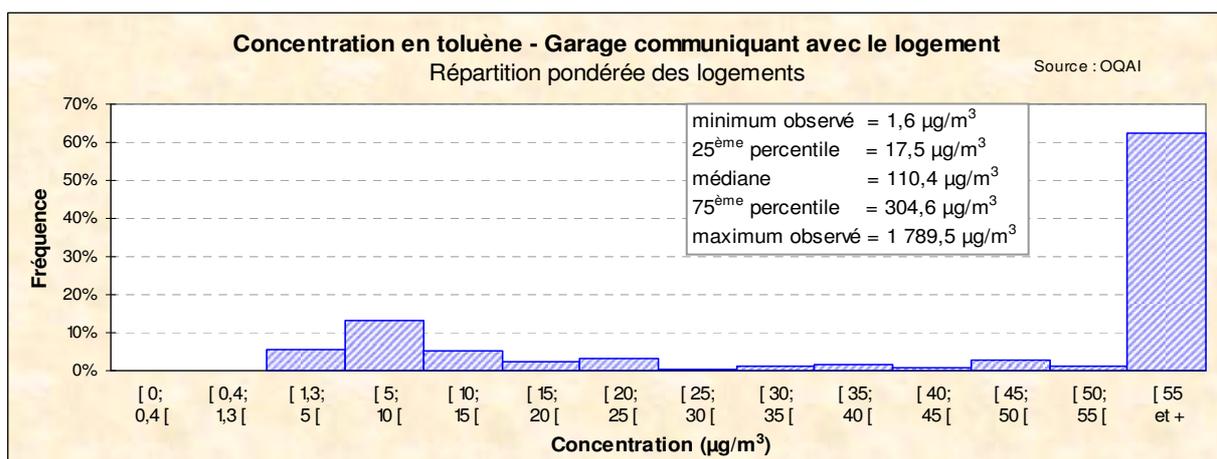
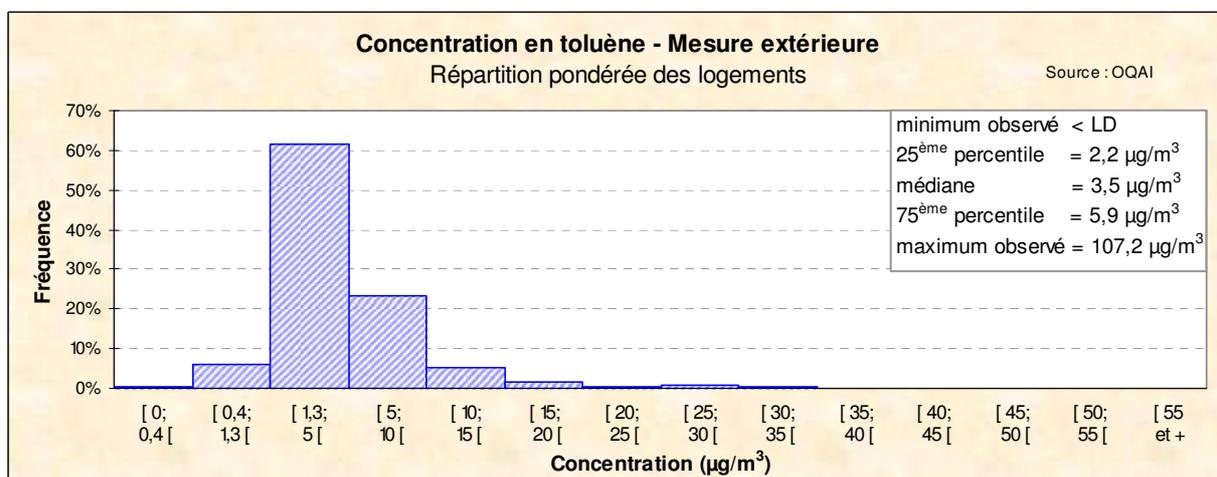
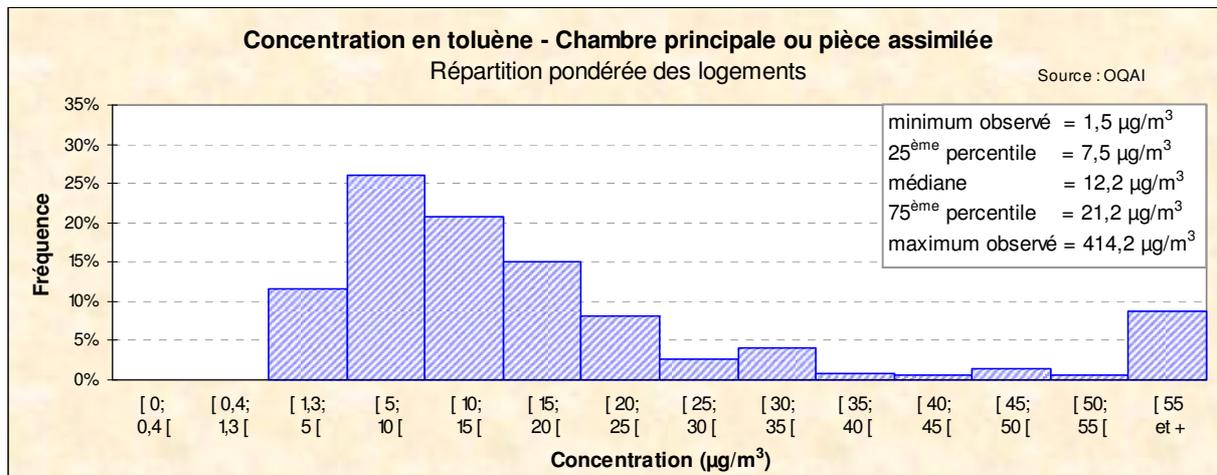
		Intérieur	Extérieur	Garage	
Echantillon	Observations	541	517	139	Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
	Minimum 1	1,5	Inf. à LD	1,6	Min 1 minimum de la variable
	Minimum 2	1,7	Inf. à LQ	1,7	Min 2 2 ^{ème} plus petite valeur ou classe
	Maximum 1	414,2	107,2	1 789,5	Max 1 maximum de la variable
	Maximum 2	226,7	31,3	814,1	Max 2 2 ^{ème} plus grande valeur ou classe
Effectif national	Effectif représenté	23 392 236	22 096 561	5 789 416	Effectif Nombre de logements du parc national représentés
	% inférieur à LD	0,0%	0,5%	0,0%	LD Limite de Détection
	% entre LD et LQ	0,0%	6,2%	0,0%	LQ Limite de Quantification
	P10	4,5 [4,0-5,4]	1,5 [1,3-1,7]	5,4 [3,2-8,2]	P10 10%
	P25	7,5 [7,1-8,3]	2,2 [2,1-2,4]	17,5 [8,1-43,5]	P25 25%
	Médiane	12,2 [11,4-13,7]	3,5 [3,3-3,8]	110,4 [67,6-157,0]	médiane 50%
	P75	21,2 [18,6-23,7]	5,9 [5,3-6,5]	304,6 [205,0-384,0]	P75 75%
	P90	46,9 [31,8-59,9]	9,0 [8,1-10,6]	506,8 [386,0-622,0]	P90 90%
	P95	82,9 [57,7-115,0]	12,9 [10,8-14,8]	677,0 [426,0-789,0]	P95 95%
	% de logements dont le ratio est supérieur à 1			96,2%	Ratio = C _{int} / C _{ext}

Source : OQAI

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

³⁹ **Guideline value for Indoor Air Pollutants** : il existe deux niveaux de recommandation basés sur des critères sanitaires (données toxicologiques et épidémiologiques) : « **valeur guide I** » (concentration pour laquelle une substance n'est pas susceptible de conduire à un effet sanitaire, y compris sur le long terme. Le dépassement de cette valeur signifie que l'on est dans une situation indésirable du point de vue hygiénique) ; « **valeur guide II** » (en cas de dépassement, des actions immédiates doivent être menées).

Distributions des logements en fonction des concentrations en toluène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut), à l'extérieur (figure du milieu) et dans les garages communiquant avec les logements (figure du bas)



La concentration **médiane** en toluène est de **12,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** dans les logements ; les **maxima** sont élevés, de l'ordre de **400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Ces niveaux, sont de manière générale, plus élevés que ceux observés dans les autres études françaises mais plus faibles que ceux mesurés dans des études internationales. Les concentrations observées dans les **garages** sont très importantes (médiane à **110,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**) avec des maxima atteignant **1 790 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . La valeur de référence, fixée à 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par l'OMS, a été dépassée dans un logement lors de la campagne nationale (sur 541 observations ; $\text{IC}_{95\%} = [0-0,8\%]$) et dans 37 garages attenants (sur 139 observations ; $\text{IC}_{95\%} = [21,3-37,6\%]$).

2.1.3.9 Trichloroéthylène

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur, garage attenant éventuel ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : 0,4 µg/m³
- limite de quantification LQ : 1,0 µg/m³
- incertitudes : (1,0 ± 1,2 µg/m³) ; (3,3 ± 1,3 µg/m³) ; (4000,0 ± 818,2 µg/m³)

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : peintures, colles, vernis, dégraissants pour métaux

Niveaux moyens de concentrations (µg/m³) dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques des distributions des concentrations en trichloroéthylène (µg/m³) à l'intérieur des logements, à l'extérieur et dans les garages communiquant avec les logements :

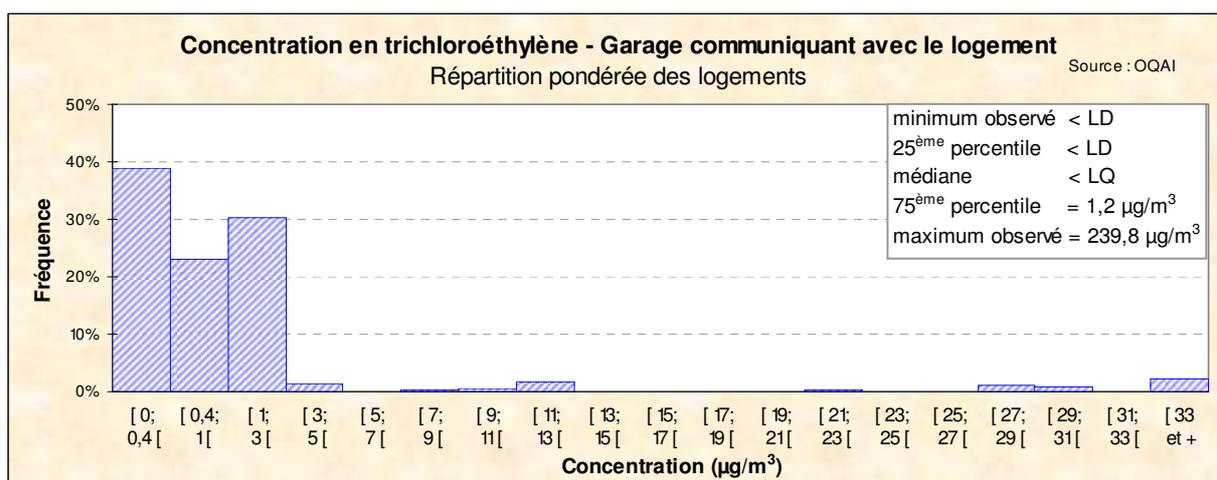
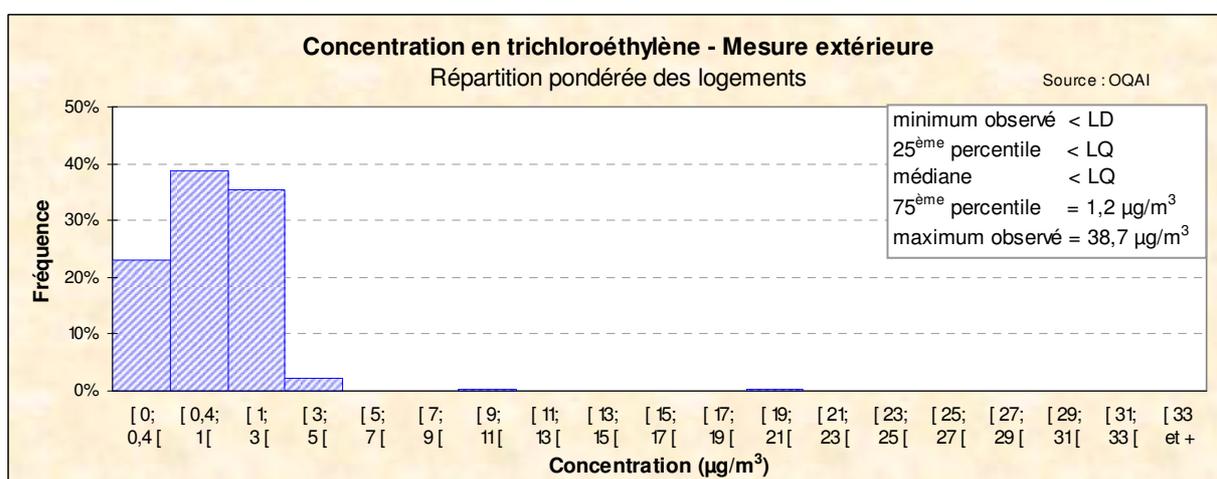
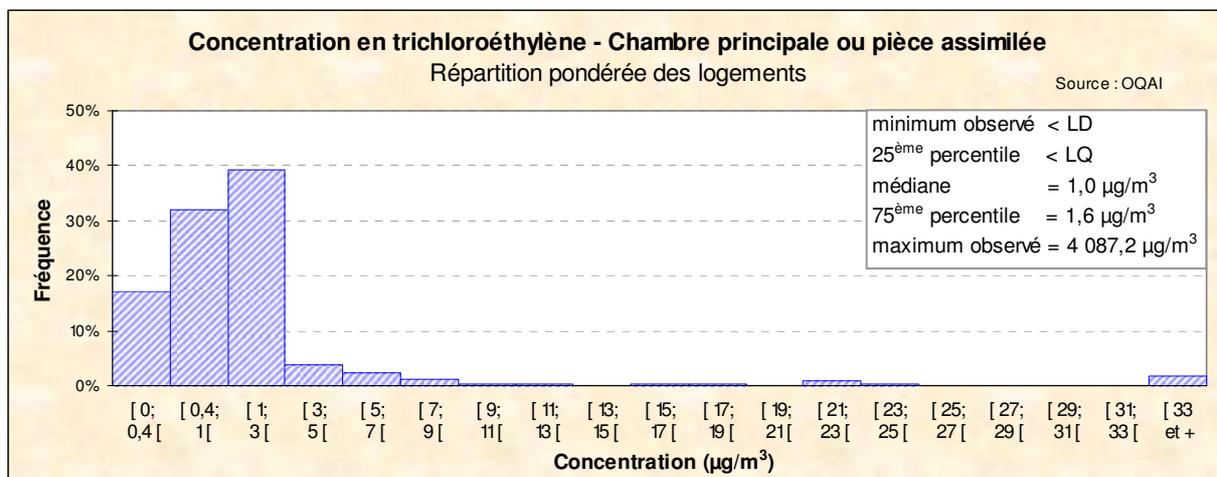
		Intérieur	Extérieur	Garage
Echantillon	Observations	541	517	139
	Minimum 1	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD
	Minimum 2	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Inf. à LQ
	Maximum 1	4 087,2	38,7	239,8
	Maximum 2	177,6	20,1	92,8
Effectif national	Effectif représenté	23 392 236	22 096 561	5 789 416
	% inférieur à LD	17,1%	23,0%	38,8%
	% entre LD et LQ	31,9%	38,8%	23,0%
	P10	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD
	P25	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Inf. à LD
	Médiane	1,0 [$<LQ-1,1$]	Inf. à LQ	Inf. à LQ
	P75	1,6 [1,4-1,8]	1,2 [1,1-1,3]	1,2 [1,0-1,6]
	P90	3,3 [2,5-5,2]	1,6 [1,5-1,8]	2,1 [1,6-12,7]
	P95	7,3 [5,1-16,1]	2,3 [1,8-2,8]	12,8 [1,7-29,3]
	% de logements dont le ratio est supérieur à 1			68,4%

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
 Min 1 minimum de la variable
 Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe
 Max 1 maximum de la variable
 Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe
 Effectif Nombre de logements du représenté parc national représentés
 LD Limite de Détection
 LQ Limite de Quantification
 P10 10%
 P25 25%
 médiane 50%
 P75 75%
 P90 90%
 P95 95%
 Ratio = C_{int} / C_{ext}

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

Distributions des logements en fonction des concentrations en trichloroéthylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut), à l'extérieur (figure du milieu) et dans les garages communiquant avec les logements (figure du bas)



Le trichloroéthylène présente une valeur **médiane** dans les logements de **1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** avec un **maximum à 4 087 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Les données de la littérature sont trop éparées pour être comparées.

Dans les **garages** qui communiquent avec les logements, la médiane des concentrations en trichloroéthylène est **inférieure à la limite de quantification** et le maximum atteint **240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

2.1.3.10 1,2,4 – triméthylbenzène

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur, garage attenant éventuel ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : 0,03 µg/m³
- limite de quantification LQ : 0,1 µg/m³
- incertitudes : (0,1 ± 0,6 µg/m³) ; (1,7 ± 0,6 µg/m³) ; (4,1 ± 1,0 µg/m³) ;
(13,7 ± 3,3 µg/m³) ; (111,0 ± 23,1 µg/m³)

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : solvants pétroliers, carburants, goudrons, vernis

Niveaux moyens de concentrations (µg/m³) dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques des distributions des concentrations en 1,2,4 - triméthylbenzène (µg/m³) à l'intérieur des logements, à l'extérieur et dans les garages communiquant avec les logements :

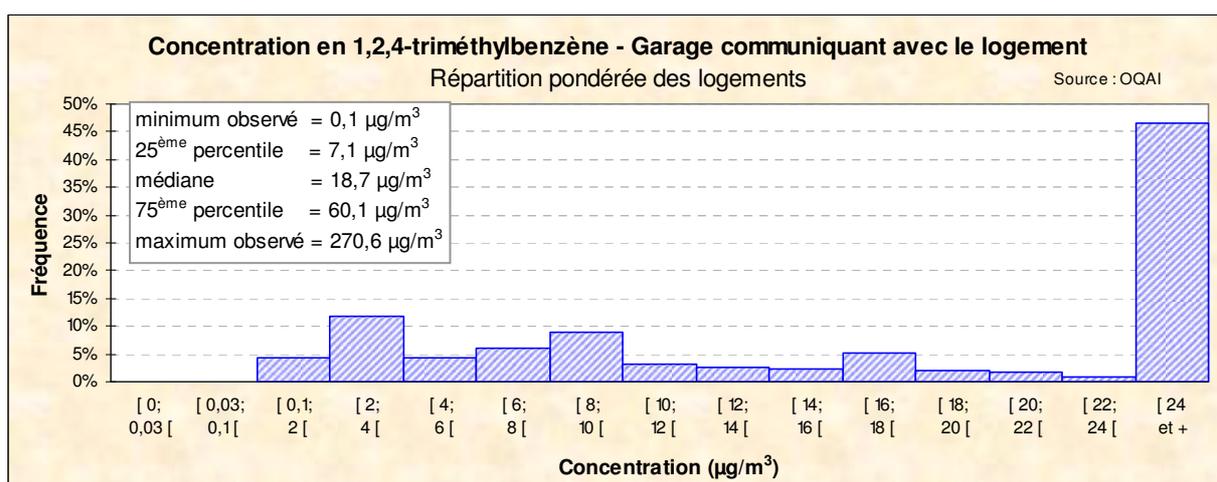
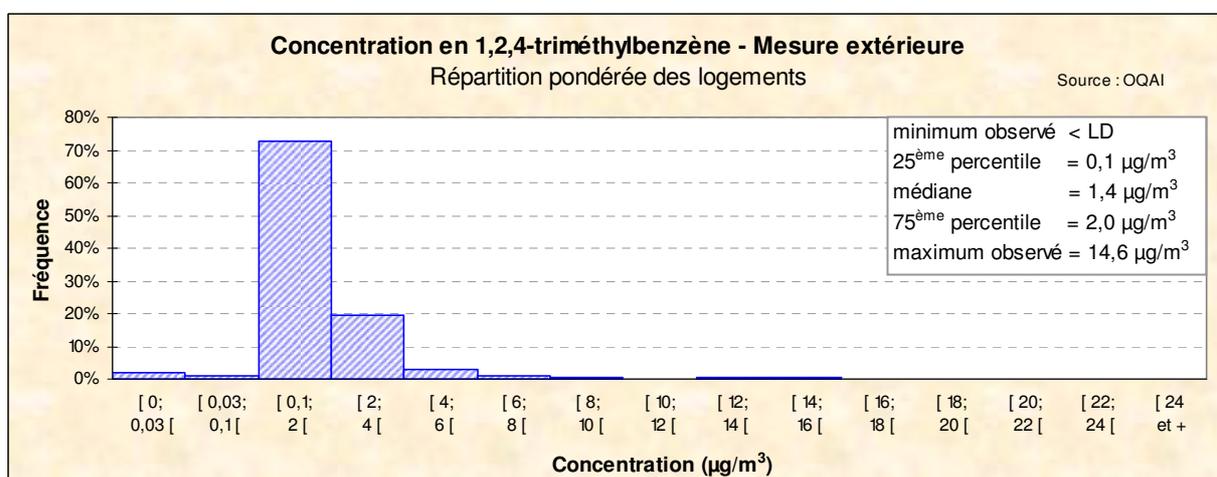
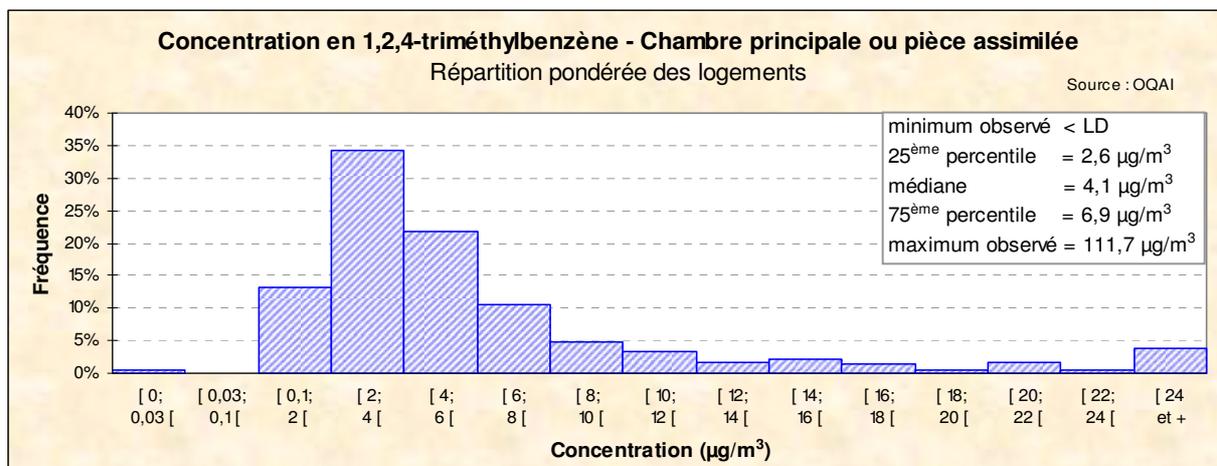
	Intérieur	Extérieur	Garage	
Echantillon	Observations	541	517	139
	Minimum 1	Inf. à LD	Inf. à LD	0,1
	Minimum 2	Inf. à LQ	Inf. à LQ	0,8
	Maximum 1	111,7	14,6	270,6
	Maximum 2	85,7	13,6	213,5
Effectif national	Effectif représenté	23 392 236	22 096 561	5 789 416
	% inférieur à LD	0,5%	1,9%	0,0%
	% entre LD et LQ	0,1%	0,8%	0,0%
	P10	1,7 [1,3-2,0]	0,5 [0,3-0,6]	3,1 [2,0-4,0]
	P25	2,6 [2,3-2,8]	1,0 [0,9-1,0]	7,1 [4,0-9,6]
	Médiane	4,1 [3,7-4,4]	1,4 [1,3-1,4]	18,7 [13,2-29,2]
	P75	6,9 [6,0-7,6]	2,0 [1,8-2,1]	60,1 [36,8-89,2]
	P90	13,7 [10,3-16,7]	3,3 [2,7-3,6]	137,2 [87,1-148,0]
	P95	21,2 [15,7-25,7]	4,1 [3,6-5,3]	149,0 [110,0-164,0]
	% de logements dont le ratio est supérieur à 1	95,9%		

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
 Min 1 minimum de la variable
 Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe
 Max 1 maximum de la variable
 Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe
 Effectif Nombre de logements du parc national représentés
 LD Limite de Détection
 LQ Limite de Quantification
 P10 10%
 P25 25%
 médiane 50%
 P75 75%
 P90 90%
 P95 95%
 Ratio = C_{int} / C_{ext}

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

Distributions des logements en fonction des concentrations en 1,2,4-triméthylbenzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut), à l'extérieur (figure du milieu) et dans les garages communiquant avec les logements (figure du bas)



Le 1,2,4 – triméthylbenzène présente une valeur **médiane** dans les logements de **4,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** avec un **maximum important à 111 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Ces niveaux sont cohérents avec les données mesurées dans des études internationales bien que celles-ci soient peu nombreuses.

Les concentrations observées dans les **garages** communiquant avec les logements sont plus élevées (médiane à **18,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**) avec un maximum atteignant **270,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

2.1.3.11 m/p-Xylène

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur, garage attenant éventuel ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : 0,5 µg/m³
- limite de quantification LQ : 1,5 µg/m³
- incertitudes : (1,5 ± 1,1 µg/m³) ; (2,3 ± 1,1 µg/m³) ; (5,6 ± 1,5 µg/m³) ;
(22,0 ± 5,6 µg/m³) ; (232,0 ± 50,7 µg/m³)

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : peintures, vernis, colles, insecticides

Niveaux moyens de concentrations (µg/m³) dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques des distributions des concentrations en m/p-Xylène (µg/m³) à l'intérieur des logements, à l'extérieur et dans les garages communiquant avec les logements :

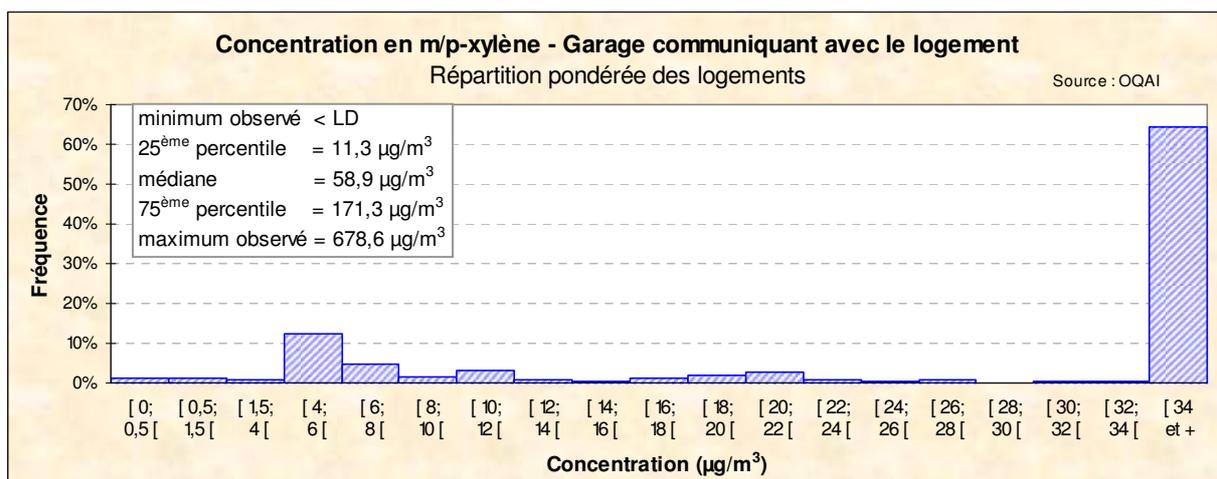
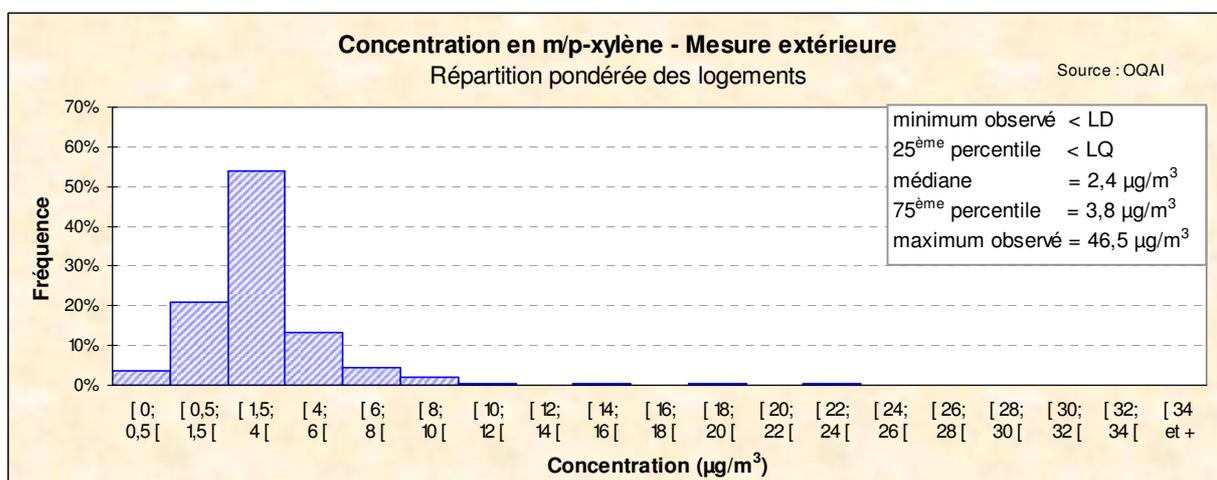
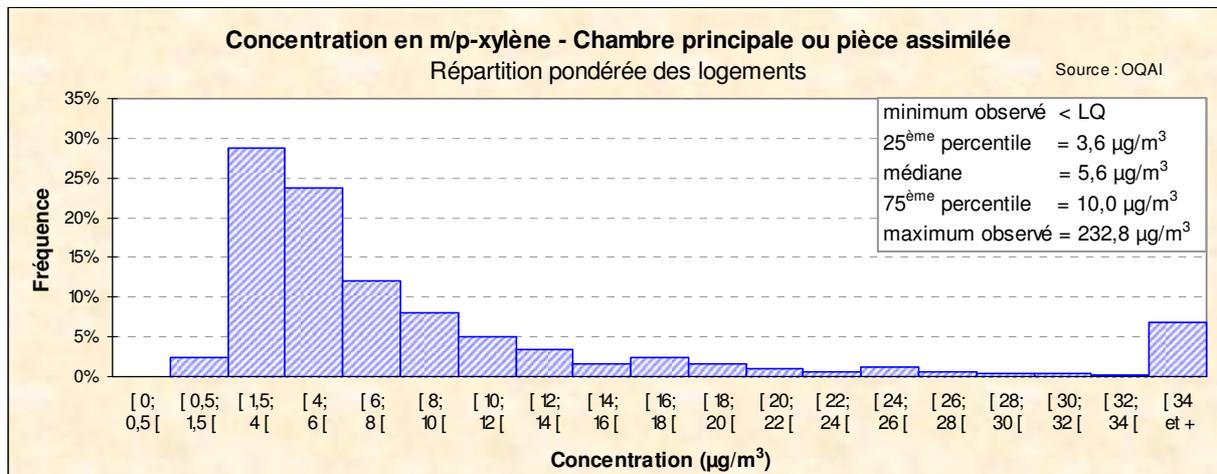
		Intérieur	Extérieur	Garage
Echantillon	Observations	541	517	139
	Minimum 1	Inf. à LQ	Inf. à LD	Inf. à LD
	Minimum 2	1,5	Inf. à LQ	Inf. à LQ
	Maximum 1	232,8	46,5	678,6
	Maximum 2	130,3	23,5	543,8
Effectif national	Effectif représenté	23 392 236	22 096 561	5 789 416
	% inférieur à LD	0,0%	3,7%	1,2%
	% entre LD et LQ	2,3%	20,7%	1,2%
	P10	2,3 [2,2-2,6]	Inf. à LQ	4,5 [4,2-7,0]
	P25	3,6 [3,3-3,9]	Inf. à LQ	11,3 [6,1-21,4]
	Médiane	5,6 [5,1-6,0]	2,4 [2,3-2,7]	58,9 [38,5-81,2]
	P75	10,0 [8,5-11,5]	3,8 [3,5-4,0]	171,3 [104,0-237,0]
	P90	22,0 [16,9-29,9]	5,6 [4,9-6,0]	376,8 [237,0-449,0]
	P95	39,7 [27,1-56,4]	7,1 [6,1-8,3]	454,0 [321,0-530,0]
	% de logements dont le ratio est supérieur à 1			92,5%

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
 Min 1 minimum de la variable
 Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe
 Max 1 maximum de la variable
 Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe
 Effectif représenté Nombre de logements du parc national représentés
 LD Limite de Détection
 LQ Limite de Quantification
 P10 10%
 P25 25%
 médiane 50%
 P75 75%
 P90 90%
 P95 95%
 Ratio = C_{int} / C_{ext}

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

Distributions des logements en fonction des concentrations en m/p-xylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut), à l'extérieur (figure du milieu) et dans les garages communiquant avec les logements (figure du bas)



Les m/p-xylènes présentent une valeur **médiane** de **5,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** avec un **maximum** proche de **233 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Cette médiane se situe dans la fourchette basse des données des études internationales. Les concentrations observées dans les **garages** attenants aux logements sont très importantes avec une médiane à **58,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** et un maximum dépassant **670 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** pour les m/p-xylènes.

2.1.3.12 o-Xylène

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur, garage attenant éventuel ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : 0,2 µg/m³
- limite de quantification LQ : 0,6 µg/m³
- incertitudes : (0,6 ± 0,4 µg/m³) ; (1,0 ± 0,5 µg/m³) ; (2,3 ± 0,9 µg/m³) ;
(8,1 ± 3,1 µg/m³) ; (112,0 ± 26,0 µg/m³)

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : peintures, vernis, colles, insecticides

Niveaux moyens de concentrations (µg/m³) dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques des distributions des concentrations en o-Xylène (µg/m³) à l'intérieur des logements, à l'extérieur et dans les garages attenants :

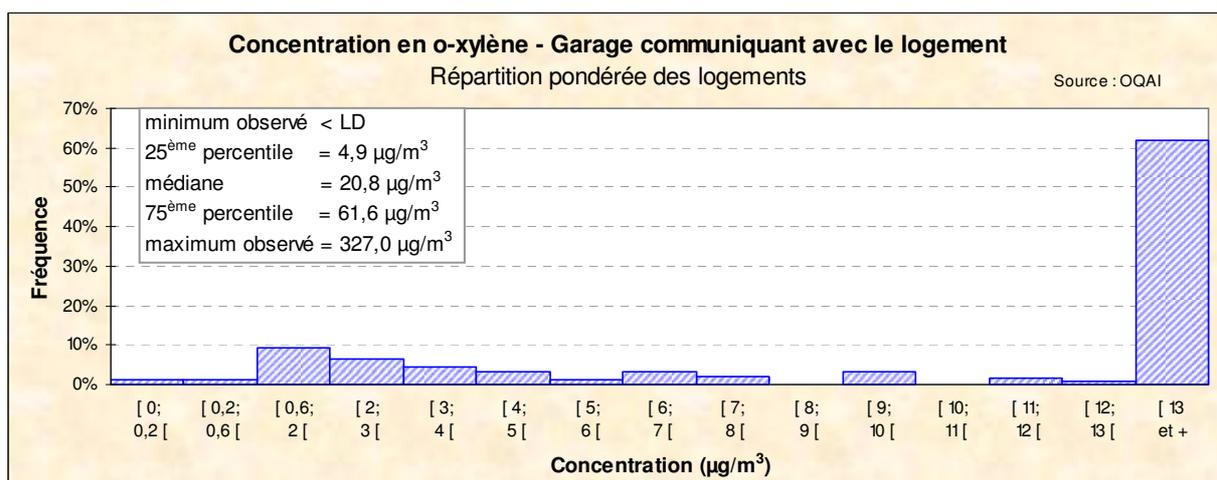
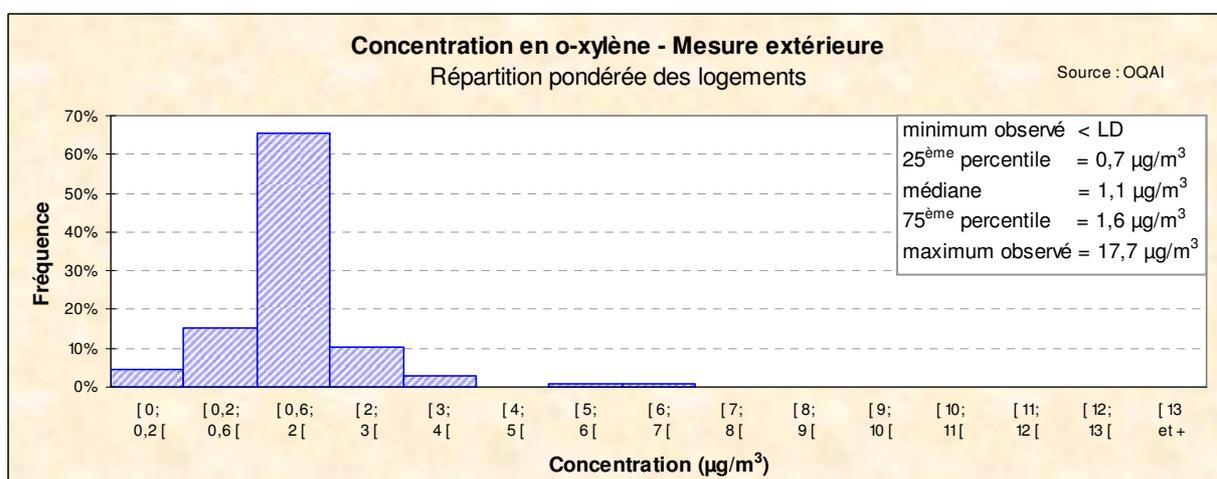
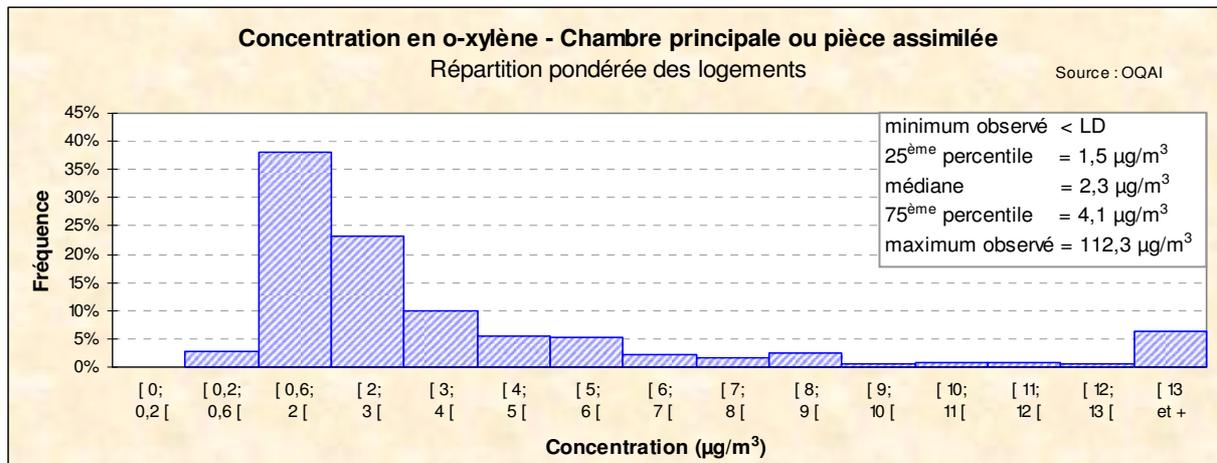
		Intérieur	Extérieur	Garage
Echantillon	Observations	541	517	139
	Minimum 1	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD
	Minimum 2	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Inf. à LQ
	Maximum 1	112,3	17,7	327,0
	Maximum 2	44,7	6,7	209,0
Effectif national	Effectif représenté	23 392 236	22 096 561	5 789 416
	% inférieur à LD	0,1%	4,6%	1,2%
	% entre LD et LQ	2,8%	15,1%	1,2%
	P10	1,0 [0,8-1,1]	Inf. à LQ	1,8 [1,4-2,9]
	P25	1,5 [1,3-1,6]	0,7 [0,6-0,8]	4,9 [2,9-9,2]
	Médiane	2,3 [2,1-2,5]	1,1 [1,0-1,2]	20,8 [14,2-27,9]
	P75	4,1 [3,6-4,8]	1,6 [1,5-1,7]	61,6 [35,0-92,6]
	P90	8,1 [6,4-11,2]	2,3 [2,1-2,4]	146,7 [90,3-164,0]
	P95	14,6 [10,5-19,5]	2,7 [2,4-3,2]	166,0 [121,0-188,0]
	% de logements dont le ratio est supérieur à 1		92,1%	

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
 Min 1 minimum de la variable
 Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe
 Max 1 maximum de la variable
 Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe
 Effectif représenté Nombre de logements du parc national représentés
 LD Limite de Détection
 LQ Limite de Quantification
 P10 10%
 P25 25%
 médiane 50%
 P75 75%
 P90 90%
 P95 95%
 Ratio = C_{int} / C_{ext}

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

Distributions des logements en fonction des concentrations en o-xylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut), à l'extérieur (figure du milieu) et dans les garages communiquant avec les logements (figure du bas)



Le O-xylène présente une valeur **médiane** dans les logements de **2,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** avec un **maximum** de **112,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Cette médiane se situe dans la fourchette basse des données des études internationales.

Les concentrations en o-xylène observées dans les **garages** communiquant avec les logements sont élevées avec une médiane à **20,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** et un maximum à **327 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

2.1.4 Ethers de glycol

2.1.4.1 2-butoxyéthanol (EGBE, Ethylène Glycol n-Butyl Ether)

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur, garage attenant éventuel ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- détection LD : 0,4 µg/m³
- quantification LQ : 1,5 µg/m³
- incertitudes : (1,5 ± 2,8 µg/m³) ; (1,6 ± 2,9 µg/m³) ; (5,5 ± 3,6 µg/m³) ; (60,0 ± 37,2 µg/m³)

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : peintures, vernis, laques, savons, cosmétiques, fongicides, herbicides, produits de traitement du bois, calfatage siliconé

Niveaux moyens de concentrations (µg/m³) dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques des distributions des concentrations en 2-butoxyéthanol (µg/m³) à l'intérieur des logements, à l'extérieur et dans les garages communiquant avec les logements :

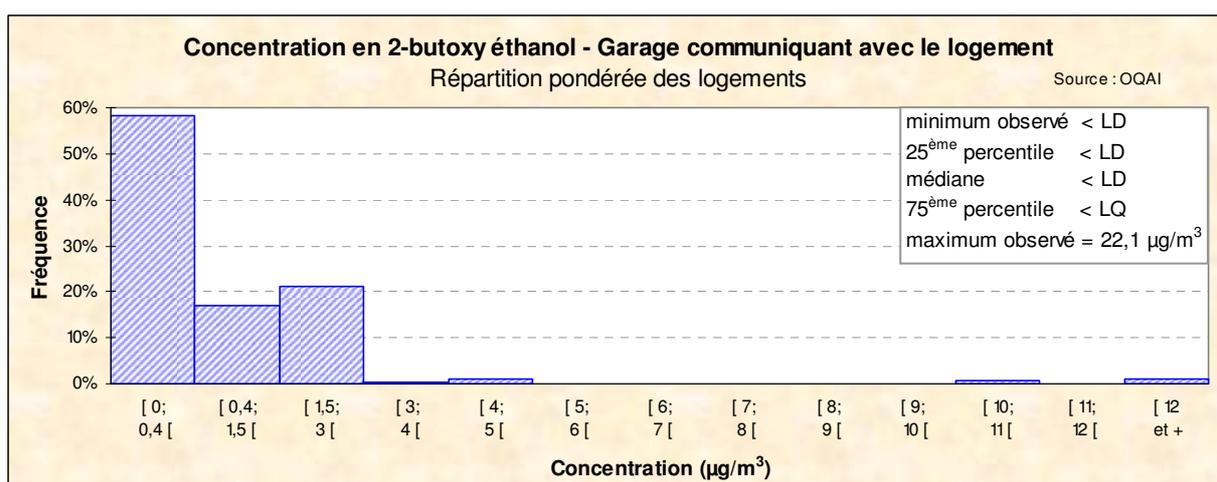
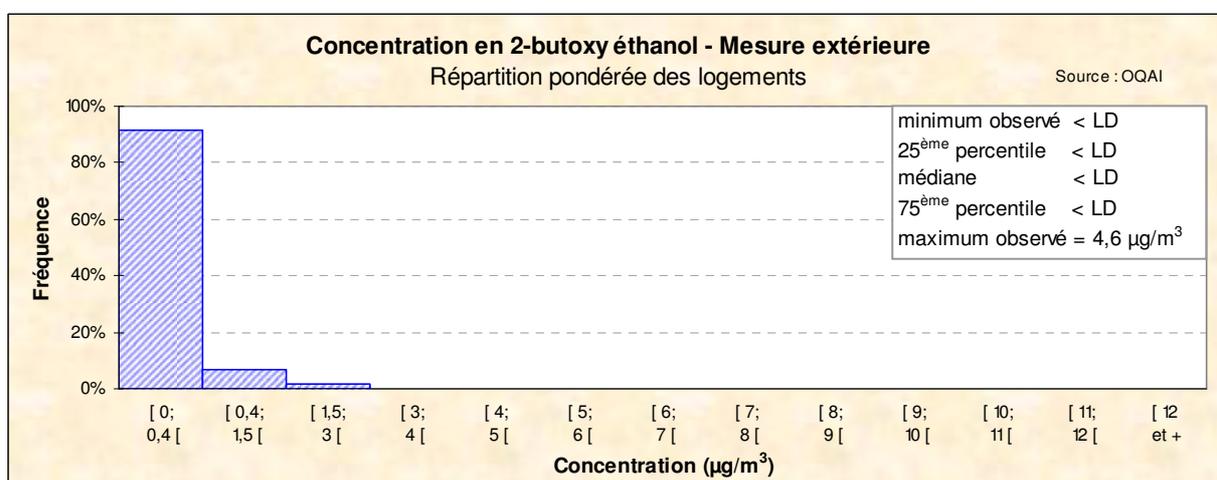
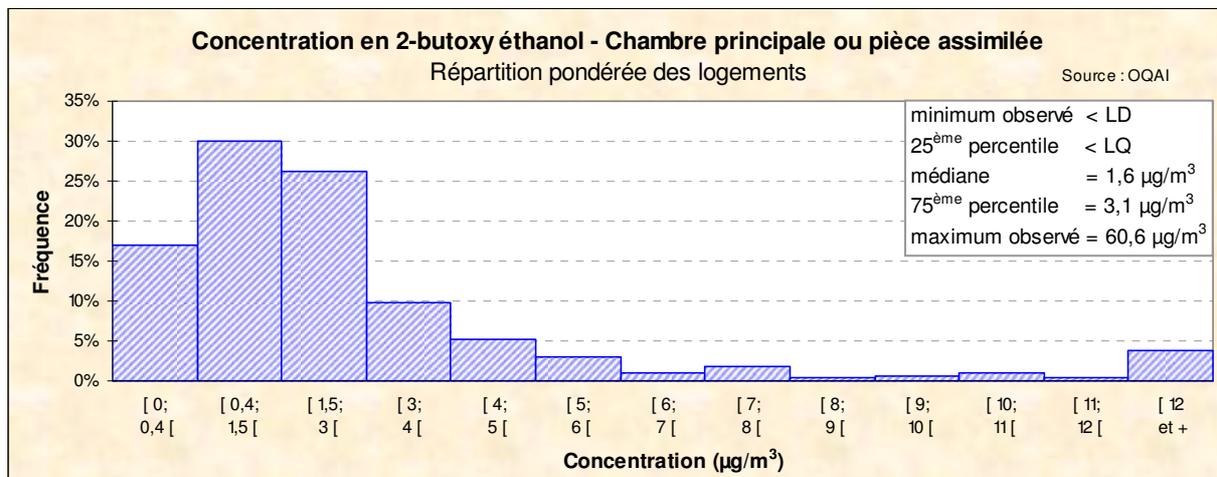
		Intérieur	Extérieur	Garage
Echantillon	Observations	541	517	139
	Minimum 1	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD
	Minimum 2	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Inf. à LQ
	Maximum 1	60,6	4,6	22,1
	Maximum 2	48,2	2,7	20,8
Effectif national	Effectif représenté	23 392 236	22 096 561	5 789 416
	% inférieur à LD	17,0%	91,3%	58,2%
	% entre LD et LQ	30,0%	6,9%	17,0%
	P10	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD
	P25	Inf. à LQ	Inf. à LD	Inf. à LD
	Médiane	1,6 [<LQ-1,8]	Inf. à LD	Inf. à LD
	P75	3,1 [2,7-3,4]	Inf. à LD	Inf. à LQ
	P90	5,5 [4,7-7,2]	Inf. à LD	2,1 [1,9-2,6]
	P95	10,3 [7,0-12,7]	Inf. à LQ	2,7 [2,0-4,5]
	% de logements dont le ratio est supérieur à 1			82,6%

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
 Min 1 minimum de la variable
 Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe
 Max 1 maximum de la variable
 Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe
 Effectif Nombre de logements du parc national représentés
 LD Limite de Détection
 LQ Limite de Quantification
 P10 10%
 P25 25%
 médiane 50%
 P75 75%
 P90 90%
 P95 95%
 Ratio = C_{int} / C_{ext}

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

Distributions des logements en fonction des concentrations en 2-butoxyéthanol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut), à l'extérieur (figure du milieu) et dans les garages communiquant avec les logements (figure du bas)



Le 2-butoxyéthanol est présent dans les logements à de faibles concentrations avec une **médiane à 1,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Les **maxima** atteignent **60,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

La médiane des concentrations observées dans les **garages** est **inférieure à la limite de détection** ; le maximum est de **22,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Les données de la littérature sont très éparées mais semblent cohérentes avec les résultats de la campagne nationale.

2.1.4.2 2-butoxyéthylacétate (EGBEA, Ethylène Glycol n-Butyl Ether Acétate)

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur, garage attenant éventuel ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : 0,3 µg/m³
- limite de quantification LQ : 1,0 µg/m³
- incertitudes : ----

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : peintures, vernis, laques, savons, cosmétiques, fongicides, herbicides, produits de traitement du bois, calfatage siliconé

Niveaux moyens des concentrations (µg/m³) dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : /

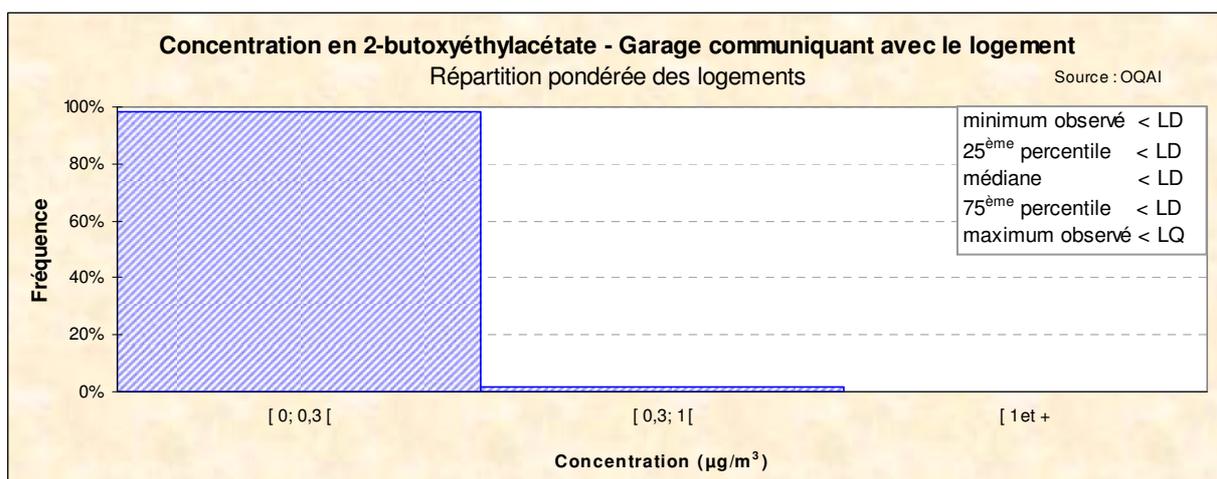
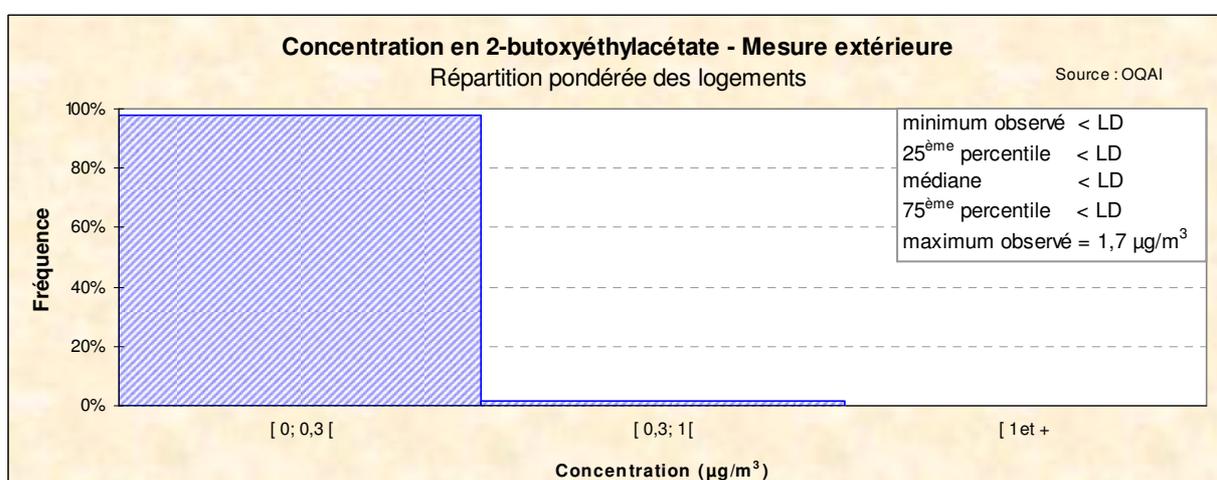
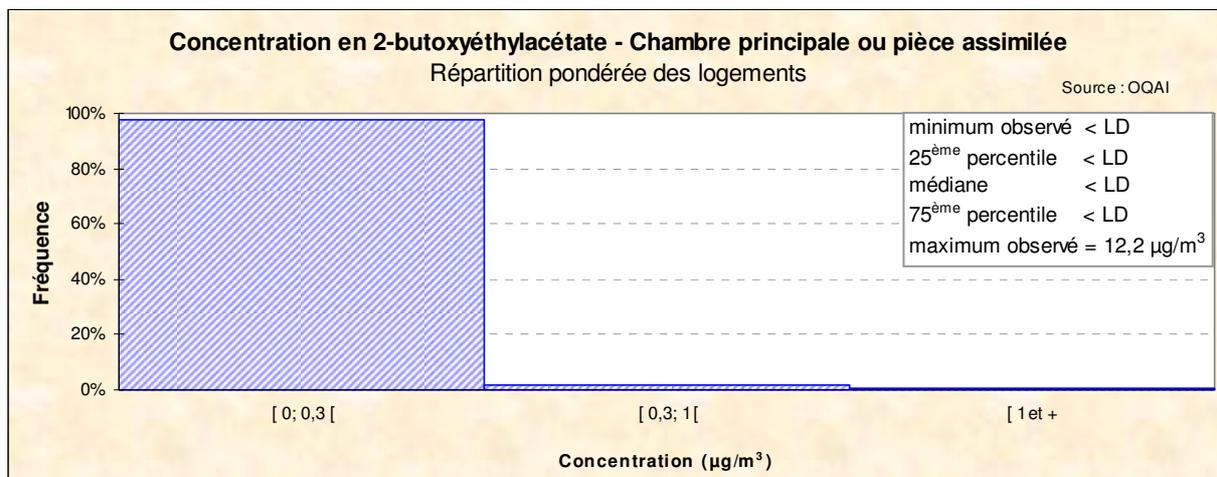
Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques des distributions des concentrations en 2-butoxyéthylacétate (µg/m³) à l'intérieur des logements, à l'extérieur et dans les garages communiquant avec les logements :

		Intérieur	Extérieur	Garage	
Echantillon	Observations	541	517	139	Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
	Minimum 1	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD	Min 1 minimum de la variable
	Minimum 2	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Min 2 2 ^{ème} plus petite valeur ou classe
	Maximum 1	12,2	1,7	Inf. à LQ	Max 1 maximum de la variable
	Maximum 2	3,4	Inf. à LQ	Inf. à LD	Max 2 2 ^{ème} plus grande valeur ou classe
Effectif national	Effectif représenté	23 392 236	22 096 561	5 789 416	Effectif Nombre de logements du parc national représentés
	% inférieur à LD	97,7%	97,9%	98,3%	LD Limite de Détection
	% entre LD et LQ	2,0%	1,8%	1,7%	LQ Limite de Quantification
	P10	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD	P10 10%
	P25	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD	P25 25%
	Médiane	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD	médiane 50%
	P75	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD	P75 75%
	P90	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD	P90 90%
	P95	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD	P95 95%
	% de logements dont le ratio est supérieur à 1			2,5%	Ratio = C _{int} / C _{ext}

Source : OQAI

Distributions des logements en fonction des concentrations en 2-butoxyéthylacétate ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut), à l'extérieur (figure du milieu) et dans les garages communiquant avec les logements (figure du bas)



Les concentrations 2-butoxyéthylacétate en sont très faibles dans les logements avec une **médiane inférieure à la limite de détection** et un **maximum atteignant 12,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Le 2-butoxyéthylacétate est absent des garages communiquant avec les logements (maximum inférieur à la limite de quantification).

2.1.4.3 1-méthoxy-2-propanol (2PG1ME, 2-Propylène Glycol 1-Methyl Ether)

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur, garage attenant éventuel ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : 0,5 µg/m³
- limite de quantification LQ : 1,8 µg/m³
- incertitudes : (1,8 ± 2,5 µg/m³) ; (1,9 ± 2,7 µg/m³) ; (10,8 ± 5,9 µg/m³) ; (170,0 ± 93,9 µg/m³)

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : peintures, vernis, laques, savons, cosmétiques, fongicides, herbicides, produits de traitement du bois, calfatage siliconé

Niveaux moyens des concentrations (µg/m³) dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : /

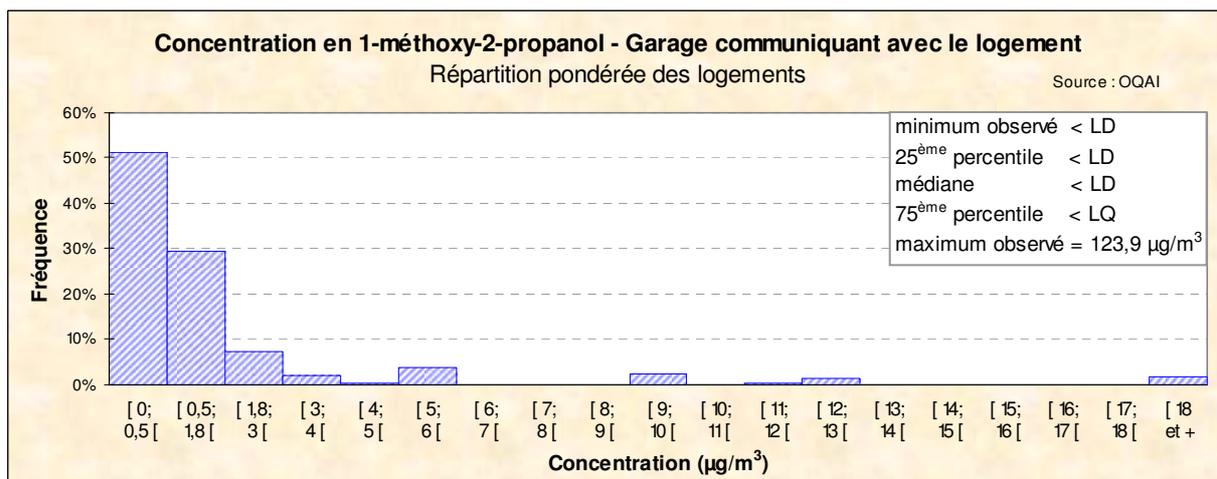
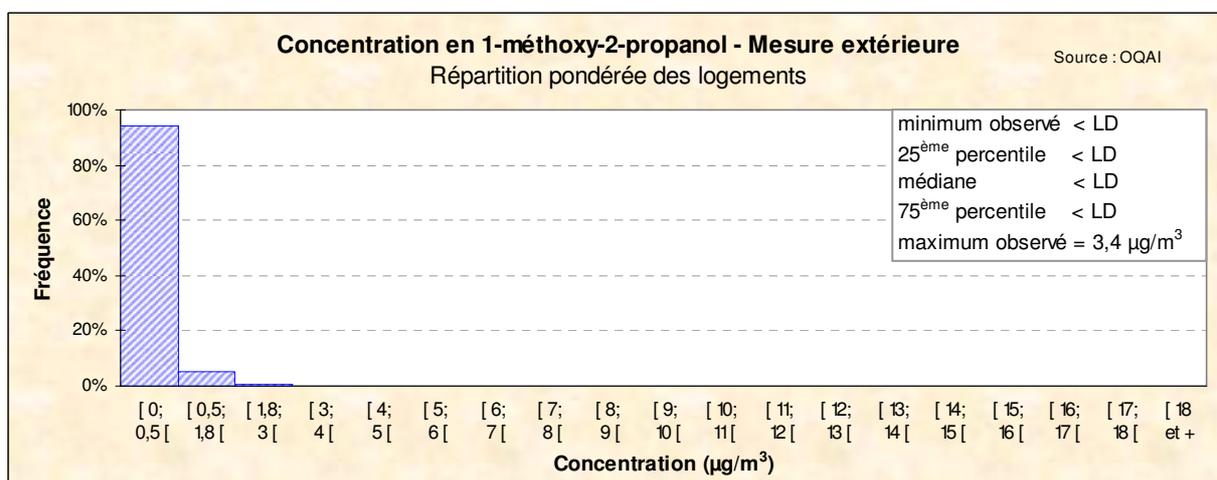
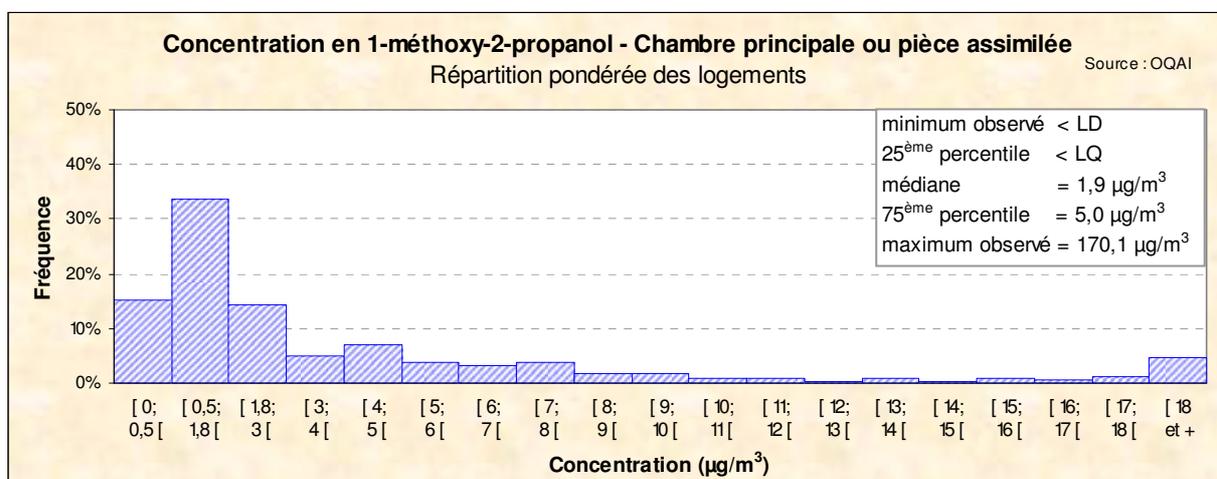
Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques des distributions des concentrations en 1-méthoxy-2-propanol (µg/m³) à l'intérieur des logements, à l'extérieur et dans les garages communiquant avec les logements :

	Intérieur	Extérieur	Garage		
Echantillon	Observations	541	517	139	Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
	Minimum 1	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD	Min 1 minimum de la variable
	Minimum 2	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Min 2 2 ^{ème} plus petite valeur ou classe
	Maximum 1	170,1	3,4	123,9	Max 1 maximum de la variable
	Maximum 2	114,7	2,0	27,8	Max 2 2 ^{ème} plus grande valeur ou classe
	Effectif national	Effectif représenté	23 392 236	22 096 561	5 789 416
% inférieur à LD		15,1%	94,3%	51,2%	LD Limite de Détection
% entre LD et LQ		33,6%	5,0%	29,5%	LQ Limite de Quantification
P10		Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD	P10 10%
P25		Inf. à LQ	Inf. à LD	Inf. à LD	P25 25%
Médiane		1,9 [<LQ-2,3]	Inf. à LD	Inf. à LD	médiane 50%
P75		5,0 [4,3-6,1]	Inf. à LD	Inf. à LQ	P75 75%
P90		10,8 [8,1-14,1]	Inf. à LD	3,7 [<LQ-9,1]	P90 90%
P95		17,5 [13,1-20,4]	Inf. à LQ	9,1 [2,4-13,0]	P95 95%
% de logements dont le ratio est supérieur à 1				84,4%	Ratio = C _{int} / C _{ext}

Source : OQAI

Distributions des logements en fonction des concentrations en 1-méthoxy-2-propanol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut), à l'extérieur (figure du milieu) et dans les garages communiquant avec les logements (figure du bas)



Le 1-méthoxy-2-propanol présente une valeur **médiane** dans les logements de **1,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** avec un **maximum** très élevé (**170,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**).

Dans les garages communiquant avec les logements, la médiane est inférieure à la limite de détection mais les maxima sont importants (123,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

2.1.4.4 1-méthoxy-2-propylacétate (2PG1MEA, 2-Propylène Glycol 1-Methyl Ether Acetate)

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur, garage attenant éventuel ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : 0,7 µg/m³
- limite de quantification LQ : 2,2 µg/m³
- incertitudes : (2,2 ± 1,4 µg/m³) ; (39,0 ± 20,8 µg/m³)

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : peintures, vernis, laques, savons, cosmétiques, fongicides, herbicides, produits de traitement du bois, calfatage siliconé

Niveaux moyens des concentrations (µg/m³) dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : /

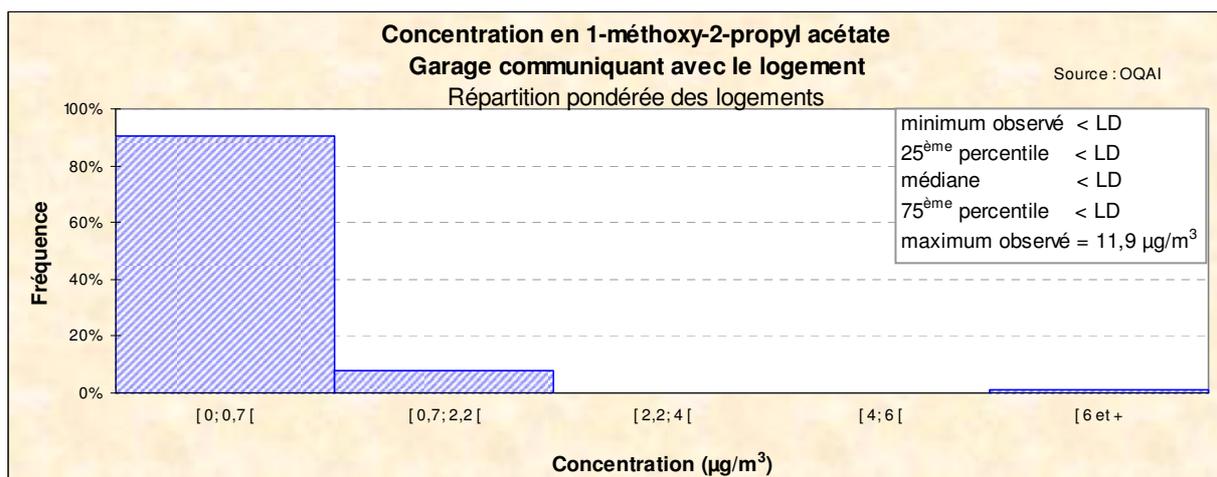
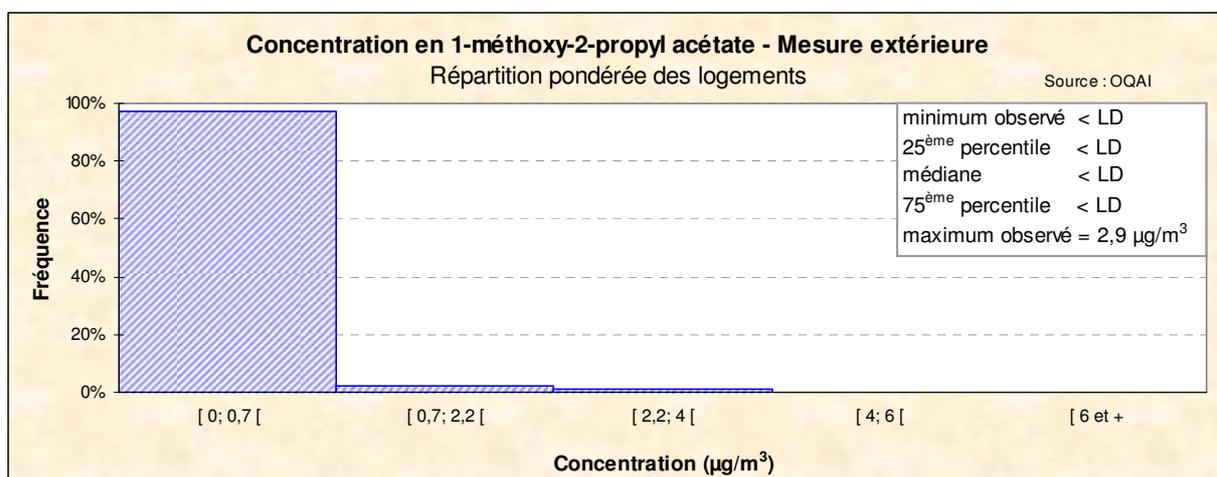
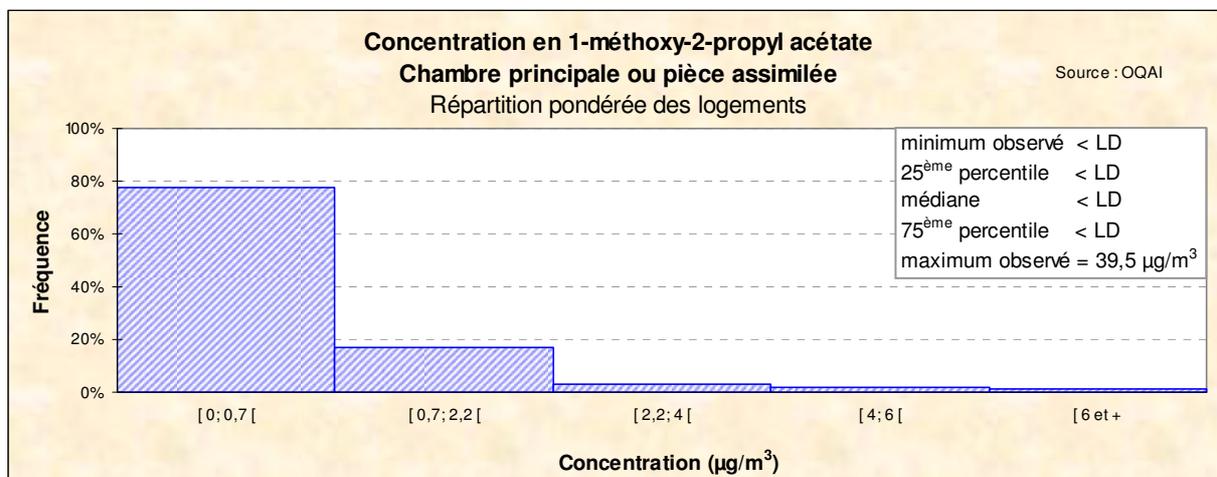
Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques des distributions des concentrations en 1-méthoxy-2-propylacétate (µg/m³) à l'intérieur des logements, à l'extérieur et dans les garages communiquant avec les logements :

		Intérieur	Extérieur	Garage	
Echantillon	Observations	541	517	139	Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
	Minimum 1	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD	Min 1 minimum de la variable
	Minimum 2	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Inf. à LQ	Min 2 2 ^{ème} plus petite valeur ou classe
	Maximum 1	39,5	2,9	11,9	Max 1 maximum de la variable
	Maximum 2	9,4	2,7	7,3	Max 2 2 ^{ème} plus grande valeur ou classe
Effectif national	Effectif représenté	23 392 236	22 096 561	5 789 416	Effectif Nombre de logements du parc national représentés
	% inférieur à LD	77,3%	97,0%	90,6%	LD Limite de Détection
	% entre LD et LQ	17,1%	2,1%	8,1%	LQ Limite de Quantification
	P10	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD	P10 10%
	P25	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD	P25 25%
	Médiane	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD	médiane 50%
	P75	Inf. à LD	Inf. à LD	Inf. à LD	P75 75%
	P90	Inf. à LQ	Inf. à LD	Inf. à LD	P90 90%
	P95	2,3 [$<LQ-2,8$]	Inf. à LD	Inf. à LQ	P95 95%
	% de logements dont le ratio est supérieur à 1			22,1%	Ratio = C_{int} / C_{ext}

Source : OQAI

Distributions des logements en fonction des concentrations en 1-méthoxy-2-propylacétate ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut), à l'extérieur (figure du milieu) et dans les garages communiquant avec les logements (figure du bas)



Les **médianes** des concentrations en 1-méthoxy-2-propylacétate sont inférieures à la limite de détection (**0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**) dans les **logements** et les **garages** attenants. Les **maxima** sont respectivement de **39,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** dans les logements et **11,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** dans les garages communiquant avec les logements.

2.2 MONOXYDE DE CARBONE

Conditions d'observations

- appareil enregistreur ;
- lieu : séjour, extérieur, toute pièce avec un appareil à combustion
- durée : enregistrement toutes les 5 minutes pendant la semaine d'enquête.

Incertitudes de mesure

voir partie 1.4

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : substance issue d'une combustion incomplète (appareils de chauffage et de production d'eau chaude, tabagisme, automobile, etc.).

Niveaux moyens des concentrations (ppm) dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

Valeurs de référence disponibles (pour information) :

OMS :	87 ppm (15min)	Allemagne :	5 ppm (30 min, GVI)
	52 ppm (30 min)		52 ppm (30 min, GVII)
	26 ppm (1h)		1,3 ppm (8h, GVI)
	9 ppm (8h)		13 ppm (8h, GVII)
Finlande ⁴⁰ :	2 ppm (S1)	Norvège	22 ppm (1h)
	3 ppm (S2)		9 ppm (8h)
	7 ppm (S3)	Australie	9 ppm (8h)
Canada	25 ppm (1h)	Etats-Unis	35 ppm (1h)
	11 ppm (8h)		9 ppm (8h)

Critères de qualité de l'air extérieur : valeur limite sur 8h : 10 mg/m³ (soit 9 ppm)

Les pièces dans lesquelles le monoxyde de carbone a été mesuré ont été réunies en trois groupes :

- **pièces principales** : chambre, salon, séjour, bureau, studio, cuisine américaine ;
- **autres pièces** : cuisine, salle de bain, WC, circulations intérieures du logement ;
- **annexes** : cave, chaufferie, débarras, véranda, buanderie, garage communiquant avec le logement.

⁴⁰ Classification en trois catégories :

Catégorie S1 : la meilleure qualité (haut niveau de satisfaction des occupants et faibles niveaux de risques sanitaires) ;

Catégorie S2 : bonne qualité de l'air intérieur avec cependant une température élevée certains jours d'été ;

Catégorie S3 : niveau de qualité ne devant pas occasionner d'effet sanitaire si le bâtiment est ventilé selon les règles de conception et si aucune source d'émission exceptionnelle n'existe. S3 correspond aux Land Use and Building Act (1999) et Health Protection Act (1994).

Le monoxyde de carbone a été mesuré en continu toutes les 5 minutes. Les maxima des moyennes glissantes sur 15 minutes, 30 minutes, 1 heure et 8 heures ont été retenus afin de pouvoir les comparer avec les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé.

Les **concentrations médianes** des moyennes glissantes sont toutes égales à 0 ppm, quelle que soit la durée d'exposition (15 min, 30 min, 1h, 8h) et quel que soit le groupe de pièces considéré.

Les niveaux maxima des moyennes glissantes dans ces pièces sont les suivants :

	Durée d'exposition	15 minutes	30 minutes	1 heure	8 heures
	Recommandations de l'OMS	87 ppm	52 ppm	26 ppm	9 ppm
Résultats de la campagne nationale	Pièces principales	130 ppm	91 ppm	53 ppm	43 ppm
	Autres pièces	233 ppm	175 ppm	120 ppm	31 ppm
	Annexes	149 ppm	123 ppm	89 ppm	36 ppm

Tableau 20 : Teneurs maximales en CO relevées lors de la campagne nationale selon les durées d'exposition

La mise en perspective des valeurs guides de l'OMS avec les niveaux de concentrations mesurés montre que 0,7% à 9,4% des logements en France dépassent ces valeurs guides :

Durée d'exposition	Valeur guide	Proportions et intervalles de confiance
15 minutes	87 ppm	0,7% - 3,7%
30 minutes	52 ppm	1,1% - 4,2%
1 heure	26 ppm	2,2% - 5,8%
8 heures	9 ppm	4,4% - 9,4%

Tableau 21 : Proportions et intervalles de confiance des logements dépassant les valeurs guides à l'échelle nationale

Les résultats sont présentés par durée d'exposition.

2.2.1 Exposition de 15 minutes

Caractéristiques des distributions des concentrations en monoxyde de carbone (ppm) moyennées sur 15 minutes dans les pièces principales, les autres pièces et les annexes :

		Maximum des moyennes glissantes sur 15 minutes		
		Pièces principales	Autres pièces	Annexes
Echantillon	Observations	543	202	157
	Minimum 1	0,0	0,0	0,0
	Minimum 2	0,3	0,3	0,3
	Maximum 1	130,7	233,3	148,7
	Maximum 2	85,3	75,0	131,7
Effectif national	Effectif représenté	23 677 210	9 021 774	6 180 479
	P10	--	0,2 [0,0-1,7]	--
	P25	--	3,0 [2,5-3,8]	--
	Médiane	2,9 [1,9-2,9]	6,0 [4,8-7,0]	3,8 [1,7-5,3]
	P75	5,5 [4,7-6,4]	12,5 [9,9-14,4]	14,7 [9,4-20,0]
	P90	11,6 [8,7-12,4]	23,1 [17,0-34,6]	29,7 [20,6-48,3]
	P95	15,3 [12,4-22,0]	37,2 [22,3-54,5]	53,1 [28,2-94,4]

Source : OQAI

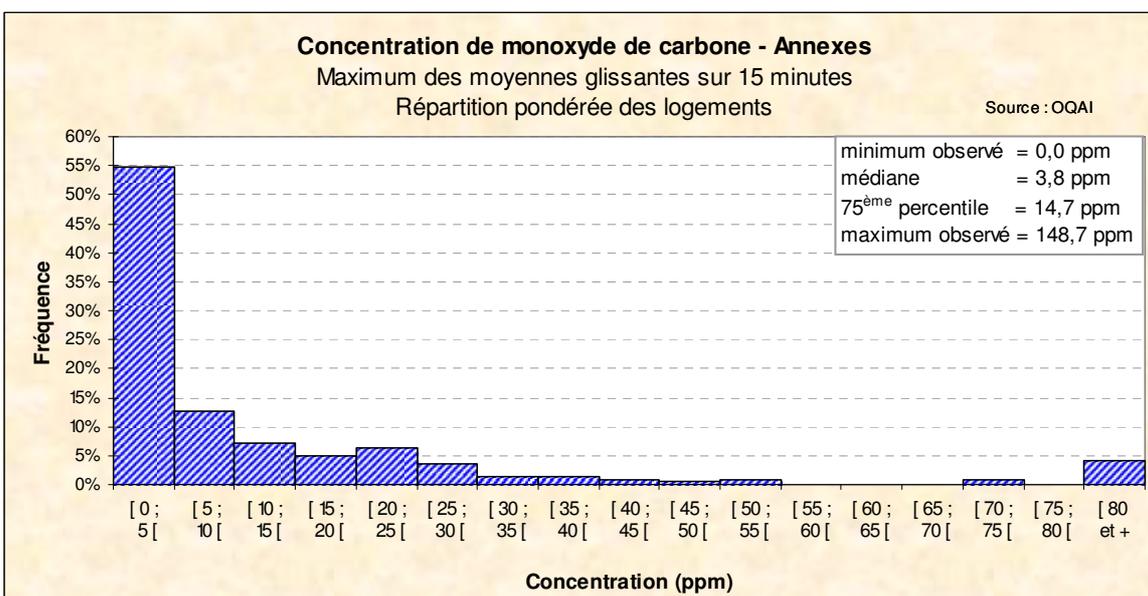
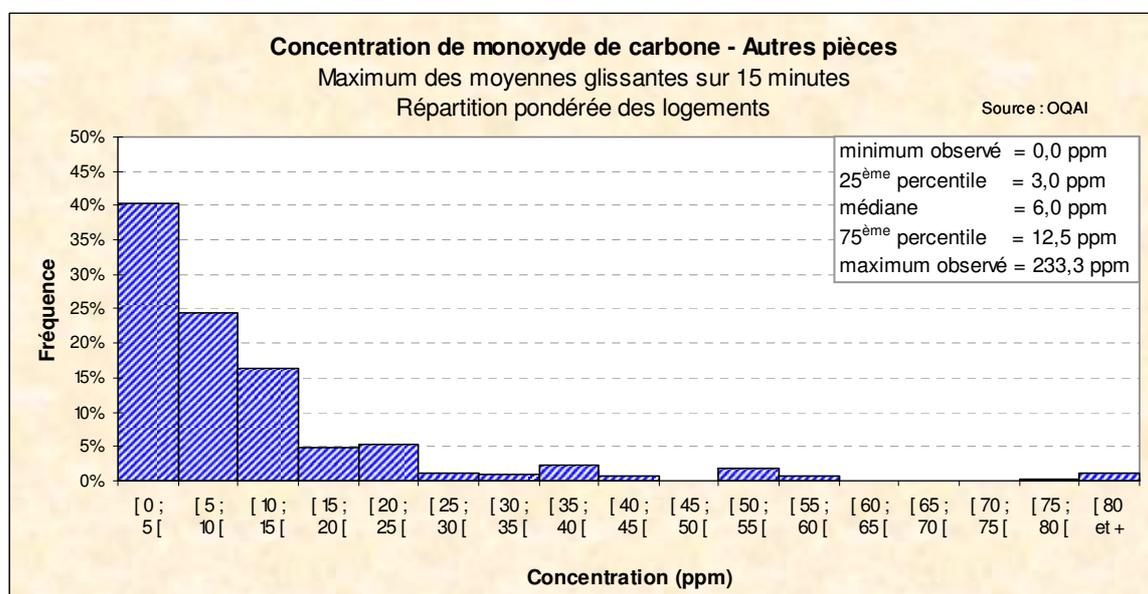
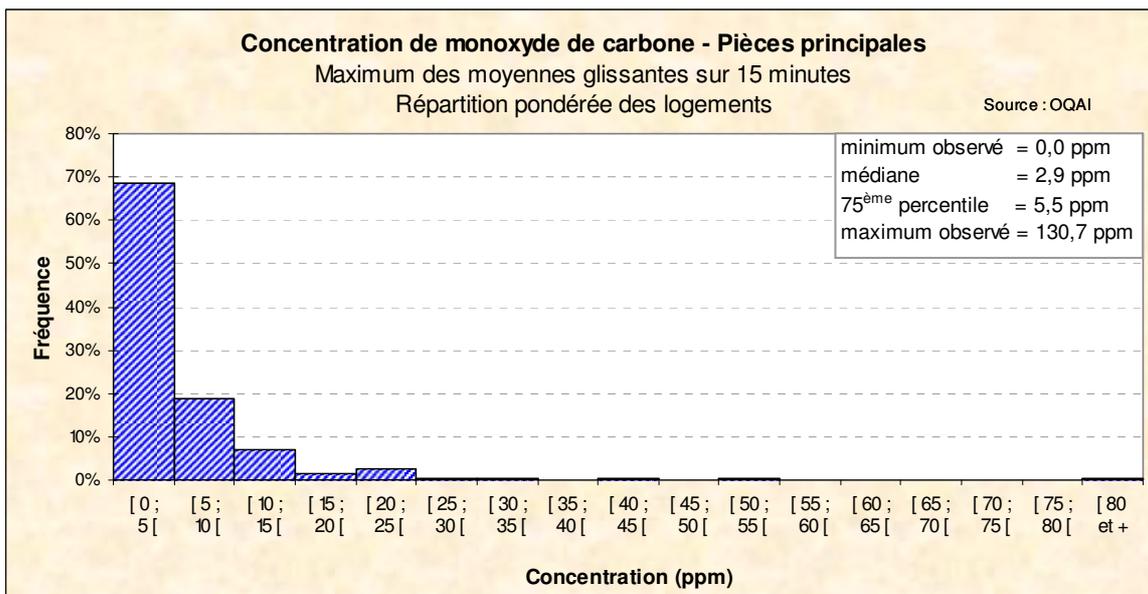
Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
 Min 1 minimum de la variable
 Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe
 Max 1 maximum de la variable
 Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe
 Effectif représenté Nombre de logements du parc national représentés
 P10 10%
 P25 25%
 médiane 50%
 P75 75%
 P90 90%
 P95 95%

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

Les maxima des moyennes glissantes sur 15 minutes des mesures réalisées dans les différentes pièces pendant la campagne ont été comparés à la valeur guide de l'OMS (87 ppm). A l'échelle nationale, cette valeur guide a été dépassée dans :

- 0% à 0,8% des pièces principales,
- 0,2% à 6,8% des autres pièces,
- 1,5% à 10,5% des annexes.

Distributions des logements en fonction des maxima des moyennes glissantes sur 15 minutes de la concentration en monoxyde de carbone dans les pièces principales (figure du haut), les autres pièces (figure du milieu) et les annexes (figure du bas) :



2.2.2 Exposition de 30 minutes

Caractéristiques des distributions des concentrations en monoxyde de carbone (ppm) moyennées sur 30 minutes dans les pièces principales, les autres pièces et les annexes :

		Maximum des moyennes glissantes sur 30 minutes		
		Pièces principales	Autres pièces	Annexes
Echantillon	Observations	543	202	157
	Minimum 1	0,0	0,0	0,0
	Minimum 2	0,2	0,2	0,2
	Maximum 1	90,5	174,7	123,2
	Maximum 2	61,5	65,5	95,2
Effectif national	Effectif représenté	23 677 210	9 021 774	6 180 479
	P10	--	0,1 [0,0-1,1]	--
	P25	--	2,6 [1,4-2,9]	--
	Médiane	2,7 [2,1-3,0]	4,9 [3,9-5,9]	3,3 [1,5-4,9]
	P75	5,0 [4,1-5,4]	10,9 [7,6-12,1]	11,1 [7,3-15,1]
	P90	10,1 [8,0-11,1]	18,9 [12,7-25,5]	23,8 [17,1-35,2]
	P95	14,3 [11,4-19,1]	27,4 [18,3-49,2]	36,2 [21,7-78,0]

Source : OQAI

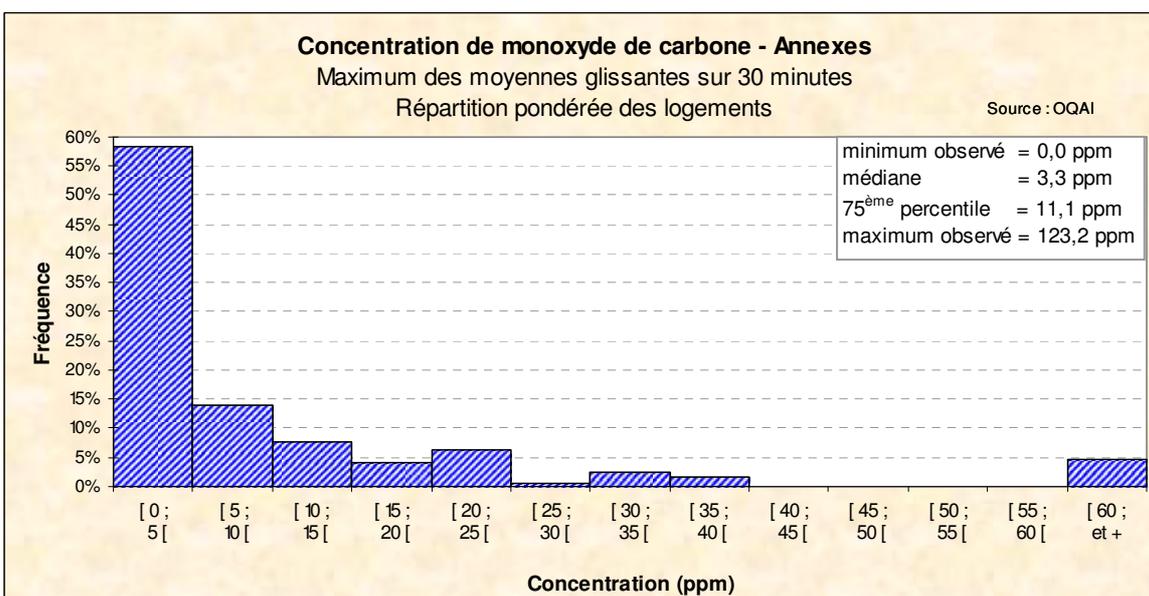
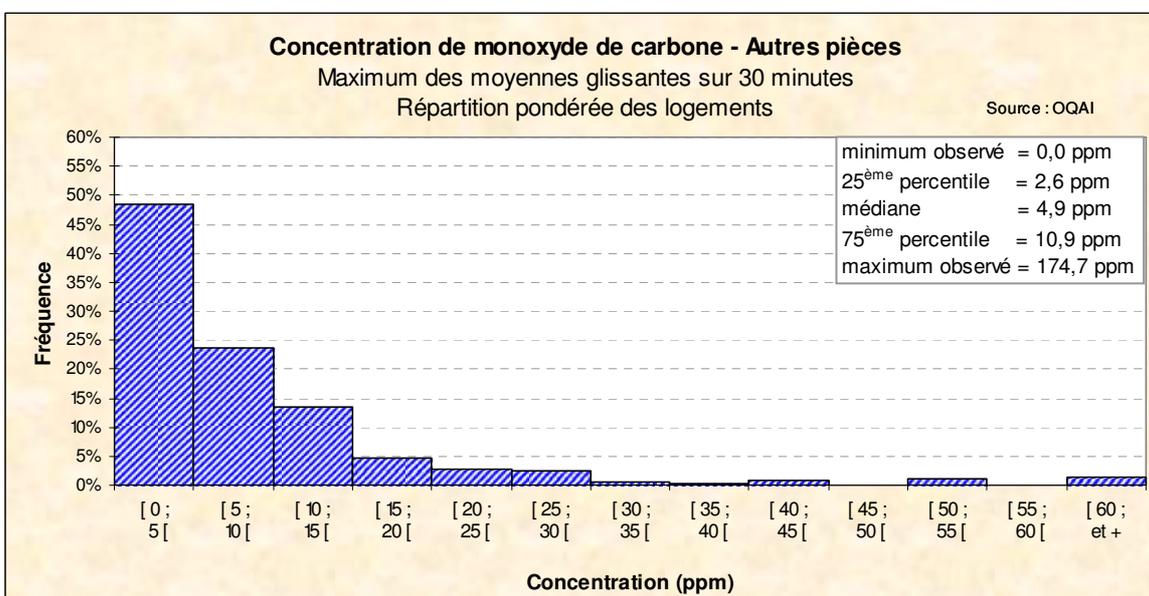
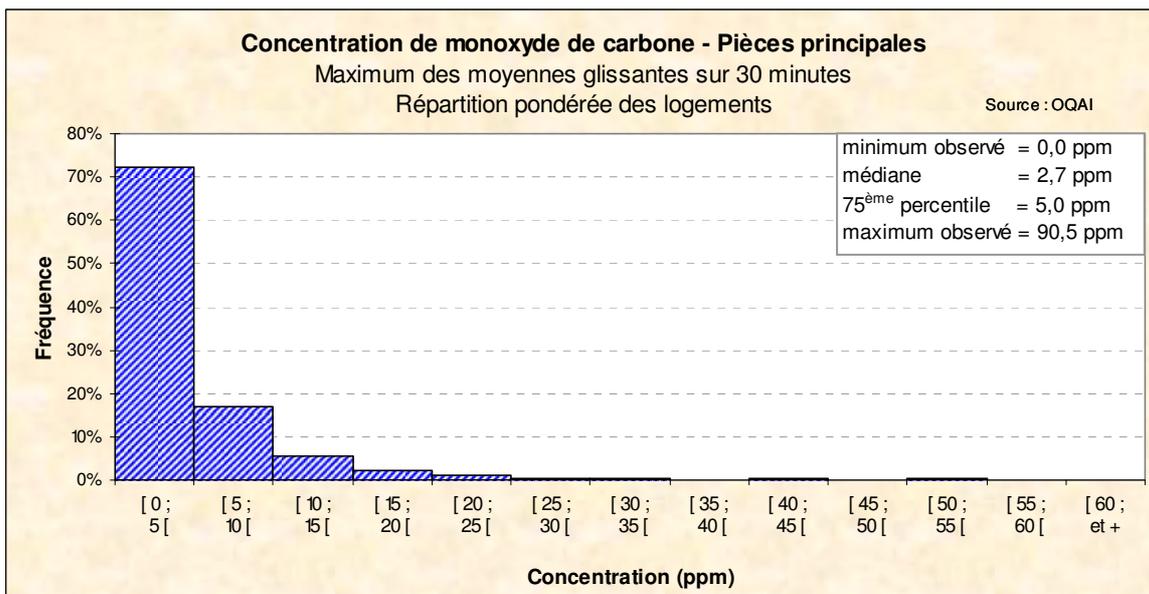
Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
 Min 1 minimum de la variable
 Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe
 Max 1 maximum de la variable
 Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe
 Effectif Nombre de logements du parc national représentés
 P10 10%
 P25 25%
 médiane 50%
 P75 75%
 P90 90%
 P95 95%

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

Les maxima des moyennes glissantes sur 30 minutes des mesures réalisées dans les différentes pièces pendant la campagne ont été comparés à la valeur guide de l'OMS (52 ppm). A l'échelle nationale, cette valeur guide a été dépassée dans :

- 0,1% à 1,2% des pièces principales,
- 0,4% à 6,5% des autres pièces,
- 1,9% à 11,1% des annexes.

Distributions des logements en fonction des maxima des moyennes glissantes sur 30 minutes de la concentration en monoxyde de carbone dans les pièces principales (figure du haut), les autres pièces (figure du milieu) et les annexes (figure du bas) :



2.2.3 Exposition d'une heure

Caractéristiques des distributions des concentrations en monoxyde de carbone (ppm) moyennées sur 1 heure dans les pièces principales, les autres pièces et les annexes :

		Maximum des moyennes glissantes sur 1 heure		
		Pièces principales	Autres pièces	Annexes
Echantillon	Observations	543	202	157
	Minimum 1	0,0	0,0	0,0
	Minimum 2	0,1	0,1	0,1
	Maximum 1	52,7	120,3	89,3
	Maximum 2	51,9	65,5	85,8
Effectif national	Effectif représenté	23 677 210	9 021 774	6 180 479
	P10	--	0,0 [0,0-0,5]	--
	P25	--	1,4 [1,0-2,0]	--
	Médiane	2,0 [1,6-2,8]	3,9 [3,0-4,7]	3,0 [0,9-3,8]
	P75	4,6 [4,0-5,3]	8,6 [6,0-10,0]	8,7 [5,1-12,8]
	P90	8,5 [7,0-9,5]	15,0 [10,5-19,2]	19,0 [14,2-26,1]
	P95	13,1 [9,5-15,2]	21,1 [14,4-36,3]	30,2 [18,0-67,4]

Source : OQAI

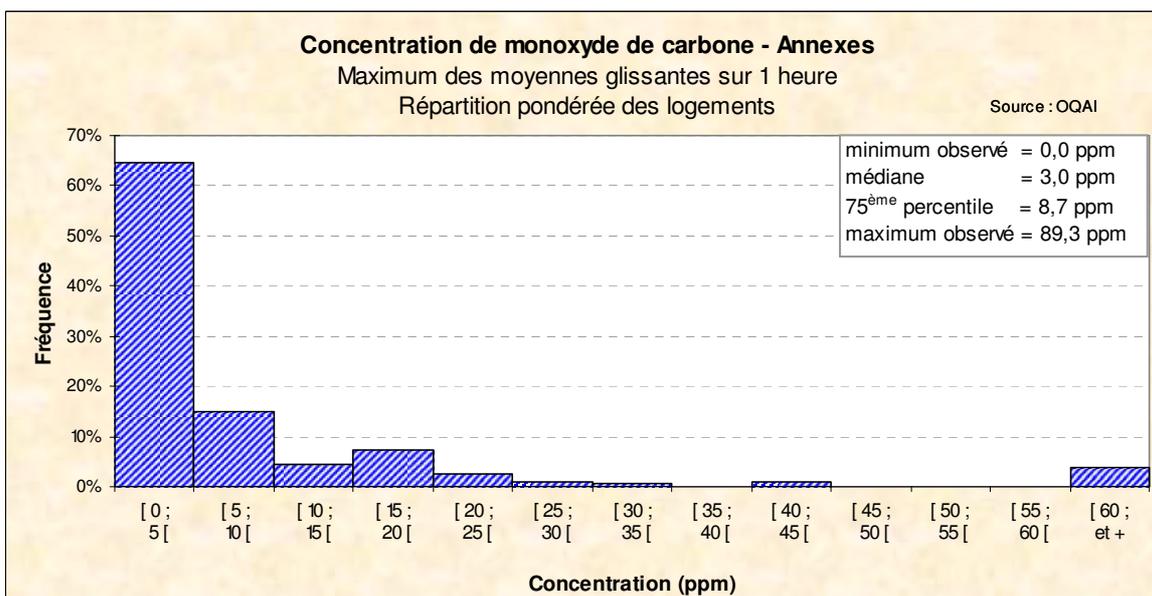
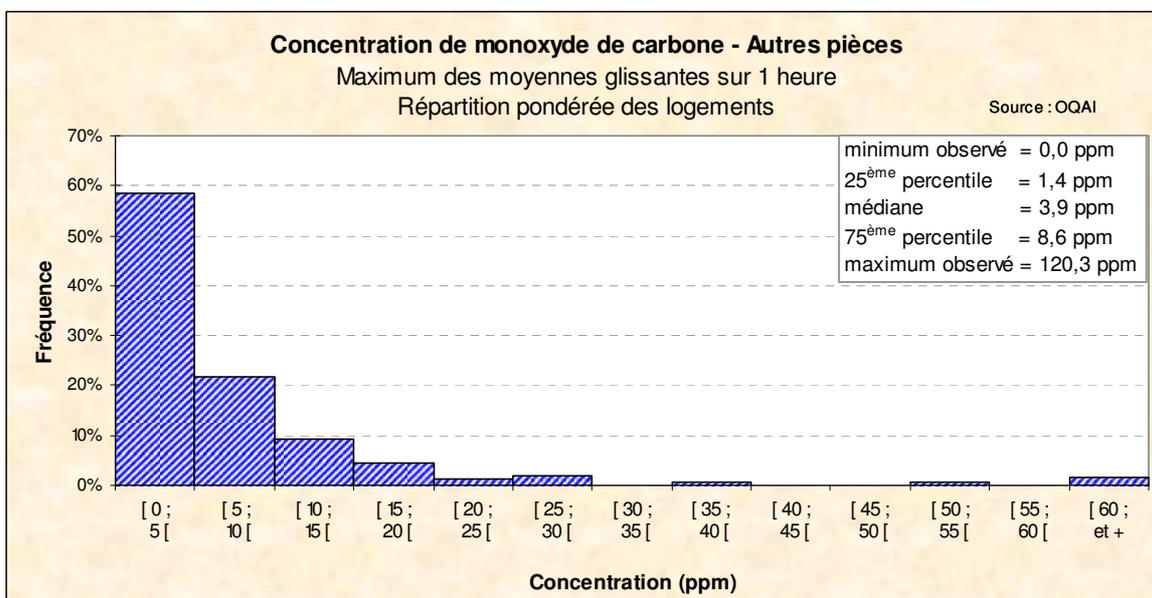
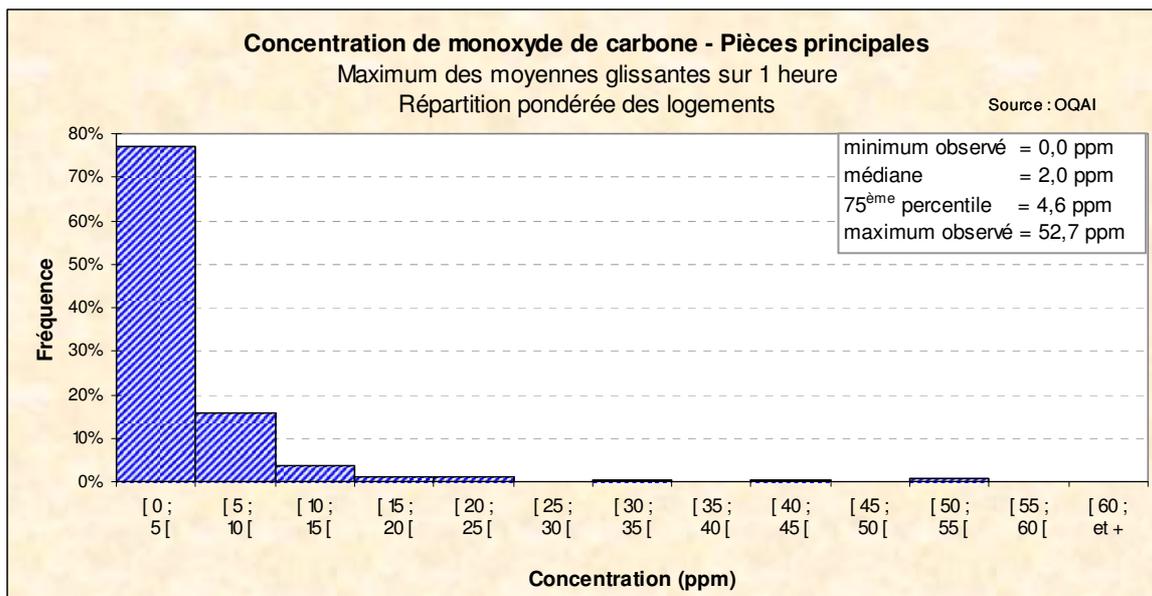
Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
 Min 1 minimum de la variable
 Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe
 Max 1 maximum de la variable
 Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe
 Effectif représenté Nombre de logements du parc national représentés
 P10 10%
 P25 25%
 médiane 50%
 P75 75%
 P90 90%
 P95 95%

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

Les maxima des moyennes glissantes sur 1 heure des mesures réalisées dans les différentes pièces pendant la campagne ont été comparées à la valeur guide de l'OMS (26 ppm). A l'échelle nationale, cette valeur guide a été dépassée dans :

- 0,6% à 3,2% des pièces principales,
- 1,6% à 8,2% des autres pièces,
- 2,8% à 12,9% des annexes.

Distributions des logements en fonction des maxima des moyennes glissantes sur 1 heure de la concentration en monoxyde de carbone dans les pièces principales (figure du haut), les autres pièces (figure du milieu) et les annexes (figure du bas) :



2.2.4 Exposition de 8 heures

Caractéristiques des distributions des concentrations en monoxyde de carbone (ppm) moyennées sur 8 heures dans les pièces principales, les autres pièces et les annexes :

		Maximum des moyennes glissantes sur 8 heures		
		Pièces principales	Autres pièces	Annexes
Echantillon	Observations	543	202	157
	Minimum 1	0,0	0,0	0,0
	Minimum 2	0,1	0,1	0,1
	Maximum 1	43,0	31,0	35,7
	Maximum 2	40,0	25,7	22,9
Effectif national	Effectif représenté	23 677 210	9 021 774	6 180 479
	P10	--	0,0 [0,0-0,1]	--
	P25	--	0,2 [0,2-0,3]	--
	Médiane	0,5 [0,4-0,9]	1,3 [0,9-1,9]	0,7 [0,1-1,3]
	P75	2,3 [1,9-2,8]	3,1 [2,5-4,0]	2,8 [1,9-4,0]
	P90	4,1 [3,6-4,9]	5,3 [4,3-9,3]	5,8 [4,3-8,3]
	P95	6,3 [4,8-8,1]	9,5 [5,0-19,2]	10,5 [5,2-13,9]

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides

Min 1 minimum de la variable

Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe

Max 1 maximum de la variable

Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe

Effectif Nombre de logements du parc national représentés

P10 10%

P25 25%

médiane 50%

P75 75%

P90 90%

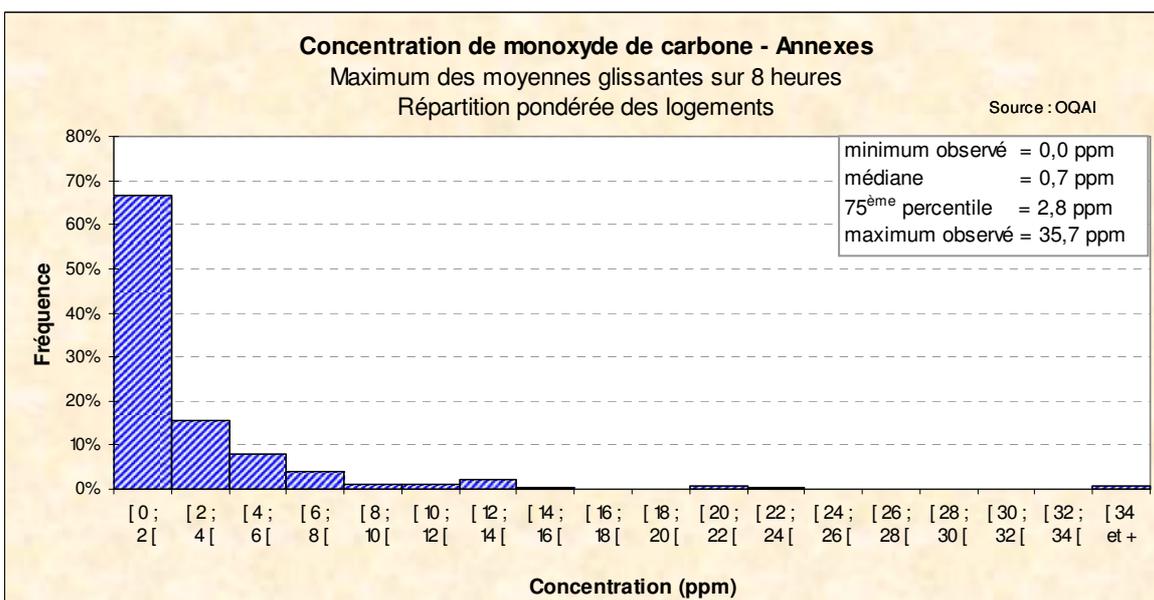
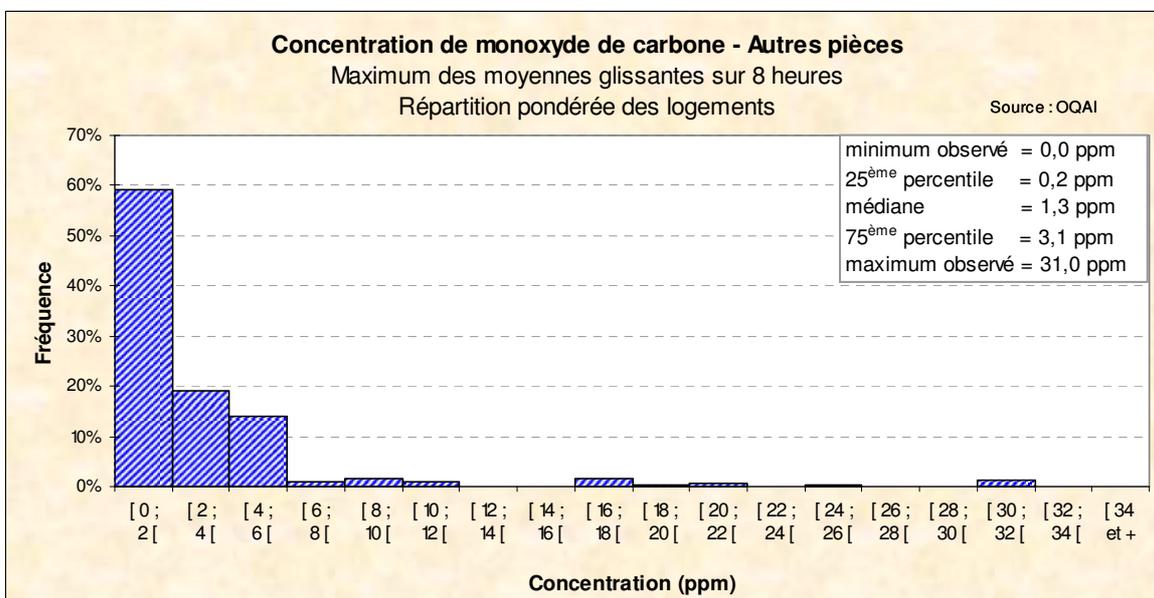
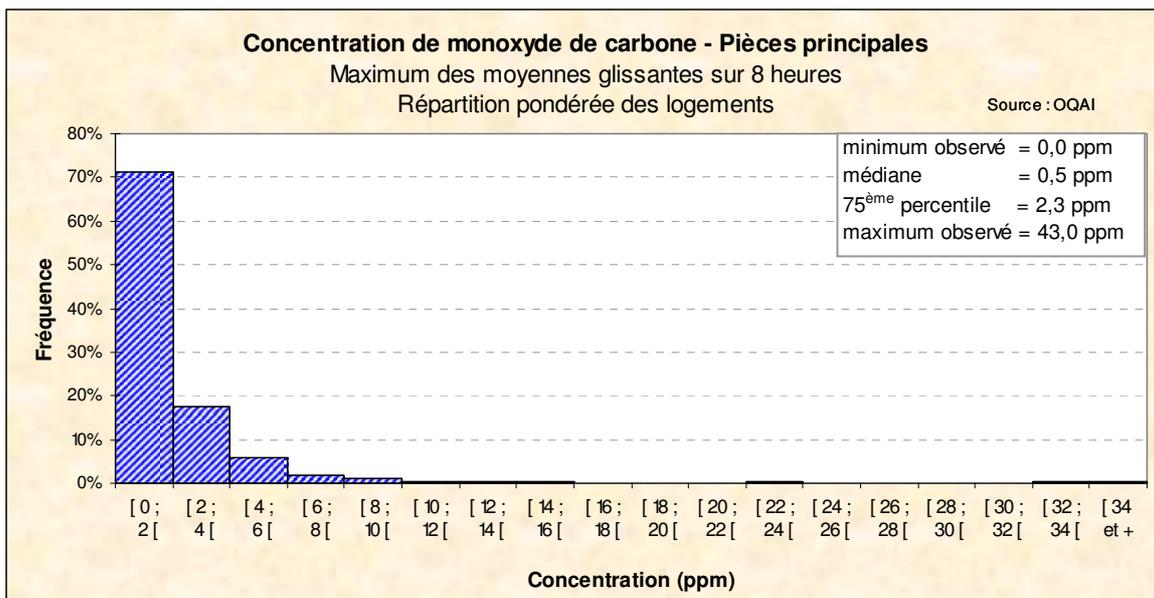
P95 95%

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

Les maxima des moyennes glissantes sur 8 heures des mesures réalisées dans les différentes pièces pendant la campagne ont été comparées à la valeur guide de l'OMS (9 ppm). A l'échelle nationale, cette valeur guide a été dépassée dans :

- 2% à 5,6% des pièces principales,
- 3,4% à 12,9% des autres pièces,
- 3,3% à 11,5% des annexes.

Distributions des logements en fonction des maxima des moyennes glissantes sur 8 heures de la concentration en monoxyde de carbone dans les pièces principales (figure du haut), les autres pièces (figure du milieu) et les annexes (figure du bas) :



2.3 ALLERGENES DE CHATS ET DE CHIENS

Conditions d'observation

- protéines allergisantes de chat (Fel d 1) et de chien (Can f 1)
- aspiration d'air de la pièce sur filtre de verre, extraction ; analyse en laboratoire
- lieu : séjour ;
- durée de prélèvement : une heure lors de la première visite.

Limites et incertitudes de mesure d'allergènes de chats

- limite de quantification LQ : 0,18 ng/m³
- incertitude : voir partie 1.4

Limites et incertitudes de mesure d'allergènes de chiens

- limite de quantification LQ : 1,02 ng/m³
- incertitude : voir partie 1.4

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : présence de chats et chiens

Niveaux moyens de concentrations (ng/m³) dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques des distributions des concentrations d'allergènes de chats et de chiens (ng/m³) à l'intérieur des logements :

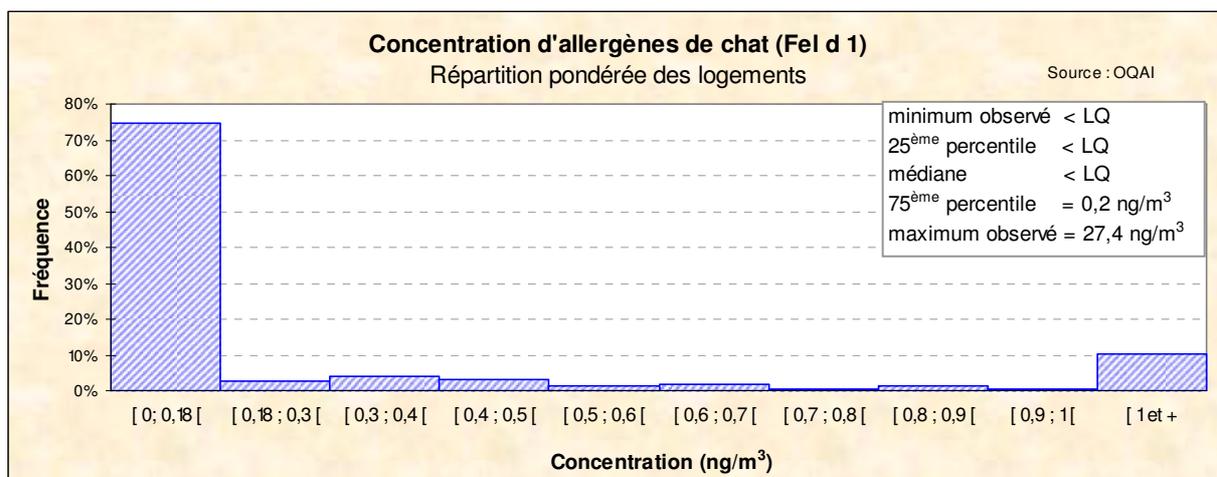
		Chat	Chien
Echantillon	Observations	545	545
	Minimum 1	Inf. à LQ	Inf. à LQ
	Minimum 2	0,19	1,03
	Maximum 1	27,4	12,1
	Maximum 2	18,2	12,0
Effectif national	Effectif représenté	23 821 001	23 821 001
	% inférieur à LQ	74,6%	90,7%
	P10	Inf. à LQ	Inf. à LQ
	P25	Inf. à LQ	Inf. à LQ
	Médiane	Inf. à LQ	Inf. à LQ
	P75	0,2 [<LQ-0,3]	Inf. à LQ
	P90	1,0 [0,6-1,5]	Inf. à LQ
	P95	2,7 [1,3-5,8]	1,6 [1,1-2,5]

Source : OQAI

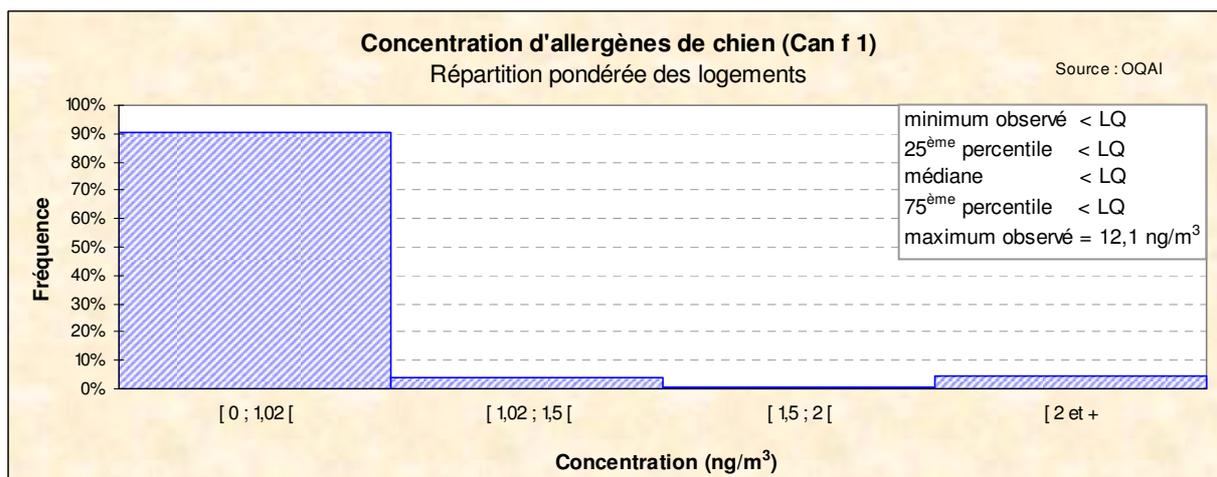
Observations	Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
Min 1	minimum de la variable
Min 2	2 ^{ème} plus petite valeur ou classe
Max 1	maximum de la variable
Max 2	2 ^{ème} plus grande valeur ou classe
Effectif	Nombre de logements du parc national représentés
LQ	Limite de Quantification
P10	10%
P25	25%
médiane	50%
P75	75%
P90	90%
P95	95%

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

Distributions des logements en fonction des concentrations d'allergènes de chat Fel d 1 (ng/m³) à l'intérieur des logements



Distributions des logements en fonction des concentrations d'allergènes de chien Can f 1 (ng/m³) à l'intérieur des logements



Les **médianes** des allergènes de chats (*Fel d 1*) et de chien (*Can f 1*) sont **inférieures aux limites de quantification** respectives. Les **maxima** observés sont de **27,4 ng/m³** pour les allergènes de chat et de **12,1 ng/m³** pour les allergènes de chien.

Les données de la littérature sur les allergènes aériens sont trop éparpillées pour être comparées aux données collectées dans le cadre de la campagne nationale Logements.

2.4 ALLERGENES D'ACARIENS

Conditions d'observation

- protéines allergisantes Der f 1 (Dermatophagoïdes farinae) et Der p 1 (Dermatophagoïdes pteronyssinus)
- aspiration de la poussière du matelas du lit de la chambre investiguée (chambre des parents) ;
- tamisage, extraction, analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent) ;
- durée de prélèvement : 5 à 10 minutes lors de la visite.

Limites et incertitudes de mesure de Der f 1

- limite de quantification LQ : 0,01 µg/g
- incertitude : voir partie 1.4

Limites et incertitudes de mesure de Der p 1

- limite de quantification LQ : 0,02 µg/g
- incertitude : voir partie 1.4

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : poussières de maison avec présence d'acariens

Niveaux moyens de concentrations (µg/g) dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

Niveau de sensibilisation :

Le seuil de sensibilisation aux allergènes d'acariens a été fixé à 2 µg par gramme de poussière ⁽¹⁾. La littérature scientifique montre que certaines personnes deviennent sensibilisées aux acariens avec une concentration inférieure mais que pour près de 80% de la population, l'exposition aux allergènes d'acariens ne pose aucun problème.

⁽¹⁾ Platts-Mills et al, Indoor allergens and asthma : Report of the Third International Workshop, *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, vol 100, n°6, 1997

Valeurs de référence disponibles (pour information) :

Norvège : 1 µg de Der p 1 par gramme de poussière
50 acariens par gramme de poussière

Caractéristiques des distributions des concentrations en allergènes d'acariens Der f 1 et Der p 1 (µg/g) à l'intérieur des logements :

		Der f 1	Der p 1
Echantillon	Observations	438	438
	Minimum 1	Inf. à LQ	Inf. à LQ
	Minimum 2	0,01	0,02
	Maximum 1	608,0	129,4
	Maximum 2	399,8	128,1
Effectif national	Effectif représenté	19 255 659	19 255 659
	% inférieur à LQ	3,1%	7,9%
	P10	0,06 [0,04-0,1]	0,04 [<LQ-0,07]
	P25	0,3 [0,2-0,4]	0,2 [0,1-0,3]
	Médiane	2,2 [1,3-3,7]	1,6 [1,2-2,1]
	P75	14,3 [9,2-18,2]	7,8 [5,5-9,9]
	P90	39,8 [27,4-50,2]	19,7 [14,1-29,1]
	P95	83,6 [46,4-103,0]	36,2 [23,1-41,5]

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides

Min 1 minimum de la variable

Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe

Max 1 maximum de la variable

Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe

Effectif Nombre de logements du parc national représentés

LQ Limite de Quantification

P10 10%

P25 25%

médiane 50%

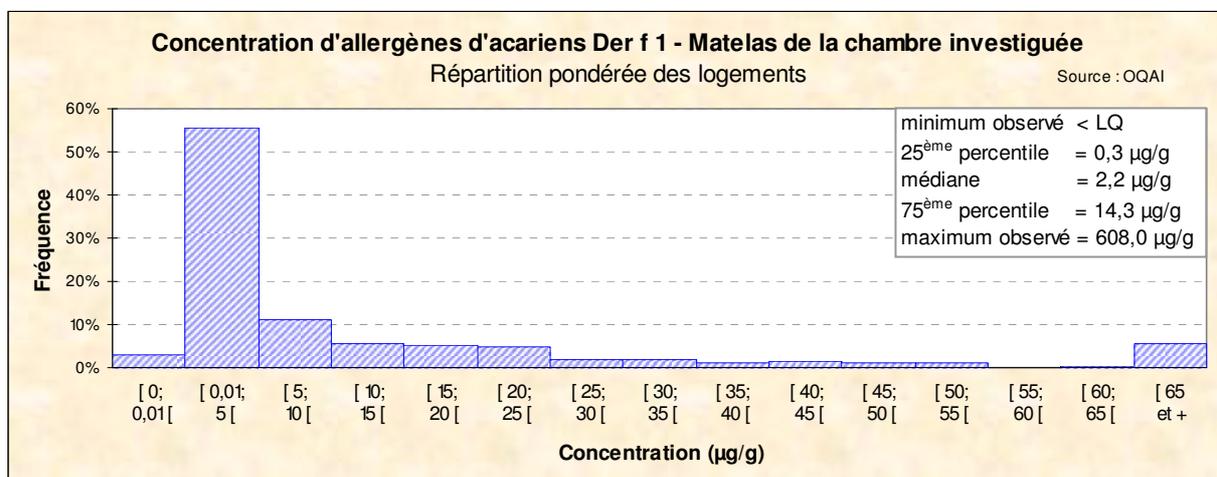
P75 75%

P90 90%

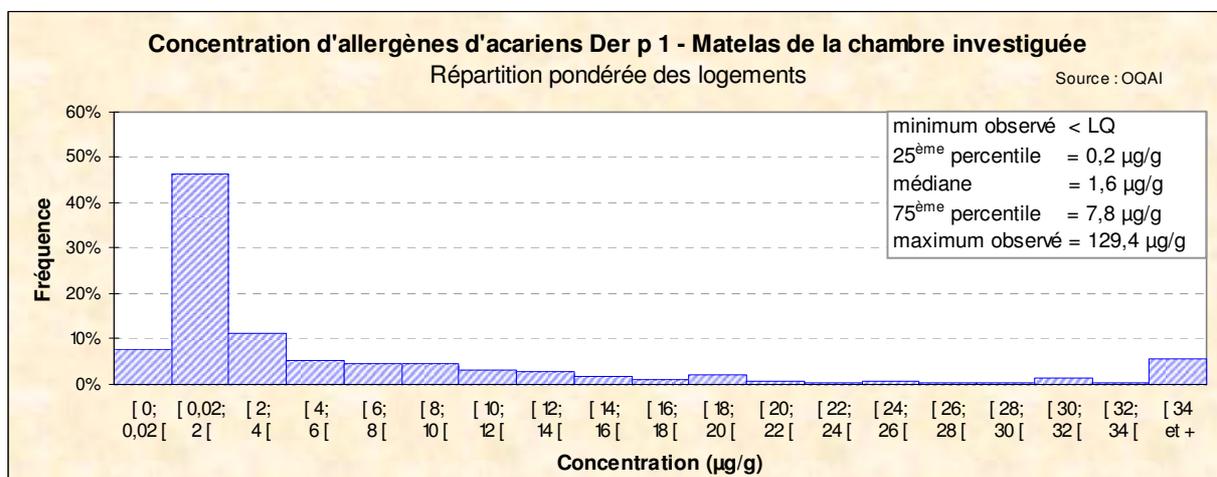
P95 95%

des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

Distributions des logements en fonction des concentrations d'allergènes d'acariens Der f 1 ($\mu\text{g/g}$) dans le matelas de la chambre investiguée



Distributions des logements en fonction des concentrations d'allergènes d'acariens Der p 1 ($\mu\text{g/g}$) dans le matelas de la chambre investiguée.



Les **médianes** des allergènes d'acariens sont respectivement de **2,2 et 1,6 $\mu\text{g/g}$** pour les *Der f 1* et les *Der p 1*. Les **maxima** s'élèvent jusqu'à **608 $\mu\text{g/g}$ (*Der f 1*) et 130 $\mu\text{g/g}$ (*Der p 1*)**.

Ces médianes semblent faibles comparées aux valeurs recensées dans la littérature.

La moitié des logements dépasse la **valeur de sensibilisation** de 2 $\mu\text{g/g}$ de poussière ($\text{IC}_{95\%} = [45,5-56,4\%]$ pour *Der f 1* et $\text{IC}_{95\%} = [40,5-50,9\%]$ pour *Der p 1*).

2.5 PARTICULES

Conditions d'observation

- aspiration d'air ; filtrage et impaction, analyse en laboratoire ;
- lieu : séjour ;
- durée de prélèvement : de 17h à 8h les jours de semaine et 24h/24 le week-end pendant la semaine d'enquête.

Incertitudes de mesure

- Voir partie 1.4

Eléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : air extérieur, activités culinaires associées respectivement à l'utilisation d'un four de cuisson et d'une plaque de cuisson, activités de nettoyage et d'entretien des surfaces, fumées de tabac ...

Niveaux moyens de concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux de l'annexe 8

Valeurs de référence disponibles (pour information) :

PM₁₀

Finlande⁴¹ : 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24h), (S1)
40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24h), (S2)
50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24h), (S3)

Etats-Unis : 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 an)
150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24h)

PM_{2,5}

Norvège : 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24h)
Canada : 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24h)
40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (exposition chronique)

Etats-Unis : 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 an)
65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24h)

Critères de qualité d'air extérieur :

30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne annuelle), objectif de qualité

40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne annuelle), valeur limite

50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (percentile 90,4 des moyennes journalières, à ne pas dépasser plus de 35 j/an), valeur limite.

Caractéristiques des distributions des concentrations en particules PM₁₀ et PM_{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements :

		PM ₁₀	PM _{2,5}
Echantillon	Observations	297	290
	Minimum 1	1,6	1,2
	Minimum 2	6,5	5,1
	Maximum 1	522,6	567,7
	Maximum 2	432,3	274,6
Effectif national	Effectif représenté	12 126 552	11 947 209
	P10	17,1 [15,6-18,8]	10,6 [9,6-11,8]
	P25	22,0 [20,7-24,5]	14,2 [12,7-15,1]
	Médiane	31,3 [28,2-34,4]	19,1 [17,2-20,7]
	P75	56,7 [47,2-70,2]	35,4 [30,9-52,1]
	P90	113,4 [79,6-136,0]	75,6 [62,9-106,0]
	P95	182,0 [119,0-214,0]	132,0 [88,3-174,0]

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
Min 1 minimum de la variable
Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe
Max 1 maximum de la variable
Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe
Effectif représenté Nombre de logements du parc national représentés
P10 10%
P25 25%
médiane 50%
P75 75%
P90 90%
P95 95%
 } des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

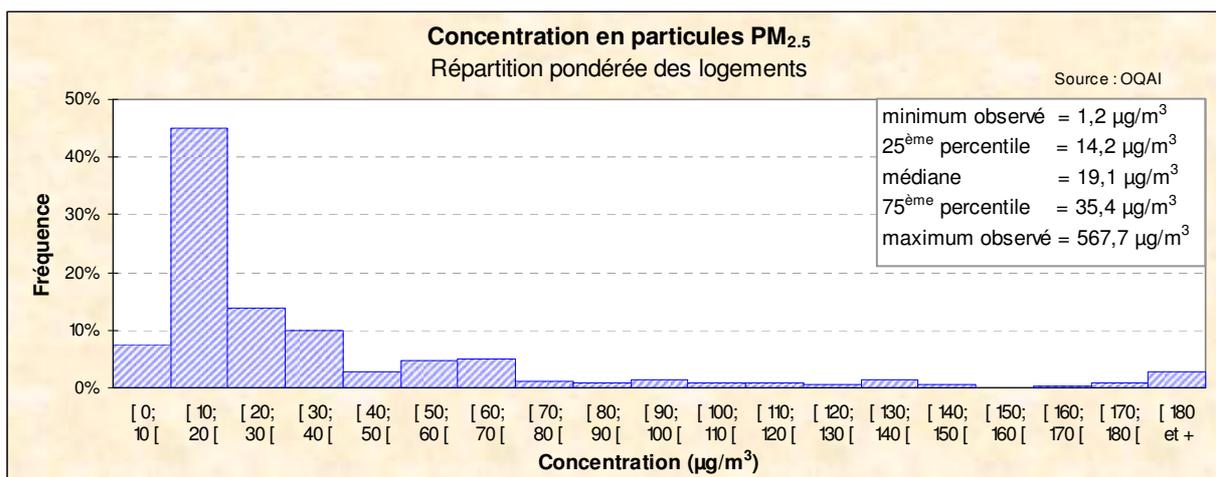
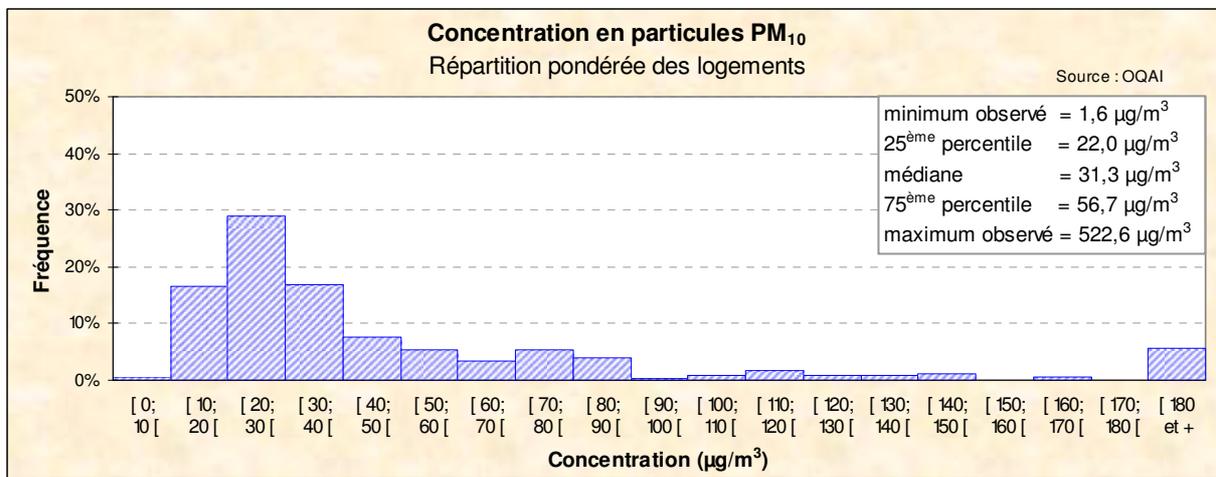
⁴¹ Classification en trois catégories :

Catégorie S1 : la meilleure qualité (haut niveau de satisfaction des occupants et faibles niveaux de risques sanitaires) ;

Catégorie S2 : bonne qualité de l'air intérieur avec cependant une température élevée certains jours d'été ;

Catégorie S3 : niveau de qualité ne devant pas occasionner d'effet sanitaire si le bâtiment est ventilé selon les règles de conception et si aucune source d'émission exceptionnelle n'existe. S3 correspond aux Land Use and Building Act (1999) et Health Protection Act (1994).

Distributions des logements en fonction des concentrations en particules PM₁₀ (figure du haut) et PM_{2,5} (figure du bas) en µg/m³ à l'intérieur des logements



La **médiane** des PM₁₀ est supérieure à celle des PM_{2,5} (respectivement **31,3 et 19,1 µg/m³**) dans les logements.

Les **maxima** dépassent dans les deux cas 500 µg/m³ (**522 µg/m³** pour PM₁₀ et **568 µg/m³** pour PM_{2,5}).

2.6 RADON

Conditions d'observation

– prélèvement sur badge intégré sur 2 mois et analyse en laboratoire ; – lieu : séjour et chambre

Incertitudes de mesure

Elles dépendent de la concentration et de la durée d'exposition du dosimètre (voir partie 1.4)

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : gaz radioactif naturel provenant du sol (massifs anciens) et dans une moindre mesure de l'air extérieur et de matériaux de construction très spécifiques

Niveaux moyens de concentrations (Bq/m^3) dans l'air intérieur des habitations en France : Médiane = 50 Bq/m^3 ; minimum = 1 Bq/m^3 ; maximum = 4964 Bq/m^3 (Bilan 1982-2000, IRSN)

Valeurs de référence disponibles (pour information) :

France (circulaire conjointe DGS n°99-46 et DGUHC/QC/10 n°99-32 du 27/01/1999 pour les établissements recevant du public)

entre 400 et 1000 Bq/m^3 : actions correctives simples
> 1000 Bq/m^3 : actions correctives rapides et impératives

Norvège : entre 200 et 400 Bq/m^3 : actions simples
> 400 Bq/m^3 : actions correctives < 200 Bq/m^3 dans bâtiments neufs

Finlande⁴² : 100 Bq/m^3 (S1), 100 Bq/m^3 (S2), 200 Bq/m^3 (S3)

Canada : 800 Bq/m^3 (moyenne annuelle) Australie : 200 Bq/m^3 (moyenne annuelle)

Les concentrations intérieures en radon sont sujettes à des variations saisonnières. Afin d'estimer de manière non biaisée la concentration moyenne annuelle et l'exposition de la population au radon à partir de prélèvements de courte durée, l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire effectue une correction des variations saisonnières sur les résultats des mesures⁴³.

- **Mesures brutes sans correction de l'effet saisonnier**

Caractéristiques des distributions des concentrations en radon (Bq/m^3) :

		Pièces de sommeil	Autres pièces
Echantillon	Observations	460	451
	Minimum 1	5,0	5,0
	Minimum 2	6,0	7,0
	Maximum 1	1 115,0	1 983,0
	Maximum 2	791,0	813,0
Effectif national	Effectif représenté	19 415 917	18 999 642
	P10	12,0	12,0
	P25	19,0	18,0
	Médiane	31,0	33,0
	P75	60,0	63,0
	P90	119,0	116,0
	P95	225,0	214,0

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
 Min 1 minimum de la variable
 Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe
 Max 1 maximum de la variable
 Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe
 Effectif Nombre de logements du parc national représentés
 P10 10%
 P25 25%
 médiane 50% } des logements sont situés en dessous de cette valeur
 P75 75%
 P90 90%
 P95 95%

⁴² Classification en trois catégories :

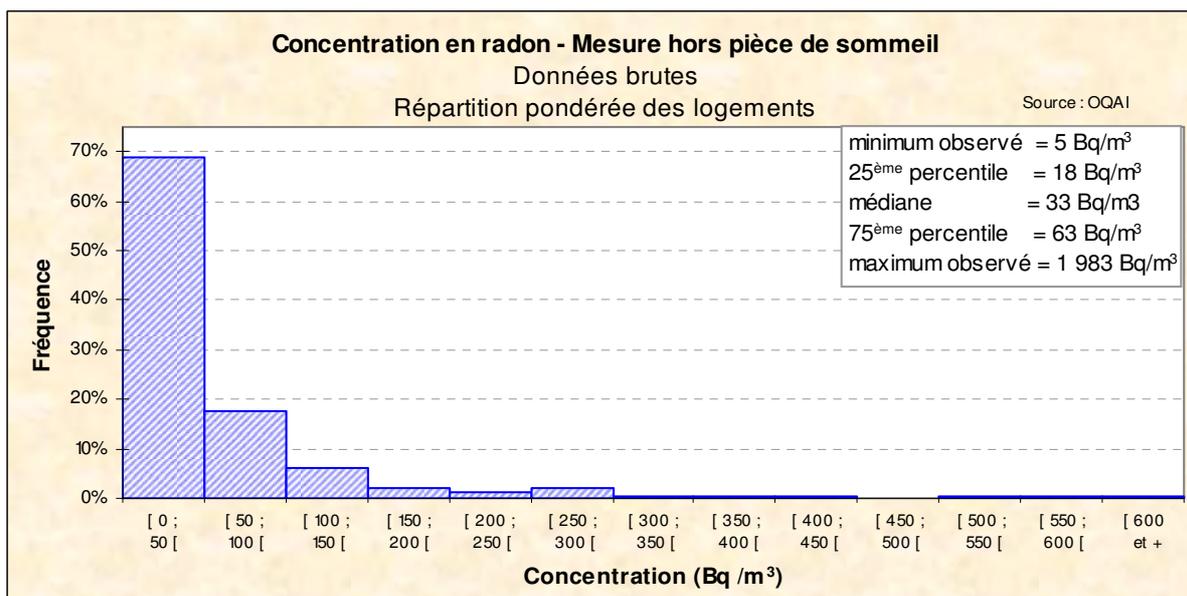
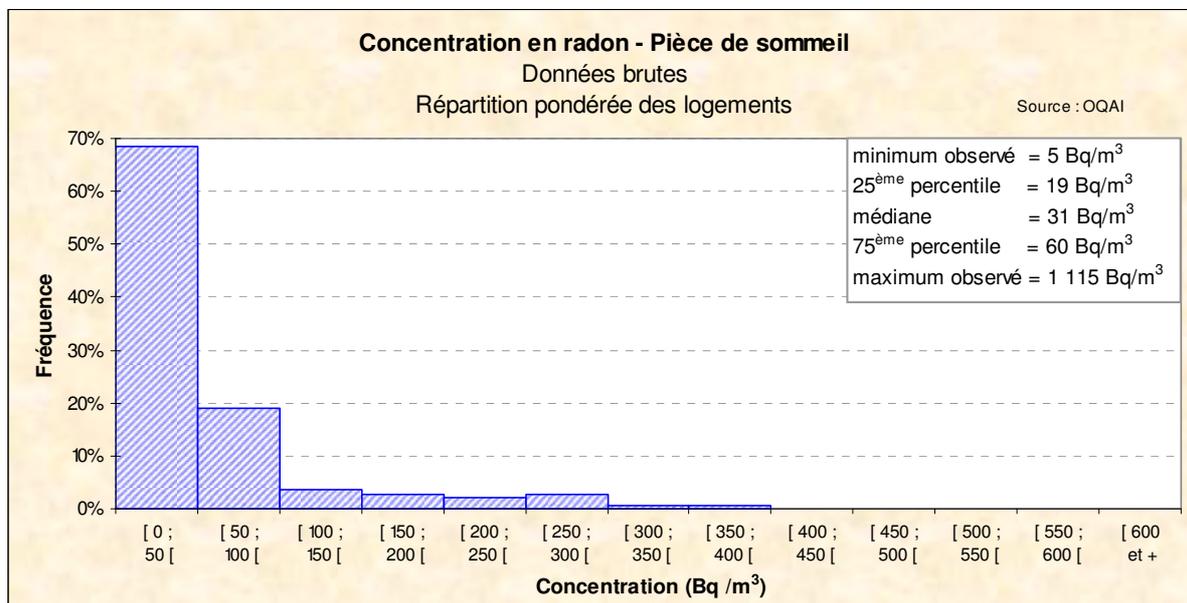
Catégorie S1 : la meilleure qualité (haut niveau de satisfaction des occupants et faibles niveaux de risques sanitaires) ;

Catégorie S2 : bonne qualité de l'air intérieur avec cependant une température élevée certains jours d'été ;

Catégorie S3 : niveau de qualité ne devant pas occasionner d'effet sanitaire si le bâtiment est ventilé selon les règles de conception et si aucune source d'émission exceptionnelle n'existe. S3 correspond aux Land Use and Building Act (1999) et Health Protection Act (1994).

⁴³ Baysson H., Billon S., Laurier D., Rogel A. & Tirmarche M., Seasonal correction factors for estimating radon exposure in dwellings in France, *Radiation Protection Dosimetry*, 2003, Vol. 104, n°3, pp. 245-252

Distributions des logements en fonction des concentrations en radon (Bq/m^3) sans correction de l'effet saison dans les pièces de sommeil (figure du haut) et les autres pièces (figure du bas) des logements



Les **médianes** sont de **31 Bq/m^3** dans les pièces de sommeil et de **33 Bq/m^3** dans les autres pièces. Les **maxima** sont de **1 115 Bq/m^3** dans les pièces de sommeil et de **1 983 Bq/m^3** dans les autres pièces.

- **Mesures après correction de l'effet saisonnier**

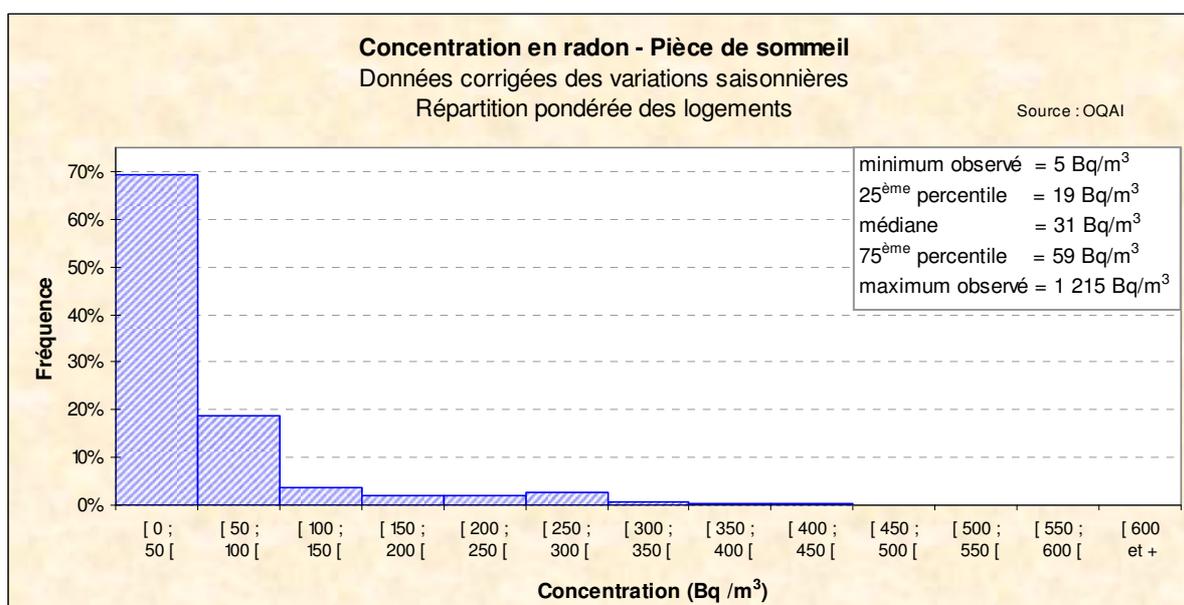
Un facteur de correction est appliqué aux données brutes par l'IRSN pour prendre en compte les variations saisonnières de la concentration en radon.

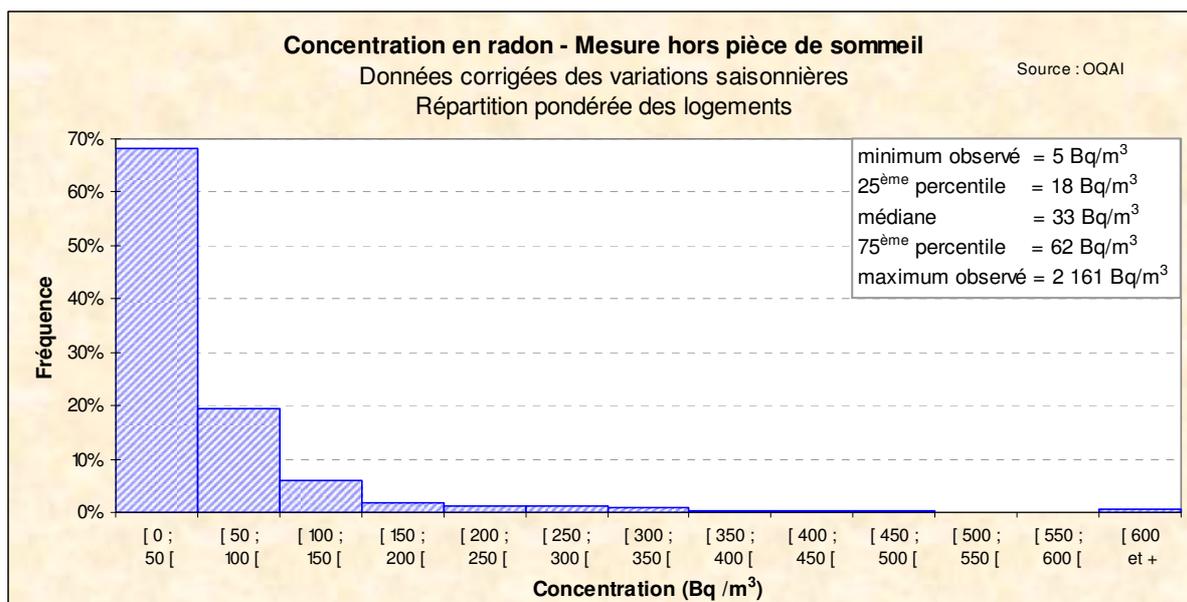
Caractéristiques des distributions des concentrations en radon (Bq/m³) après correction de l'effet saisonnier dans les pièces de sommeil (chambre, studio) et les autres pièces (cuisine, cuisine américaine, salon, séjour) des logements :

		Pièces de sommeil	Autres pièces	
Echantillon	Observations	457	449	Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
	Minimum 1	5,0	5,0	Min 1 minimum de la variable
	Minimum 2	6,0	6,0	Min 2 2 ^{ème} plus petite valeur ou classe
	Maximum 1	1 215,0	2 161,0	Max 1 maximum de la variable
	Maximum 2	712,0	732,0	Max 2 2 ^{ème} plus grande valeur ou classe
Effectif national	Effectif représenté	19 310 212	18 929 928	Effectif représenté Nombre de logements du parc national représentés
	P10	12,0	13,0	P10 10%
	P25	19,0	18,0	P25 25%
	Médiane	31,0	33,0	médiane 50%
	P75	59,0	62,0	P75 75%
	P90	120,0	122,0	P90 90%
	P95	220,0	194,0	P95 95%
				des logements sont situés en dessous de cette valeur

Source : OQAI

Distributions des logements en fonction des concentrations en radon (Bq/m³) corrigées des variations saisonnières dans les pièces de sommeil (figure ci-dessous) et les autres pièces (figure ci-contre) des logements





Les **médianes** sont de **31 Bq/m³** dans les pièces de sommeil et de **33 Bq/m³** dans les autres pièces. Elles sont légèrement inférieures à celle mesurée par l'IRSN en France entre 1982 et 2000. Les **maxima** (**1 215 Bq/m³** dans la pièce de sommeil et **2 161 Bq/m³** dans l'autre pièce) ont été mesurés dans le même logement.

Lors de la campagne, deux mesures réalisées dans les pièces de sommeil (sur 457 observations) et quatre mesures réalisées dans les autres pièces (sur 449 observations) étaient comprises entre 400 et 1 000 Bq/m³. Une mesure dans chaque groupe de pièces dépassait 1 000 Bq/m³. Au niveau national cela correspond à des intervalles de confiance à 95% égaux à :

- [0,1 – 1,5%] des pièces de sommeil dépassent 400 Bq/m³, [0 – 0,9%] dépassent 1 000 Bq/m³ ;
- [0,4 – 2,6%] des autres pièces dépassent 400 Bq/m³, [0 – 1%] dépassent 1 000 Bq/m³.

2.7 RAYONNEMENT GAMMA

Conditions d'observation

- lieu : séjour
- durée de prélèvement : au moins 45 minutes lors de la visite.

Éléments de la littérature

Sources potentielles d'émission : sols et atmosphère (rayonnements cosmiques et terrestres), matériaux de construction

Niveaux moyens de concentrations ($\mu\text{Sv/h}$) dans l'air intérieur des bâtiments en France : Moyenne nationale pondérée sur l'habitat = 0,054 $\mu\text{Sv/h}$ (IRSN, 2002)

Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques de la distribution du rayonnement gamma ($\mu\text{Sv/h}$) à l'intérieur des logements :

		Rayonnement gamma
Echantillon	Observations	538
	Minimum 1	0,005
	Minimum 2	0,007
	Maximum 1	0,264
	Maximum 2	0,190
Effectif national	Effectif représenté	23 359 099
	P10	0,034 [0,032-0,046]
	P25	0,043 [0,041-0,046]
	Médiane	0,062 [0,058-0,064]
	P75	0,081 [0,078-0,087]
	P90	0,106 [0,100-0,108]
	P95	0,122 [0,109-0,125]

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides

Min 1 minimum de la variable

Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe

Max 1 maximum de la variable

Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe

Effectif représenté Nombre de logements du parc national représentés

P10 10% } des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]

P25 25% }

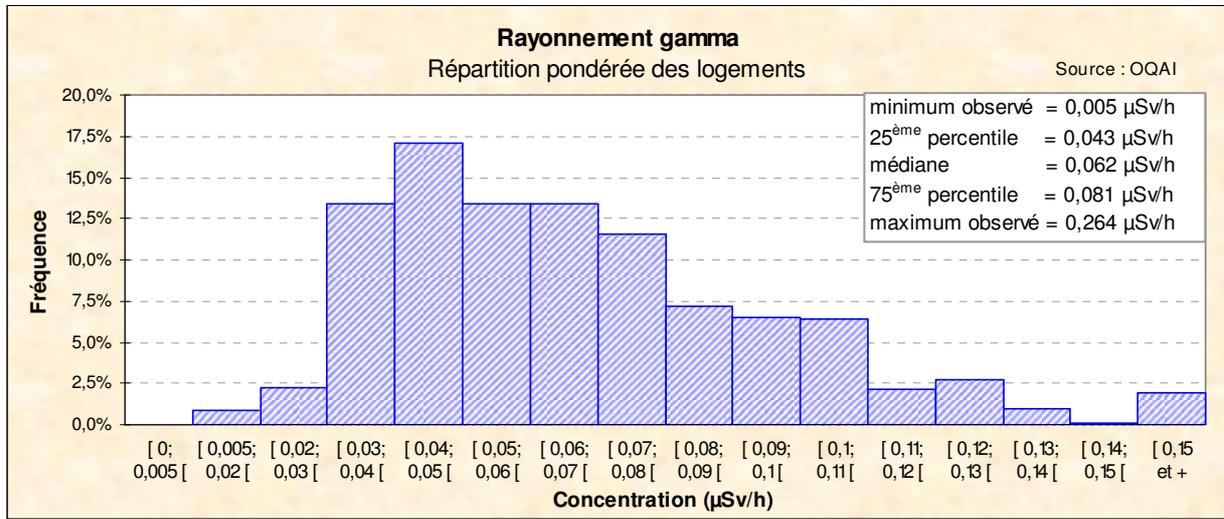
médiane 50% }

P75 75% }

P90 90% }

P95 95% }

Distributions des logements en fonction des niveaux de rayonnement gamma ($\mu\text{Sv/h}$) à l'intérieur des logements



Le rayonnement gamma présente une valeur **médiane** dans les logements de **0,062 $\mu\text{Sv/h}$** avec un **maximum à 0,264 $\mu\text{Sv/h}$** .

2.8 TEMPERATURE

Conditions d'observation

- appareil enregistreur ;
- lieu : chambre et séjour ;
- durée de prélèvement : enregistrement toutes les 10 minutes pendant la semaine d'enquête.

Éléments de la littérature

Paramètre de confort pouvant être à l'origine de l'apparition de polluants (acariens, moisissures,...)

Niveaux moyens de concentrations (°C) dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : /

Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques de la température (°C) dans les pièces de sommeil (chambre ou studio) et les autres pièces (cuisine américaine, cuisine, salon, séjour) des logements :

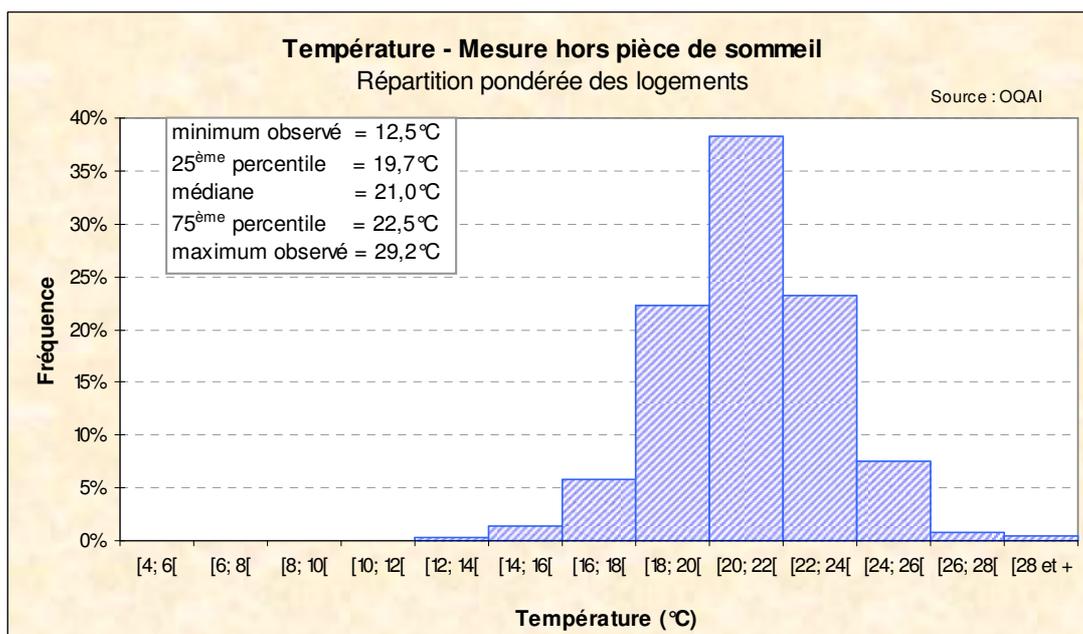
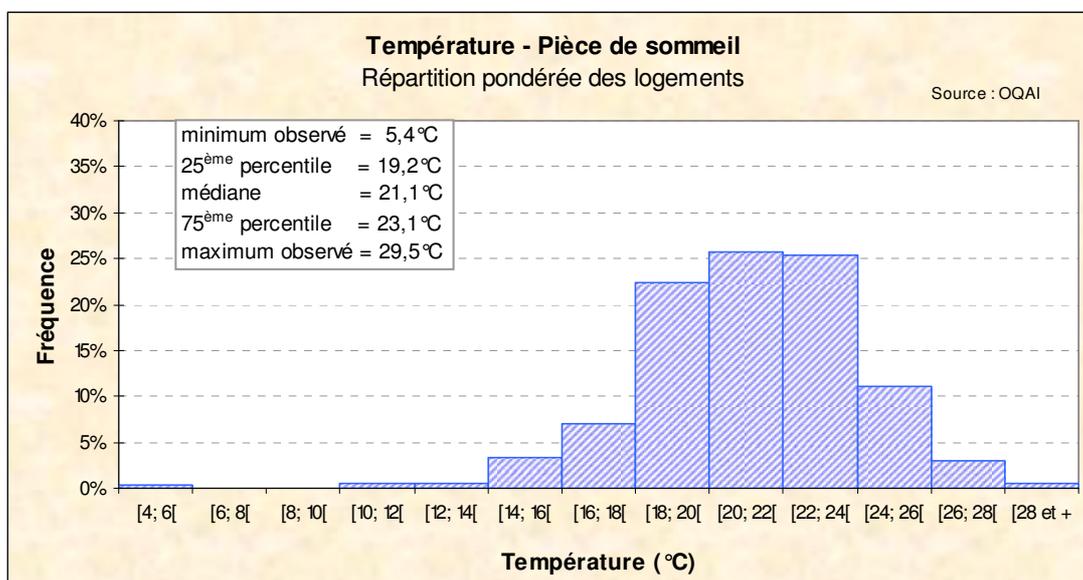
		Pièce de sommeil	Hors pièce de sommeil
Echantillon	Observations	503	517
	Minimum 1	5,4	12,5
	Minimum 2	11,1	12,8
	Maximum 1	29,5	29,2
	Maximum 2	29,1	28,2
Effectif national	Effectif représenté	21 847 816	22 337 566
	P10	17,6	18,2
	P25	19,2	19,7
	Médiane	21,1	21,0
	P75	23,1	22,5
	P90	24,6	23,8
	P95	25,5	24,8

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides
 Min 1 minimum de la variable
 Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe
 Max 1 maximum de la variable
 Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe
 Effectif représenté Nombre de logements du parc national représentés
 P10 10%
 P25 25%
 médiane 50%
 P75 75%
 P90 90%
 P95 95%

} des logements sont situés en dessous de cette valeur

Distributions des logements en fonction de la température (°C) dans la pièce de sommeil (figure du haut) et les autres pièces (figure du bas) des logements



La température **médiane** dans les pièces de sommeil et les autres pièces est d'environ **21°C**. L'amplitude de température est plus importante dans les pièces de sommeil (5,4 – 29,5°C) que dans les autres pièces (12,5 – 29,2°C).

2.9 HUMIDITE RELATIVE

Conditions d'observation

- appareil enregistreur ;
- lieu : chambre et séjour ;
- durée de prélèvement : enregistrement toutes les 10 minutes pendant la semaine d'enquête.

Éléments de la littérature

Paramètre de confort pouvant être à l'origine de l'apparition de polluants (acariens, moisissures,...)

Niveaux moyens de concentrations (%) dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : /

Valeurs de référence disponibles (pour information) : /

Caractéristiques de l'humidité relative (%) dans les pièces de sommeil (chambre ou studio) et les autres pièces (cuisine américaine, cuisine, salon, séjour) des logements :

		Pièce de sommeil	Hors pièce de sommeil
Echantillon	Observations	501	517
	Minimum 1	25,5	21,1
	Minimum 2	26,2	21,3
	Maximum 1	72,8	80,8
	Maximum 2	72,7	74,3
Effectif national	Effectif représenté	21 737 095	22 337 566
	P10	38,1	35,6
	P25	42,8	41,9
	Médiane	48,7	49,5
	P75	54,3	56,1
	P90	59,4	61,3
	P95	63,1	64,7

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides

Min 1 minimum de la variable

Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe

Max 1 maximum de la variable

Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe

Effectif représenté Nombre de logements du parc national représentés

P10 10%

P25 25%

médiane 50%

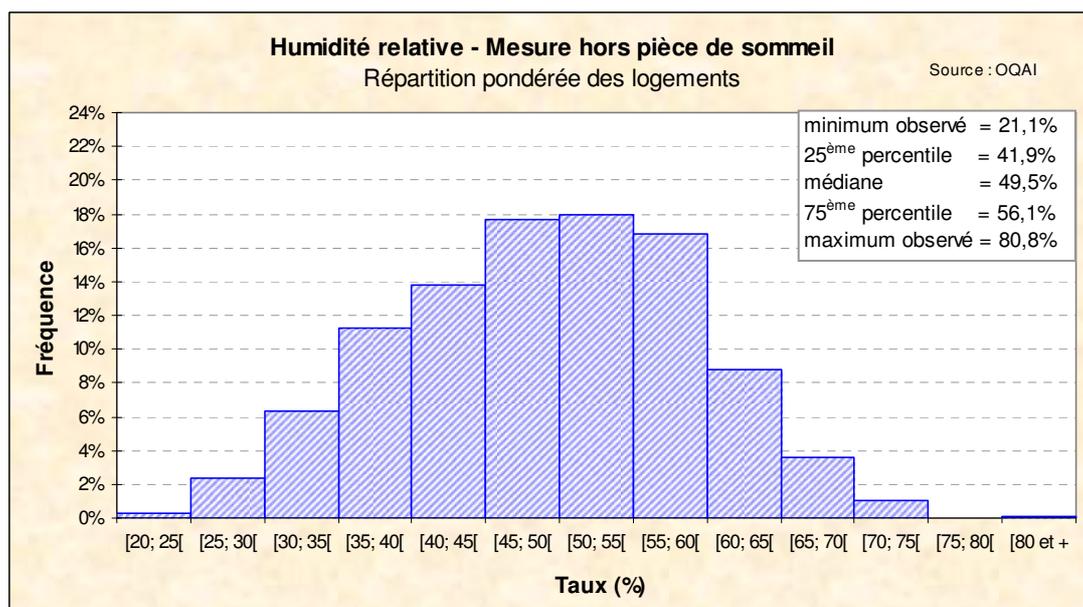
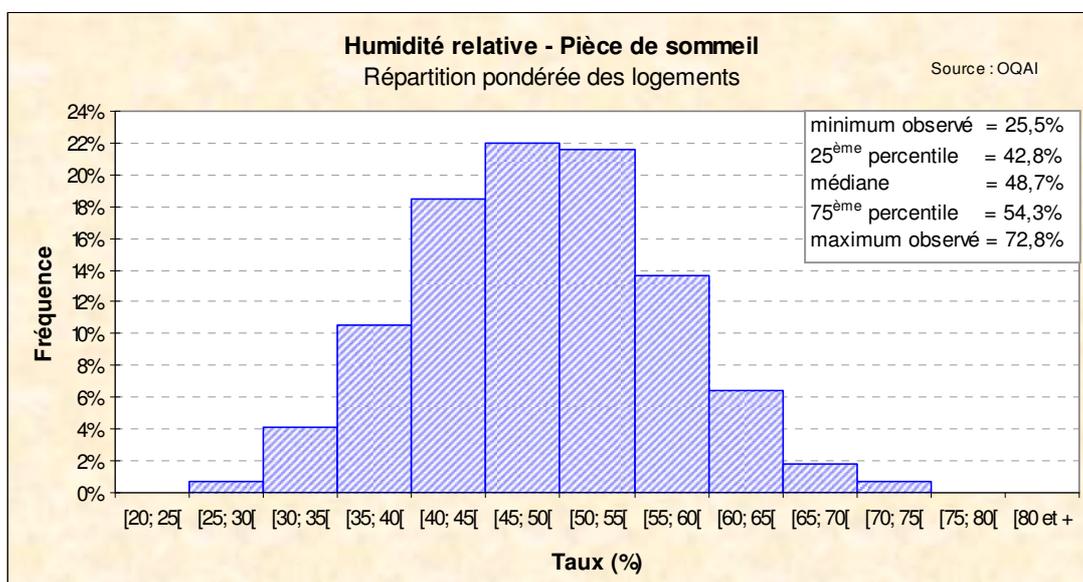
P75 75%

P90 90%

P95 95%

des logements sont situés en dessous de cette valeur

Distributions des logements en fonction de l'humidité relative (%) dans la pièce de sommeil (figure du haut) et les autres pièces (figure du bas) des logements



L'humidité relative varie de 25,5% à 72,8% dans les pièces de sommeil avec une **médiane à 48,7%**.

Dans les autres pièces, elle varie entre 21,1% et 80,8% et la médiane est sensiblement identique à 49,5%.

2.10 DIOXYDE DE CARBONE

Conditions d'observation

- appareil enregistreur ; enregistrement toutes les 10 minutes pendant la semaine d'enquête ;
- lieu : chambre.

Incertitudes de mesure

– 1 500 ± 67 ppm (voir partie 1.4)

Éléments de la littérature

Paramètre de confort, le CO₂ est émis par les occupants de la pièce

Niveaux moyens de concentrations (ppm) dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : /

Valeurs de référence disponibles (pour information) :

France : 1 000 ppm dans les bâtiments tertiaires

Norvège : 1 000 ppm

Finlande⁴⁴ : 700 ppm (S1), 900 ppm (S2), 1 200 ppm (S3)

Canada : 3 500 ppm

Caractéristiques des distributions des concentrations en dioxyde de carbone (ppm) à l'intérieur des logements :

		Valeurs moyennes sur la semaine	Maximum des valeurs moyennes glissantes sur 1h	Moyenne des 60 plus grandes valeurs comprises entre 2h et 5h10
Echantillon	Observations	503	503	503
	Minimum 1	276,8	458,7	287,2
	Minimum 2	366,9	491,0	408,0
	Maximum 1	2 702,3	6 000,0	5 883,0
	Maximum 2	2 438,2	5 996,8	4 901,0
Effectif national	Effectif représenté	21 782 562	21 782 562	21 782 562
	P10	468 [445-507]	887 [792-962]	595 [557-640]
	P25	578 [549-610]	1 193 [1 105-1 263]	837 [784-900]
	Médiane	756 [715-794]	1 689 [1 556-1 815]	1 161 [1 069-1 238]
	P75	972 [912-1 037]	2 517 [2 311-2 709]	1 768 [1 650-1 870]
	P90	1 281 [1 221-1 362]	3 662 [3 388-4 137]	2 558 [2 334-2 843]
	P95	1 484 [1 353-1 621]	4 449 [4 071-5 166]	3 175 [2 800-3 470]

Source : OQAI

Observations	Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides	P10	10%	} des logements sont situés en dessous de cette valeur [intervalle de confiance à 95%]
Min 1	minimum de la variable	P25	25%	
Min 2	2 ^{ème} plus petite valeur ou classe	médiane	50%	
Max 1	maximum de la variable	P75	75%	
Max 2	2 ^{ème} plus grande valeur ou classe	P90	90%	
Effectif représenté	Nombre de logements du parc national représentés	P95	95%	

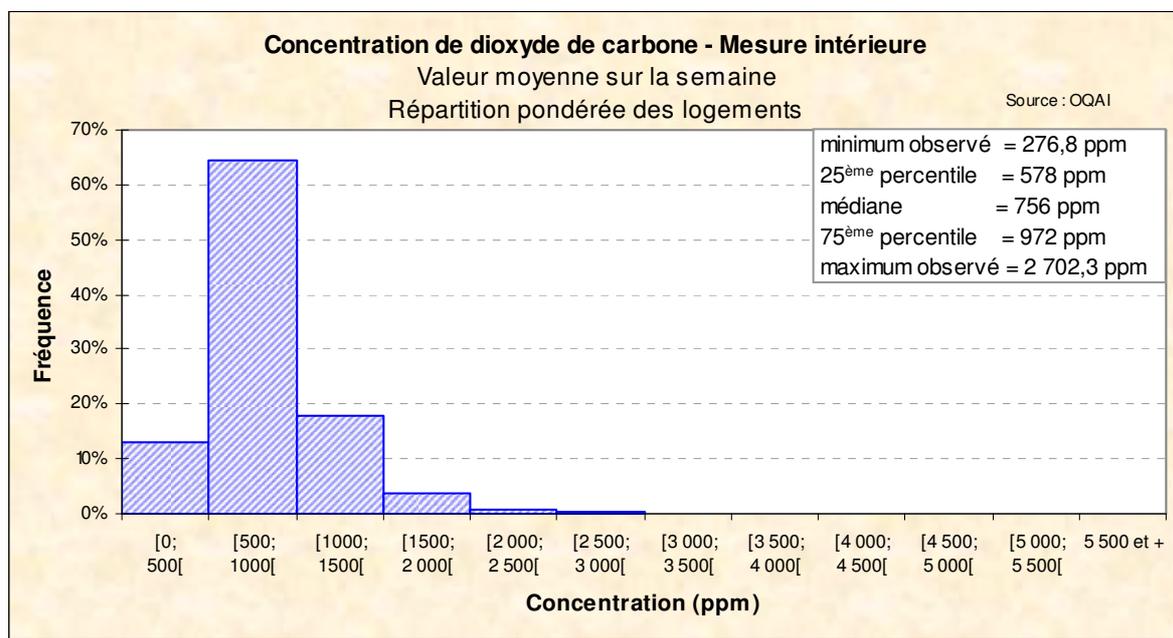
⁴⁴ Classification en trois catégories :

Catégorie S1 : la meilleure qualité (haut niveau de satisfaction des occupants et faibles niveaux de risques sanitaires) ;

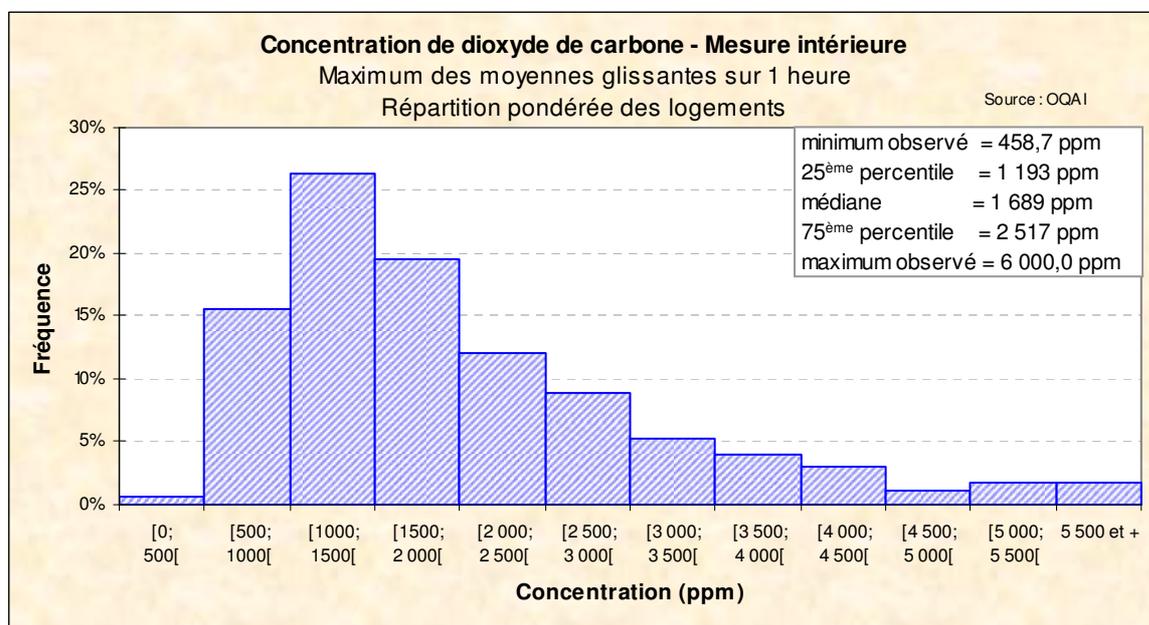
Catégorie S2 : bonne qualité de l'air intérieur avec cependant une température élevée certains jours d'été ;

Catégorie S3 : niveau de qualité ne devant pas occasionner d'effet sanitaire si le bâtiment est ventilé selon les règles de conception et si aucune source d'émission exceptionnelle n'existe. S3 correspond aux Land Use and Building Act (1999) et Health Protection Act (1994).

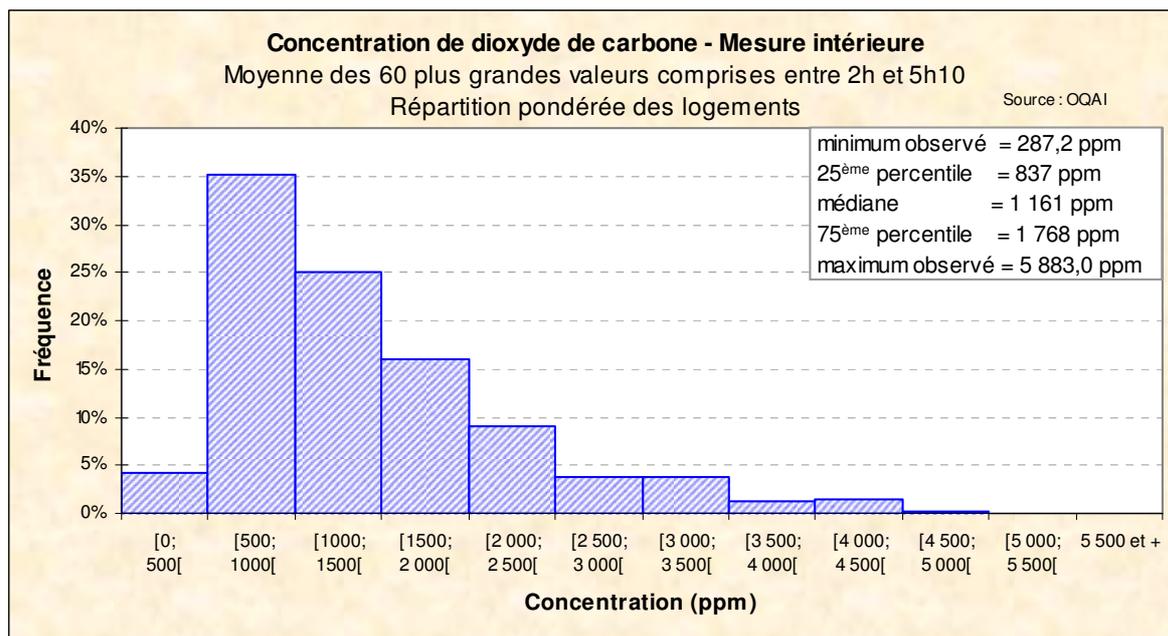
Distributions des logements en fonction de la concentration en dioxyde de carbone (ppm) moyennée sur la semaine



Distributions des logements en fonction du maximum des concentrations moyennes glissantes sur 1 heure en dioxyde de carbone (ppm)



Distributions des logements en fonction de la moyenne des 60 plus grandes valeurs de CO₂ comprises entre 2h et 5h10 en dioxyde de carbone (ppm)



Les **médianes** des concentrations en CO₂ sont de **756 ppm** pour les moyennes sur la semaine, de **1 689 ppm** en considérant le maximum des valeurs moyennes glissantes sur 1 heure et de **1 161 ppm** pour les valeurs mesurées la nuit.

Les **valeurs maximales** sont **très élevées** atteignant 6 000 ppm notamment en période d'occupation (pendant la nuit entre 2h et 5h10)

3. CONCLUSION

L'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), créé par les ministères en charge de la Construction, de la Santé et de l'Ecologie, L'ADEME⁴⁵, le CSTB⁴⁶ et l'ANAH⁴⁷, présente les résultats de la première campagne nationale sur la qualité de l'air dans les logements en France.

Après une phase pilote portant sur 90 logements, la campagne nationale dans les logements conduite par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) sur la période 2003-2005 autorise aujourd'hui à dresser un premier état de la qualité de l'air intérieur représentatif de la situation des 24 millions de résidences principales en France métropolitaine continentale.

Les paramètres ont été choisis en fonction de leur impact sur la qualité de l'air ou sur le confort, de leur dangerosité et de leur fréquence d'apparition : monoxyde de carbone, composés organiques volatils, particules, radon, allergènes de chien, de chat, d'acariens, rayonnement gamma, dioxyde de carbone, température, humidité relative, débit d'air... Pour la plupart, ce sont des paramètres différents de ceux retenus habituellement pour caractériser la qualité de l'air extérieur, car ils sont le reflet de la présence de multiples sources de pollution intérieures : matériaux, équipements, mobilier, produits ménagers, activité humaine, environnement extérieur, etc.

Des informations détaillées ont également été collectées sur les caractéristiques techniques des logements et leur environnement ainsi que sur les ménages, leurs activités et le temps passé au contact de la pollution. Ces données seront exploitées ultérieurement. Les données ont été recueillies dans 567 résidences principales tirées au sort (1612 individus enquêtés) réparties sur 55 départements et 74 communes de la France continentale métropolitaine, sur une durée d'une semaine, à l'intérieur des logements, dans les garages attenants lorsqu'ils existaient et à l'extérieur.

L'état de la qualité de l'air intérieur des logements s'exprime sous la forme de distributions statistiques montrant, pour chaque polluant ou paramètre de confort, la répartition des logements en fonction des concentrations ou niveaux mesurés. Cet état de la pollution sera complété, début 2007, par les niveaux de contamination fongique et la présence d'humidité (données actuellement en cours de validation).

Cet état constitue la première référence disponible sur la qualité de l'air intérieur du parc de logements en France et ne peut être comparé à une situation antérieure du fait de sa primeur. Il montre néanmoins des niveaux similaires à ceux déjà mis en évidence par des études ponctuelles en France et dans des enquêtes internationales de grande envergure.

Il existe une spécificité de la pollution à l'intérieur des logements par rapport à l'extérieur qui s'exprime en particulier par la présence de certaines substances non observées à l'extérieur ou par des concentrations nettement plus importantes à l'intérieur. Les polluants visés sont présents à des niveaux quantifiables dans la majorité des logements du parc. La répartition de la pollution chimique organique n'est pas homogène dans le parc. Seule une minorité de logement (9%) présente des concentrations très élevées pour plusieurs polluants

⁴⁵ Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

⁴⁶ Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

⁴⁷ Agence Nationale de l'Habitat

simultanément ; à l'inverse 45% des logements présentent des niveaux de concentrations très faibles pour l'ensemble des polluants mesurés. Selon le polluant, de 5 à 30% des logements présentent des valeurs nettement plus élevées que les concentrations trouvées en moyenne dans le parc.

Hormis pour le radon et l'amiante (non mesuré dans cette étude), il n'existe pas encore de valeurs guides établies en France, auxquelles comparer les concentrations retrouvées dans les logements. Les rares recommandations comparables sur le même pas de temps de mesurage, disponible à l'échelon international ou à l'étranger peuvent parfois être dépassées dans des proportions variables de logements, en particulier : quelques % pour le monoxyde de carbone, de quelques % à jusqu'à près d'un quart pour le formaldéhyde⁴⁸, la moitié pour les allergènes d'acariens.

Les résultats de cette campagne sont actuellement exploités par les agences sanitaires et seront utilisés par les autorités pour mieux établir les risques sanitaires associés à la pollution de l'air intérieur et définir les éventuelles mesures à prendre pour la protection de la population.

Les informations détaillées, collectées parallèlement sur les caractéristiques techniques des logements et sur leur environnement ainsi que sur les ménages, leurs activités et le temps passé au contact de la pollution, sont attendues pour le début de l'année 2007.

⁴⁸ En outre, pour le formaldéhyde, une étude européenne (Index, 2004) recommande l'application du principe « ALARA » (valeur aussi basse que raisonnablement possible).

4. PERSPECTIVES D' ACTIONS

La recherche des facteurs de risque (sources de pollution, types d'habitat, conditions de ventilation, comportements, saisons, situation géographique, etc.) sera engagée début 2007 dès l'ensemble des données descriptives mis en cohérence et validé. Les premiers travaux concerneront la classification des logements vis-à-vis des niveaux de concentration des différents polluants et la recherche des déterminants du formaldéhyde, de l'humidité et des moisissures présents dans les logements. L'élaboration d'indices de qualité d'air intérieur à des fins de communication et d'actions sur la qualité de l'air sera également visée.

Un programme d'actions est ainsi engagé pour valoriser les données de la campagne nationale Logements. Il concerne en particulier :

- **La correction et validation des données descriptives** (logements, équipement, éléments de décoration, présence de moisissure ou d'humidité, description des ménages et de leurs activités, budget espace temps activité) de la campagne nationale et **traitement des valeurs manquantes** : à l'instar des données de mesure de polluants, l'ensemble des données issues des différents questionnaires sera examiné afin de tester la qualité et la cohérence des données et récupérer le maximum de données manquantes (traitement déterministe et statistique des données) afin d'aboutir à une base de données brutes complète directement utilisable pour l'exploitation des données. Ce travail sera poursuivi par la construction de variables agrégées pertinentes pour les études statistiques à mener.
- **L'estimation des expositions des ménages français à la pollution de l'air intérieur** : un travail méthodologique avait été engagé en 2003 par l'InVS⁴⁹ pour mettre au point les méthodes d'estimation de l'exposition aux polluants à partir des données recueillies dans la campagne nationale Logements. L'exposition des ménages à la pollution dans les logements français sera estimée sur la base de ce travail et des données complètes de la campagne nationale Logements (niveaux de concentrations et budgets espace temps activités).
- **L'élaboration d'état descriptif du parc de logements** au regard des éléments collectés sur les logements et les ménages : des analyses descriptives univariées des réponses aux questionnaires seront effectuées pour décrire de manière factuelle le parc de logements et les ménages occupants. Ce travail intégrera également une exploitation spécifique des paramètres collectés en lien avec la ventilation dans les logements de façon à disposer, à l'échelle nationale, d'un état descriptif le plus complet possible de la **ventilation**. Pour ce dernier point, une étude générale fondée sur des tris à plats sera réalisée pour apprécier les conditions de ventilation en fonction des typologies de systèmes de ventilation et sera suivie, dans un second temps par une étude axée sur certains enregistrements de la base de données pour apprécier le renouvellement d'air de la chambre sur l'ensemble de la semaine et non plus sur la seule période d'occupation nocturne. Enfin une étude complémentaire sur les **risques de condensation des logements** sera également effectuée.

⁴⁹ Kirchner et al, OQAI, programme d'actions détaillés 2003, Rapport CSTB/DDD/SB 2005-012, décembre 2004

- **L'élaboration d'une typologie des logements et comportements des ménages** (regroupement de logements/ménages aux caractéristiques proches) : une classification détaillée du parc de logements / ménages, prenant en compte aussi bien les caractéristiques des bâtiments, des équipements, de l'ameublement, de la décoration intérieure (type de revêtements, présence de plantes, etc.) que des ménages occupant ces logements (nombre de personnes, revenus, habitudes de vie concernant le nettoyage, l'utilisation de produits ménager ou de soins corporels, etc.) sera établie afin de faciliter l'interprétation des résultats obtenus sur les déterminants. Elle intégrera la mise en œuvre d'analyses multidimensionnelles et de cartes topologiques. Ce travail fait suite à l'étude de faisabilité sur un échantillon partiel réalisé dans le cadre d'un stage de Master en Traitement de l'Information et Exploitation de Données, dirigé conjointement par le Laboratoire LOCEAN⁵⁰, l'AFSSET et le CSTB.
- **La recherche systématique des facteurs de pollution** (produits de construction et de consommation, caractéristiques de l'habitat, humidité, condition de ventilation, comportements des occupants, saisons, situation géographique, etc.) : déjà engagée sur le formaldéhyde et la présence d'humidité et de moisissures dans les logements dans le cadre d'études de faisabilité permettant de tester des approches méthodologiques⁵¹, ce travail sera effectué en priorité sur ces 3 paramètres. Il consistera à croiser chaque donnée de pollution avec les informations détaillées collectées dans le même temps sur les caractéristiques techniques des logements et les comportements des occupants. Le résultat de ces analyses seront force de proposition pour le choix des politiques à mettre en œuvre dans ce domaine (limitation des émissions des produits, réglementation technique, conseils aux occupants, ...).
- **La classification des logements vis-à-vis des niveaux de concentration** : les typologies de logements/ménages à risque de pollution seront recherchées sur la base des travaux précédents.
- **L'élaboration d'indices de qualité d'air intérieur** : proposés aux différents acteurs non spécialistes sur la qualité de l'air dans les bâtiments (gestionnaires de bâtiments), ces indices ont pour objet de faciliter la communication (information, sensibilisation) et la gestion de la qualité de l'air intérieur et de suivre les progrès réalisés. Le travail est engagé et fait l'objet d'un groupe de travail spécifique. Une analyse critique des indices existants a été réalisée et les pistes pour l'élaboration des indices (choix des échelles d'application de l'indice, recherche des sous indices, des valeurs de références etc.) sont en cours de définition. Directement lié à la disponibilité des traitements de données précédents (notamment lien entre présence de composés et données descriptives), ce travail sera effectué en lien avec les acteurs concernés par l'utilisation de ces indices.

⁵⁰ Laboratoire d'Océanographie et du Climat Expérimentation et Approches Numériques, unité mixte de recherche dépendant du CNRS, de l'Université Pierre et Marie Curie (Paris VI) et de l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement),

⁵¹ Exploitation de l'enquête logement de l'OQAI, Analyse des déterminants de la qualité d'air intérieur - Premières investigations, Document d'information du conseil de surveillance du 2 mars 2006

- **Un travail spécifique sur les facteurs socio-économiques** : une exploitation spécifique des données sera effectuée avec l'expertise des sciences humaines afin d'élargir la recherche des facteurs de risques techniques sur des aspects plus socio économiques liés aux ménages et à l'organisation des lieux de vie. Un groupe de travail spécifique sera mis en place d'ici la fin de l'année pour définir les pistes à creuser sur la base des données collectées dans la campagne nationale.

Des études sont par ailleurs prévues en collaboration avec des partenariats externes :

- **Evaluation des risques sanitaires** associés aux s dans les logements : l'état de la qualité de l'air intérieur à l'échelle du parc de logements français est aujourd'hui disponible pour l'évaluation, à l'échelle nationale, des risques sanitaires éventuellement associés à ces niveaux de pollution.
- **Elaboration de valeurs guides pour l'air intérieur** : directement utile pour évaluer la pertinence des valeurs guides en cours d'élaboration à l'AFSSET dans le cadre d'un groupe de travail copiloté par le CSTB, l'état de la qualité de l'air intérieur va également permettre de quantifier le nombre de logements français en situation critique au regard de ces valeurs guides et servir de base pour l'élaboration des actions de prévention.
- **Santé allergique et respiratoire** : l'analyse descriptive de l'état de la population en termes d'asthme et d'allergie est en cours par l'INSERM. Ces premières exploitations seront complétées par l'étude des associations entre indicateurs de santé allergique et respiratoire et exposition aux polluants ainsi qu'une analyse géographique des données (épidémiologie spatiale descriptive).
- **Analyse spécifique des niveaux de monoxyde de carbone dans l'air alvéolaire** : l'InVS coordonne actuellement l'exploitation des données collectées sur le CO dans l'air alvéolaire avec pour objectif (1) d'étudier l'imprégnation instantanée de la population au monoxyde de carbone, (2) d'estimer la prévalence de l'intoxication chronique par le CO, (3) d'estimer la relation entre l'imprégnation au CO d'une part, les niveaux de CO mesurés dans l'atmosphère, d'autre part, et l'existence d'un tabagisme actif et passif et (4) d'évaluer la faisabilité de mettre en œuvre des investigations visant à prévenir les intoxications aiguës déclenchées suite à un taux élevé de CO dans l'air expiré.
- **Analyse spécifique des données radon et rayonnement gamma** : L'InVS coordonne actuellement, en lien avec l'IRSN, l'analyse des données liées au radon et au rayonnement gamma pour étudier la corrélation du radon avec le rayonnement gamma ainsi que la corrélation du radon avec des facteurs pouvant influencer sur la concentration de radon (mauvaise ventilation, tabagisme, caractéristiques de l'habitat).

ANNEXES

ANNEXE 1

REPARTITION DES 567 LOGEMENTS INVESTIGUES ENTRE LE 1^{ER} OCTOBRE 2003 ET LE 21 DECEMBRE 2005

N° de département	Département	Nom de la commune	Nombre de logements enquêtés
01	Ain	OYONNAX	9
02	Aisne	ESTRÉES	7
02	Aisne	SOISSONS	10
06	Alpes-Maritimes	NICE	4
08	Ardennes	MONTIGNY-SUR-MEUSE	7
09	Ariège	PAMIERS	10
10	Aube	TORCY-LE-GRAND	7
11	Aude	VILLEMUSTAUSOU	7
13	Bouches-du-Rhône	MARSEILLE	6
17	Charente-Maritime	ST-SAVINIEN	10
18	Cher	DUN-SUR-AURON	8
22	Côtes-d'Armor	LA HARMOYE	10
25	Doubs	CHAFFOIS	9
26	Drôme	AOUSTE-SUR-SYE	10
26	Drôme	ST-VALLIER	9
28	Eure-et-Loir	BÉVILLE-LE-COMTE	6
29	Finistère	DOUARNENEZ	10
30	Gard	CONGENIÈS	9
31	Haute-Garonne	ST-ORENS-DE-GAMEVILLE	9
31	Haute-Garonne	TOULOUSE	4
32	Gers	PUYLAUSIC	10
33	Gironde	BORDEAUX	2
34	Hérault	FRONTIGNAN	9
34	Hérault	MONTPELLIER	1
35	Ille-et-Vilaine	RENNES	3
36	Indre	VIGOUX	8
37	Indre-et-Loire	ROCHECORBON	6
38	Isère	AUTRANS	10
42	Loire	COLOMBIER	10
42	Loire	VILLARS	8
44	Loire-Atlantique	NANTES	4
45	Loiret	AMILLY	9
49	Maine-et-Loire	ANGERS	10
49	Maine-et-Loire	CHOLET	8
50	Manche	COUTANCES	9
50	Manche	EQUEURDEVILLE- HAINNEVILLE	4

N° de département	Département	Nom de la commune	Nombre de logements enquêtés
50	Manche	VIRANDEVILLE	9
52	Haute-Marne	LOUVEMONT	6
53	Mayenne	LOUVERNÉ	7
59	Nord	LILLE	2
59	Nord	MASNIÈRES	6
60	Oise	ST-SAUVEUR	5
62	Pas-de-Calais	AUCHY-LES-MINES	8
62	Pas-de-Calais	BULLY-LES-MINES	10
62	Pas-de-Calais	ST-ETIENNE-AU-MONT	8
63	Puy-de-Dôme	CLERMONT-FERRAND	10
65	Hautes-Pyrénées	TARBES	9
67	Bas-Rhin	BISCHWILLER	7
67	Bas-Rhin	LINGOLSHEIM	9
67	Bas-Rhin	STRASBOURG	3
69	Rhône	LYON	5
69	Rhône	OULLINS	9
69	Rhône	VAULX-EN-VELIN	8
75	Paris	PARIS	30
76	Seine-Maritime	VILLEQUIER	7
77	Seine-et-Marne	EMERAINVILLE	9
77	Seine-et-Marne	ST-PIERRE-LÈS-NEMOURS	9
78	Yvelines	LA CELLE-ST-CLOUD	7
78	Yvelines	LE PECQ	7
82	Tarn-et-Garonne	MOLIÈRES	8
83	Var	SIX-FOURS-LES-PLAGES	9
83	Var	ST-RAPHAËL	8
85	Vendée	LONGEVILLE-SUR-MER	10
87	Haute-Vienne	ORADOUR-SUR-GLANE	9
92	Hauts-de-Seine	CHATILLON	6
92	Hauts-de-Seine	PUTEAUX	5
92	Hauts-de-Seine	VANVES	5
93	Seine-Saint-Denis	EPINAY-SUR-SEINE	3
93	Seine-Saint-Denis	GAGNY	6
93	Seine-Saint-Denis	ROSNY-SOUS-BOIS	9
94	Val-de-Marne	ST-MANDÉ	7
94	Val-de-Marne	ST-MAUR-DES-FOSSÉS	7
94	Val-de-Marne	ST-MAURICE	7
95	Val-d'Oise	ARGENTEUIL	6
		Nombre total de résidences principales enquêtées entre le 1^{er} octobre 2003 et le 21 décembre 2005.	567

ANNEXE 2

DESCRIPTIF SYNTHETIQUE DE LA CAMPAGNE NATIONALE LOGEMENTS



TYPE DE SITES : 567 logements (résidences principales)

ECHANTILLONNAGE : sondage à trois degrés (communes, sections cadastrales, logements) assurant in fine à chaque résidence principale la même probabilité d'être tirée au sort.

DONNEES RECUEILLIES

DESCRIPTIF DES BATIMENTS ET DE LEUR ENVIRONNEMENT :

Logements : situation générale et environnement extérieur, caractéristiques physiques de l'immeuble, taille du logement, dépendances, chauffage, équipement sanitaire, aération du logement, travaux, description des pièces...

DESCRIPTIF DES MENAGES ET DE LEURS ACTIVITES :

Ménages : composition, installation dans le logement, statut d'occupation, occupation actuelle, activités, ressources nettes...

Temps passé et activités associées :

- Semainiers : pas de temps de 10 min tous les jours de la semaine (lieux fréquentés).
- Carnets journaliers : pas de temps de 10 min, un jour de la semaine (lieux fréquentés et activités).

Indicateurs de santé respiratoire et allergique (occupants ≥ 15 ans): questions basées sur les travaux du ECRHS (European Community Respiratory Health Survey) et du SFAR (Score For Allergic Rhinitis).

NIVEAUX DE MESURE

Paramètres mesurés à l'intérieur et à l'extérieur des sites investigués avec des stratégies d'échantillonnage spécifiques :

- ✓ **Allergènes d'animaux :** allergènes de chat (*Fel d 1*) et de chien (*Can f 1*) dans l'air et allergènes d'acariens (*Der p 1, Der f 1*) dans les poussières de matelas
- ✓ **Monoxyde de carbone (CO) :** dans l'environnement et dans l'air expiré (occupant ≥ 6 ans)
- ✓ **Composés organiques volatils (COV) et aldéhydes**
 - Hydrocarbures aromatiques :* benzène, toluène, m/p xylène, o-xylène, 1,2,4- triméthylbenzène, éthylbenzène, styrène,
 - Hydrocarbures aliphatique :* n-décane, n-undécane
 - Hydrocarbures halogénés :* trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, 1,4-dichlorobenzène
 - Ethers de glycol :* 2PG1ME (1-métoxy 2-propanol) et son acétate, EGBE (2 butoxyéthanol) et son acétate
 - Aldéhydes :* formaldéhyde, acétaldéhyde, hexaldéhyde, acroléine
- ✓ **Particules inertes : PM_{10} , et $PM_{2,5}$**
- ✓ **Radon et Rayonnement gamma**

PARAMETRES DE CONFORT/CONFINEMENT MESURES

- ✓ **Dioxyde de carbone (CO_2)**
- ✓ **Température et humidité relative**
- ✓ **Débit d'air extrait aux bouches de ventilation sur conduit spécifique**

REPERAGE D'ELEMENTS NECESSITANT UN DIAGNOSTIC CO

Procédure mise en œuvre dès l'entrée dans les logements équipés d'appareil(s) à combustion pour repérer les éléments nécessitant un diagnostic « monoxyde de carbone » et éviter les situations d'intoxications aiguës : mesurage du CO au niveau de tous les appareils à combustion et questionnaires descriptifs complétés par le technicien-enquêteur lors des deux visites du logement.

ANNEXE 3

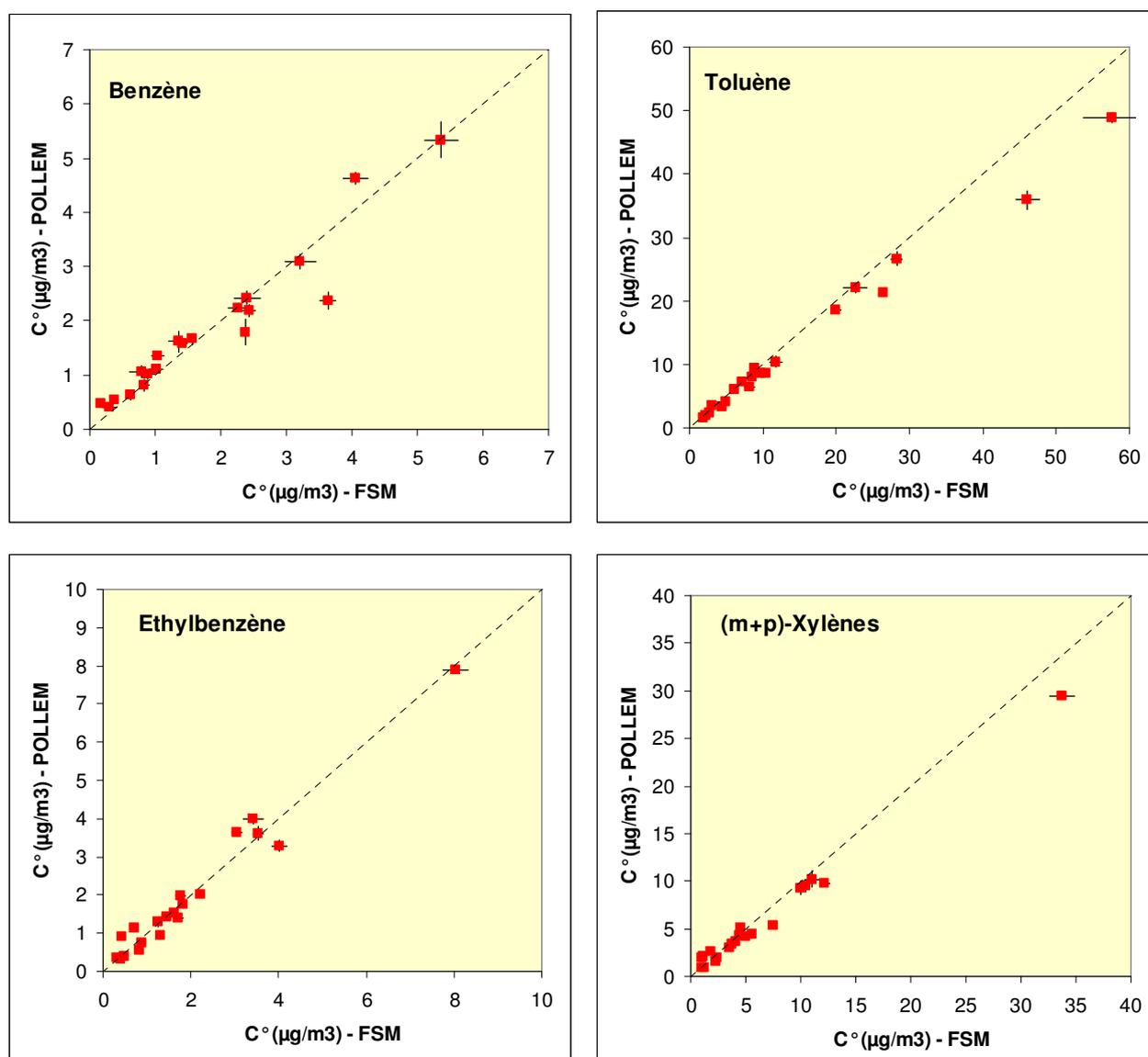
PROTOCOLES DE PRELEVEMENT

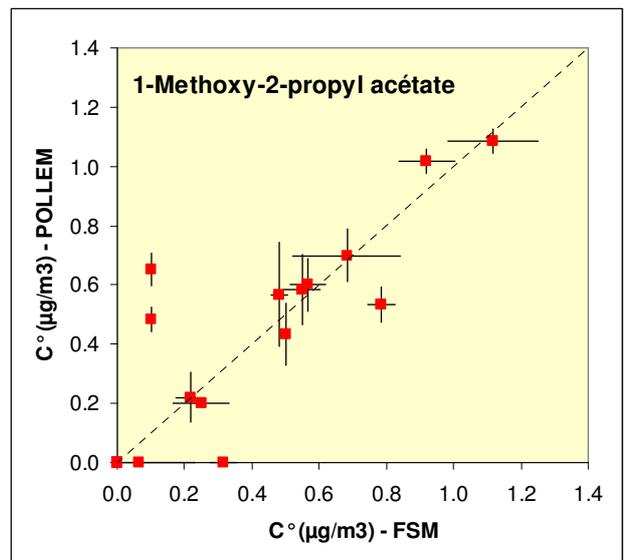
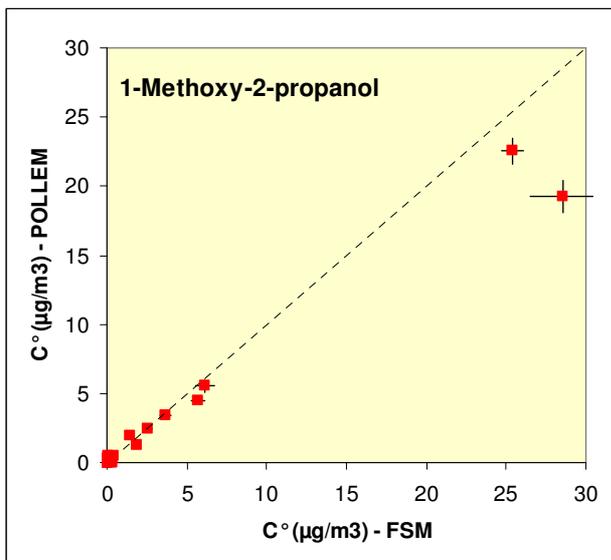
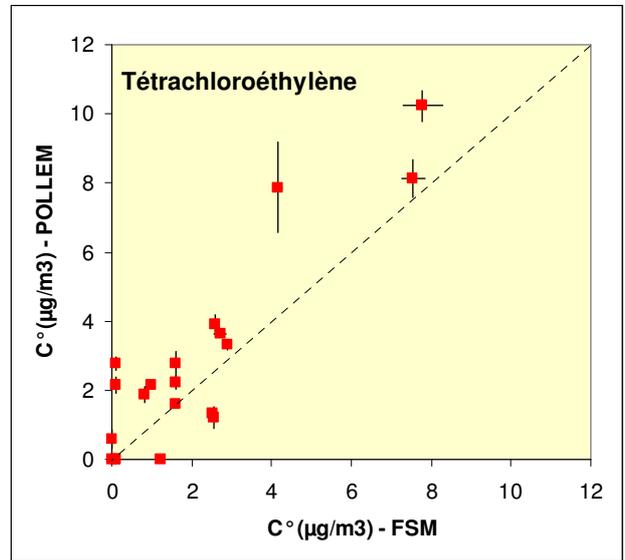
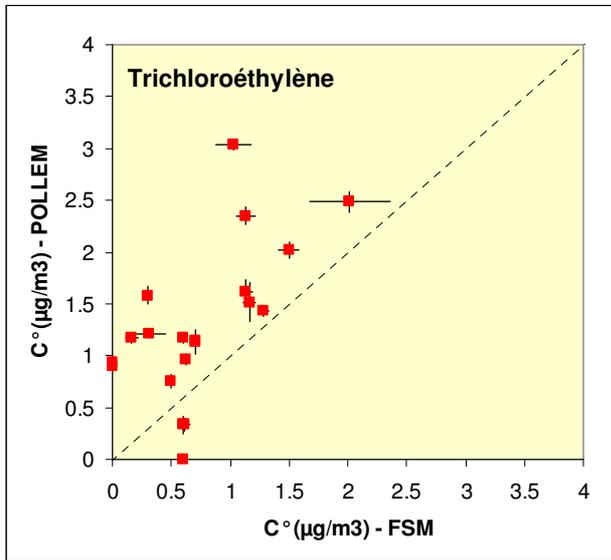
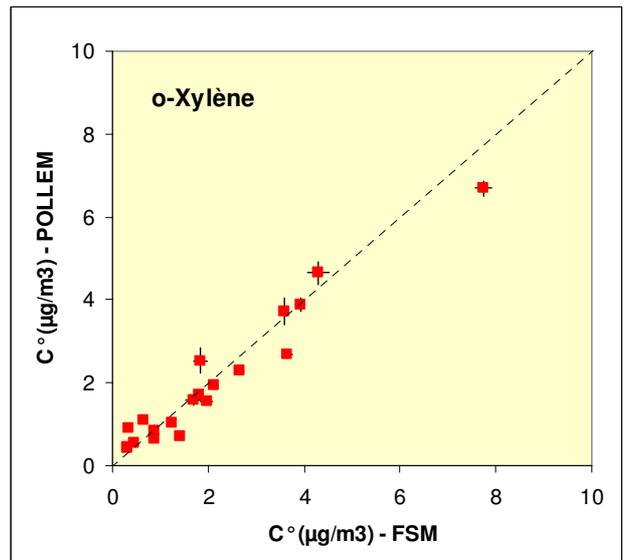
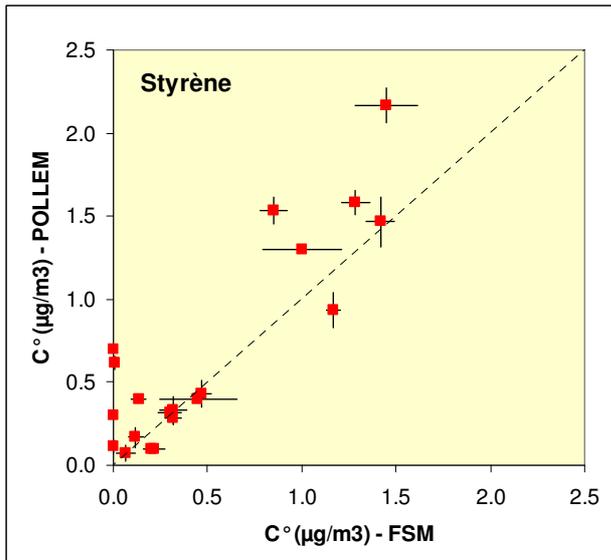
<i>Paramètres</i>	<i>Prélèvement et analyse</i>	<i>Lieu de prélèvement</i>	<i>Durée du prélèvement</i>
COV	prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire	chambre, extérieur, garage attenant (sauf aldéhydes)	intégré sur la semaine
CO environnemental	appareil enregistreur	séjour, extérieur et toute pièce avec appareil à combustion	toutes les 5 minutes pendant une semaine
CO dans l'air alvéolaire	mesurage instantané	tous les occupants de plus de 6 ans volontaires lors des visites	Ponctuel (quelques secondes), à la première et à la seconde visite du logement
Radon	prélèvement sur badge et analyse en laboratoire	chambre et séjour	intégré sur 2 mois
Rayonnement gamma	mesurage instantané	séjour	ponctuel (minimum 45 minutes)
Allergènes (d'acariens, de chat et de chien)	aspiration d'air ou de poussière, extraction, puis analyse en laboratoire	séjour (air - chat et chien) chambre (poussières du matelas de la chambre investiguée - acariens)	ponctuel (5 à 10 min pour les acariens, 1h pour les allergènes de chat et de chien)
Particules inertes (PM_{2,5} et PM₁₀)	aspiration d'air "filtrage et impaction" puis analyse en laboratoire	séjour	de 17h à 8h les jours de semaine et pendant 24h le WE
CO₂	appareil enregistreur	chambre	toutes les 10 minutes pendant une semaine
Température et humidité relative	appareil enregistreur	chambre et séjour	toutes les 10 minutes pendant une semaine
Débits d'air extrait	mesurage instantané	Bouches d'extraction d'air accessibles des systèmes de ventilation naturelle ou de VMC	ponctuel (instantanée)

ANNEXE 4

ASSURANCE QUALITE : COMPARAISON DES MESURES DE COV PAR LES DEUX LABORATOIRES

L'adéquation des concentrations mesurées entre les 2 laboratoires est représentée pour chaque COV sur des courbes à 2 entrées. Un point représente la moyenne des 6 prélèvements intérieurs ou extérieurs analysés par chaque laboratoire. Une parfaite adéquation conduirait à des points parfaitement alignés sur la bissectrice représentée en pointillés. L'écart-type de chaque mesure est représentée par laboratoire pour chaque point sous forme de barre d'erreur.





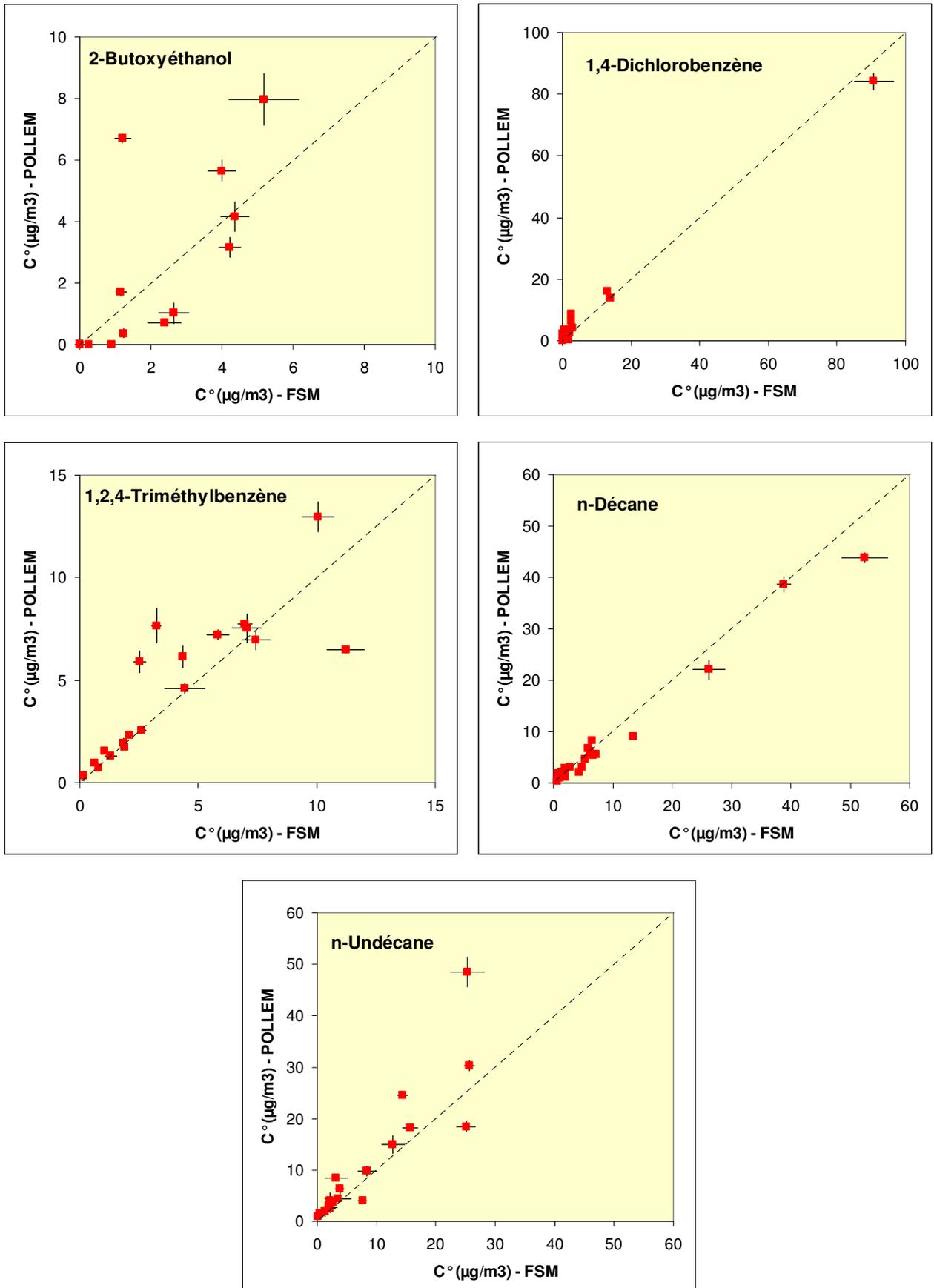


Figure 17 : Comparaison des concentrations mesurées par chaque laboratoire pour chaque COV.

ANNEXE 5

ASSURANCE QUALITE : REPRODUCTIBILITES ESTIMEES SELON LES REPLICATS INTERIEURS ET EXTERIEURS

Les valeurs grisées sont inférieures aux limites de quantification.

ALDEHYDES

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	Moyenne	Incertitude	Incertitude %	Moyenne	Incertitude	Incertitude %
Acétaldéhyde	3,37	0,66	19%	0,70	1,04	142%
	6,92	0,70	10%	1,19	0,33	27%
	7,50	1,74	23%	1,19	0,21	17%
	9,98	1,66	16%	1,30	0,29	22%
	12,38	5,07	41%	1,40	0,23	16%
	14,03	1,63	12%	1,59	0,33	20%
	15,40	3,58	23%	1,75	0,38	21%
	16,93	2,01	12%	1,75	0,21	12%
	20,15	2,34	12%	2,22	1,34	59%
	21,53	4,50	21%	2,52	0,30	12%

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	Moyenne	Incertitude	Incertitude %	Moyenne	Incertitude	Incertitude %
Acroléine	0,47	0,00	0%	0,00	0,15	438%
	0,47	0,00	0%	0,02	0,12	139%
	0,72	0,15	21%	0,06	0,12	99%
	0,77	0,25	32%	0,07	0,15	110%
	1,00	0,34	33%	0,11	0,15	88%
	1,09	0,21	19%	0,14	0,00	0%
	1,15	0,21	18%	0,14	0,00	0%
	1,77	0,31	17%	0,24	0,00	0%
	1,97	0,31	15%	0,26	0,12	36%
	3,55	2,29	64%	0,62	0,49	71%

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	Moyenne	Incertitude	Incertitude %	Moyenne	Incertitude	Incertitude %
Formaldéhyde	2,74	0,68	23%	1,47	0,23	15%
	11,20	0,63	6%	1,53	0,34	21%
	18,30	1,08	6%	2,07	0,46	21%
	18,50	2,49	13%	2,07	0,34	16%
	19,27	2,73	14%	2,15	0,24	11%
	34,84	5,57	16%	2,48	0,42	16%
	40,27	4,17	10%	2,93	0,23	8%
	46,99	7,34	16%	3,22	0,28	8%
	58,22	9,37	16%	3,30	0,62	18%
	60,94	12,84	21%	3,78	0,45	12%

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	Moyenne	Incertitude	Incertitude %	Moyenne	Incertitude	Incertitude %
Hexaldéhyde	3,35	1,14	34%	0,29	0,21	67%
	5,78	0,95	16%	0,49	0,12	22%
	9,00	1,24	14%	0,52	0,30	54%
	10,70	1,51	14%	0,57	0,31	52%
	12,30	2,23	18%	0,67	0,59	85%
	12,95	1,11	9%	0,77	0,62	77%
	24,70	3,53	14%	0,89	0,58	63%
	29,88	5,78	19%	0,95	0,21	22%
	34,03	6,06	18%	0,97	0,62	62%
	34,45	5,40	16%	1,02	0,35	33%

HYDROCARBURES

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	Moyenne	Incertitude	Incertitude %	Moyenne	Incertitude	Incertitude %
Benzène	0,47	0,94	202%	0,33	1,53	467%
	0,92	0,42	46%	0,35	0,84	239%
	1,19	0,47	40%	0,63	0,43	68%
	1,48	1,03	69%	0,82	0,23	28%
	1,61	1,16	72%	0,95	0,30	31%
	2,26	0,35	15%	1,06	0,26	25%
	2,41	0,48	20%	1,50	0,75	50%
	3,16	0,54	17%	2,09	1,19	57%
	4,34	1,62	37%	2,31	0,57	25%
	5,35	0,89	17%	3,00	2,57	86%

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	Moyenne	Incertitude	Incertitude %	Moyenne	Incertitude	Incertitude %
1,4-Dichlorobenzène	1,13	4,51	400%	0,13	3,82	2866%
	2,00	8,49	424%	0,70	2,80	401%
	2,66	3,44	129%	0,78	2,11	273%
	2,78	2,89	104%	0,93	1,69	183%
	3,61	4,54	126%	1,01	2,84	281%
	4,47	7,67	172%	1,02	5,14	506%
	5,63	7,96	141%	1,63	0,37	23%
	13,97	4,52	32%	2,32	1,40	61%
	14,62	5,95	41%	2,34	1,26	54%
	87,43	17,56	20%	2,38	2,37	100%

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	Moyenne	Incertitude	Incertitude %	Moyenne	Incertitude	Incertitude %
Ethylbenzène	0,92	0,87	95%	0,33	1,11	340%
	1,27	0,90	71%	0,36	1,30	359%
	1,45	0,36	25%	0,44	0,80	184%
	1,57	0,81	52%	0,67	0,91	136%
	1,87	0,33	18%	0,70	0,25	35%
	3,35	2,62	78%	0,82	0,55	67%
	3,58	0,85	24%	1,13	0,91	81%
	3,66	0,69	19%	1,56	0,42	27%
	3,70	1,23	33%	1,80	0,22	12%
	7,96	0,60	8%	2,12	0,83	39%

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	Moyenne	Incertitude	Incertitude %	Moyenne	Incertitude	Incertitude %
Décane	2,42	4,12	171%	0,58	2,73	472%
	3,98	1,20	30%	1,05	1,25	119%
	6,07	3,13	52%	1,39	3,75	270%
	6,14	1,33	22%	1,56	1,93	124%
	6,30	4,07	65%	1,64	1,60	98%
	7,38	3,77	51%	2,07	0,68	33%
	11,19	6,21	55%	3,01	1,07	36%
	24,13	8,42	35%	3,23	2,01	62%
	38,72	3,86	10%	4,97	1,64	33%
	48,16	16,51	34%	6,40	0,82	13%

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	Moyenne	Incertitude	Incertitude %	Moyenne	Incertitude	Incertitude %
Undécane	3,94	4,41	112%	0,62	2,84	460%
	5,08	7,02	138%	1,07	4,95	462%
	5,80	14,29	246%	1,58	3,54	225%
	9,12	3,86	42%	2,34	2,01	86%
	13,91	7,67	55%	2,40	2,54	106%
	16,98	6,36	37%	2,52	2,07	82%
	19,48	20,19	104%	2,71	2,17	80%
	21,77	11,24	52%	3,12	5,99	192%
	27,97	8,56	31%	3,14	1,32	42%
	36,89	47,10	128%	5,87	5,59	95%

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	Moyenne	Incertitude	Incertitude %	Moyenne	Incertitude	Incertitude %
Styrène	0,30	0,35	117%	0,06	1,14	1948%
	0,31	2,12	678%	0,07	0,74	1045%
	0,35	1,40	400%	0,14	0,26	187%
	0,45	0,32	71%	0,15	0,40	267%
	1,05	0,51	49%	0,15	1,00	667%
	1,15	0,38	33%	0,16	0,20	128%
	1,19	1,79	150%	0,27	0,44	165%
	1,43	1,22	85%	0,31	0,14	46%
	1,44	0,32	22%	0,33	0,31	95%
	1,81	1,48	82%	0,43	0,39	92%

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	Moyenne	Incertitude	Incertitude %	Moyenne	Incertitude	Incertitude %
Tétrachloroéthylène	0,00	0,00	--	0,05	0,38	752%
	0,05	0,43	852%	0,29	1,28	438%
	1,13	4,92	437%	0,61	2,43	400%
	1,57	2,27	144%	1,35	2,12	157%
	1,59	0,14	9%	1,44	5,38	373%
	1,88	2,73	145%	1,92	1,06	55%
	2,18	1,95	89%	1,93	2,41	125%
	3,26	2,68	82%	3,11	0,97	31%
	6,02	7,79	129%	3,18	1,89	59%
	9,01	5,05	56%	7,85	1,52	19%

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	Moyenne	Incertitude	Incertitude %	Moyenne	Incertitude	Incertitude %
Toluène	7,17	0,78	11%	1,72	2,14	125%
	7,32	2,29	31%	2,03	1,88	92%
	9,12	2,70	30%	2,58	2,18	84%
	11,08	3,45	31%	3,35	0,87	26%
	19,33	1,57	8%	3,88	1,33	34%
	22,33	3,49	16%	4,48	0,90	20%
	23,86	7,81	33%	6,17	0,83	13%
	27,43	4,30	16%	8,29	0,96	12%
	40,98	17,96	44%	9,15	2,24	25%
	53,28	17,21	32%	9,44	4,37	46%

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	Moyenne	Incertitude	Incertitude %	Moyenne	Incertitude	Incertitude %
Trichloroéthylène	0,47	1,87	401%	0,30	1,20	400%
	0,63	1,32	210%	0,45	1,80	400%
	0,80	0,69	87%	0,47	0,68	146%
	0,88	1,14	129%	0,48	0,37	77%
	0,92	0,72	79%	0,67	1,81	270%
	0,94	3,78	402%	0,77	1,82	237%
	1,34	0,79	59%	0,93	0,91	98%
	1,74	2,44	140%	1,36	0,32	24%
	1,76	1,58	90%	1,38	0,95	69%
	2,03	4,01	197%	2,25	1,13	50%

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	Moyenne	Incertitude	Incertitude %	Moyenne	Incertitude	Incertitude %
1,2,4-Triméthylbenzène	1,89	1,96	104%	0,25	1,76	715%
	4,23	6,46	153%	0,77	0,22	28%
	5,23	4,51	86%	0,80	2,06	257%
	5,45	7,32	134%	1,30	0,68	52%
	6,52	4,64	71%	1,30	0,64	49%
	7,20	1,56	22%	1,82	1,35	75%
	7,30	2,81	39%	2,21	0,50	23%
	7,36	2,72	37%	2,61	0,59	23%
	11,51	6,12	53%	4,52	2,22	49%
	24,73	5,39	22%	8,85	9,15	103%

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	Moyenne	Incertitude	Incertitude %	Moyenne	Incertitude	Incertitude %
(m+p)-Xylènes	2,25	1,62	72%	0,97	2,71	279%
	3,59	2,61	73%	1,07	1,61	150%
	3,86	2,12	55%	1,48	1,88	127%
	4,38	0,69	16%	1,63	1,88	116%
	4,78	0,79	16%	1,88	0,43	23%
	9,59	2,45	26%	2,17	1,79	83%
	9,93	1,71	17%	3,22	2,62	81%
	10,61	2,58	24%	4,58	0,86	19%
	10,96	2,82	26%	5,04	2,32	46%
	31,59	6,54	21%	6,43	4,64	72%

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	<i>Moyenne</i>	<i>Incertitude</i>	<i>Incertitude %</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Incertitude</i>	<i>Incertitude %</i>
o-Xylène	0,88	0,91	104%	0,37	1,45	391%
	1,06	2,37	224%	0,38	1,11	295%
	1,63	0,87	53%	0,50	1,06	212%
	1,76	0,78	44%	0,62	1,04	168%
	2,18	0,92	42%	0,76	0,29	38%
	3,18	0,59	19%	0,87	0,96	110%
	3,65	0,91	25%	1,13	1,41	124%
	3,90	1,58	40%	1,76	0,29	17%
	4,48	0,96	22%	2,03	0,39	19%
	7,21	1,14	16%	2,47	1,15	47%

ETHERS DE GLYCOL

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	<i>Moyenne</i>	<i>Incertitude</i>	<i>Incertitude %</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Incertitude</i>	<i>Incertitude %</i>
2-Butoxyéthanol	0,00	0,00	--	0,00	0,00	--
	0,80	1,76	220%	0,00	0,00	--
	1,43	1,12	78%	0,00	0,00	--
	1,54	3,48	226%	0,00	0,00	--
	1,83	3,42	186%	0,00	0,00	--
	3,70	1,87	50%	0,00	0,00	--
	3,96	10,98	277%	0,00	0,00	--
	4,26	1,23	29%	0,00	0,00	--
	4,83	3,43	71%	0,13	0,60	450%
	6,57	5,76	88%	0,45	1,80	400%

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	<i>Moyenne</i>	<i>Incertitude</i>	<i>Incertitude %</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Incertitude</i>	<i>Incertitude %</i>
1-Méthoxy-2-propanol	0,16	0,64	403%	0,00	0,00	--
	0,18	0,71	404%	0,00	0,00	--
	1,59	1,13	71%	0,02	0,16	980%
	1,69	1,13	67%	0,02	0,16	973%
	2,52	0,55	22%	0,03	0,23	693%
	3,58	0,93	26%	0,08	0,32	422%
	5,10	2,63	52%	0,13	0,53	400%
	5,84	1,85	32%	0,29	0,51	176%
	23,90	15,76	66%	0,32	0,87	275%
	23,99	6,07	25%	0,43	0,13	29%

	<i>Intérieur</i>			<i>Extérieur</i>		
	<i>Moyenne</i>	<i>Incertitude</i>	<i>Incertitude %</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Incertitude</i>	<i>Incertitude %</i>
1-Méthoxy-2-propyl acétate	0,00	0,00	--	0,00	0,00	--
	0,00	0,00	--	0,00	0,00	--
	0,38	1,11	295%	0,00	0,00	--
	0,47	0,23	50%	0,00	0,00	--
	0,53	0,36	69%	0,03	0,33	980%
	0,57	0,25	43%	0,16	0,64	403%
	0,58	0,20	34%	0,22	0,16	71%
	0,66	0,42	64%	0,23	0,18	81%
	0,97	0,24	25%	0,29	0,77	264%
	1,10	0,26	24%	0,69	0,34	49%

ANNEXE 6

ASSURANCE QUALITE : INCERTITUDES DE MESURE

Les valeurs grisées représentent des valeurs hors domaine d'étalonnage. Le calcul de l'incertitude ne tient pas compte de l'approximation apportée par l'extrapolation au-delà du domaine de mesure. Par conséquent, les incertitudes de mesure liées à ces valeurs sont sous-estimées.

	Concentration (µg/m ³)	Incertaince (µg/m ³)	Incertaince %
Formaldéhyde	1,65	1,92	117%
	9,61	2,41	25%
	17,9	4,03	22%
	39,03	7,81	20%
	85	20,2	24%
Acétaldéhyde	0,12	0,73	622%
	6,45	1,53	24%
	11,07	3,92	35%
	21,12	5,27	25%
	94	23,4	25%
Acroléine	0,27	0,1	39%
	0,47	0,11	23%
	1,08	0,27	27%
	1,97	0,46	23%
	13	6,43	49%
Hexaldéhyde	0,32	0,31	97%
	5,81	1,54	27%
	12,99	3,16	24%
	34,45	8,95	26%
	368	95,6	26%

	Concentration (µg/m ³)	Incertitude (µg/m ³)	Incertitude %
Benzène	1,10	0,37	34%
	< LQ	--	--
	2,10	0,53	25%
	5,70	1,26	22%
	22	4,64	21%
Toluène	1,30	1,1	85%
	4,50	1,43	32%
	12,20	2,63	22%
	46,90	9,7	21%
	414	85,7	21%
Ethylbenzène	0,9	0,56	62%
	1,0	0,57	57%
	2,3	0,7	30%
	7,5	1,63	22%
	85	20,1	24%
(m+p)-Xylènes	1,50	1,06	71%
	2,30	1,11	48%
	5,60	1,52	27%
	22,00	5,62	26%
	232	50,7	22%
o-Xylène	0,6	0,44	73%
	1,0	0,53	53%
	2,3	0,94	41%
	8,1	3,07	38%
	112	26,0	23%

	Concentration (µg/m ³)	Incertitude (µg/m ³)	Incertitude %
Styrène	0,3	0,22	73%
	0,5	0,25	50%
	1,0	0,36	36%
	2,0	0,64	32%
	35	10,5	30%
1,2,4-Triméthylbenzène	0,1	0,56	560%
	1,7	0,63	37%
	4,1	0,96	23%
	13,7	3,33	24%
	111	23,1	21%
Trichloroéthylène	1,0	1,22	122%
	< LQ	--	--
	1,0	1,22	122%
	3,3	1,32	40%
	4000	818	20%
Tétrachloroéthylène	1,2	0,88	73%
	< LQ	--	--
	1,4	0,91	65%
	5,2	2,08	40%
	684	141	21%
1,4-Dichlorobenzène	0,20	0,47	235%
	1,00	0,52	52%
	4,20	1,13	27%
	68,50	17,4	25%
	4800	1218	25%

	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Incertitude ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Incertitude %
Décane	0,2	0,84	420%
	1,9	1,05	55%
	5,3	2,01	38%
	29,1	9,87	34%
	1700	487	29%
Undécane	1,4	3,84	274%
	2,2	5,42	246%
	6,2	14,2	229%
	24,3	17,5	72%
	500	358,5	72%
1-Méthoxy-2-propanol	1,8	2,53	141%
	< LQ	--	--
	1,9	2,66	140%
	10,8	5,95	55%
	170	93,9	55%
1-Méthoxy-2-propyl acétate	2,2	1,36	62%
	< LQ	--	--
	< LQ	--	--
	< LQ	--	--
	39	20,8	53%
2-Butoxyéthanol	1,5	2,76	184%
	< LQ	--	--
	1,6	2,89	181%
	5,5	3,57	65%
	60	37,2	62%

ANNEXE 7

METHODE DE CALCUL DES INTERVALLES DE CONFIANCE A 95% DES PERCENTILES

Les intervalles de confiance bilatéraux symétriques à 95 % (niveau de confiance) des percentiles P10, P25, P50 (médiane), P75, P90 et P95 sont déterminés en tenant compte de particularités de l'enquête OQAI sur la qualité de l'air intérieur des logements :

- les logements ont été échantillonnés par tirage sans remise à plusieurs degrés avec une probabilité proportionnelle à la taille (nombre de résidences principales) ;
- les intervalles des quantiles qui correspondent à des proportions binomiales ne peuvent pas être déterminés par approximation d'une loi normale (extrémités de la distribution, nombre d'observations).

Les intervalles de confiance des percentiles ont été déterminés en trois étapes.

Etape 1 :

Le premier degré de l'échantillonnage est le tirage de 74 communes, dont 63 communes réparties entre 32 groupes (croisement de huit zones géographiques et quatre tailles d'unité urbaine) et les onze communes ayant plus de 100 000 résidences principales en 2001 (source : FILOCOM). Ces communes constituent les unités statistiques primaires. L'échantillon final conduit à retenir 41 strates de premier degré.

Pour un percentile, l'écart-type se_p de la proportion p correspondante est estimé par linéarisation de Taylor (CLAN 97) sur l'échantillon.

Pour tenir compte de la méthode de sondage à plusieurs degrés on détermine la « taille effective de l'échantillon »⁵².

Etape 2 :

Trois méthodes ont été utilisées pour déterminer un intervalle de confiance de la proportion p en utilisant la taille effective de l'échantillon :

- l'intervalle de Clopper-Pearson ;
- un intervalle de Jeffreys modifié ;
- l'intervalle d'Agresti-Coull ;
- l'intervalle de Wilson.

Eu égard au nombre effectif d'observations on retient l'intervalle d'Agresti-Coull⁵³. Il faut toutefois remarquer que les quatre intervalles sont en général très voisins.

Etape 3 :

Les bornes des percentiles sont déterminées en recherchant les valeurs qui correspondent aux proportions basse et haute de l'intervalle déterminé à la précédente étape.

⁵² Voir Korn E. L. , Graubard B. I. (1998) : Confidence Intervals for Proportions with Very Small Expected Number of Positive Counts Estimated from Complex Survey Data, *Journal of the American Statistical Association*, 83, 231-241.

⁵³ Voir Brown L. B., Cai T. T. and DasGupta A. (2001) : Interval Estimation for a Binomial Proportion, *Statistical Science*, Vol. 16, No. 2, 101-133.

ANNEXE 8

DONNEES DE LA LITTERATURE NATIONALE ET INTERNATIONALE

Sources et références :

- Luc Mosqueron, Vincent Nedellec « Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments : actualisation des données sur la période 1990-2001 ». CSTB DDD/SB-2002-23, décembre 2001.
- Luc Mosqueron, Vincent Nedellec « Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments : actualisation des données sur la période 2001-2004 ». CSTB DDD/SB-2004-44, octobre 2004.
- Luc Mosqueron, Vincent Nedellec « Revue des enquêtes sur la qualité de l'air intérieur dans les logements en Europe et aux Etats-Unis ». CSTB DDD/SB-2004-45, octobre 2004.

Concentrations moyennes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en NO₂, BTEX, formaldéhyde, acétaldéhyde et PM_{2,5} mesurées dans l'air intérieur des bâtiments en France au cours de la période 2001-2004

Nom de l'étude et/ou laboratoire responsable	Type de bâtiment*	Ville ou région	Sous-groupe de population, de bâtis ou saison	BTEX						Aldéhydes		PM2.5
				NO ₂	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	Formaldéhyde	Acétaldéhyde		
VESTA	H	Grenoble	Enfants asthmatiques/ non asthmatiques	36,8/30,7								29,3/27,8
		Nice		50,5/34,7								18,5/22,9
		Toulouse		13,0/16,0								10,3/8,5
		Paris		37,7/41,0								27,3/21,8
		Clermont		26,7/23,6								
		<i>Total</i>		38,4/34,0							22,8/21,9	
Sentinelles	H	Lille	Hiver/Été	37/27								
		Dunkerque		37/26								
		Marseille		42/-	5,9/4,1	33,7/21,9	14,4/5,3	51,1/20,9	1,5/7,0	1,4/4,7	37,0/22,4	
		Grenoble			-/2	-/30	-/5	-/17				
LHVP-LHSP	H	Paris	Appartements						27,7	11,2		
LHVP-LHSP	H	Paris	Appartements et maisons		4,1	39	5,7	22	-	-		
EXBE	H	Rouen	Chambre enfants		10,9							
			Chambre parents		9,1							
Drassif-LHVP	C	Paris	Salle des enfants	40	2,1				14,9			
			Cuisine	48	2,3				11,7			
EXBE	C	Rouen		-	7,9 à 35,5				-			
Atmos'air	C	Bourgogne	Printemps (P) été (E)	5 à 6,5 (P) et 12,4 à 14,5 (E)	0,5 (E) à 1,2 (P)	2,9 (E) à 3,8 (P)	0,6 (E) à 2,4 (P)	2,6 (E) à 6,2 (P)	20,1 (P) à 39,6 (E)	6,9 (E) à 31,5 (P)		
INERIS	E	Oise ?							20 à 25	6 à 7		
ISAAC	E	6 villes		20 à 31 ⁽¹⁾					22 à 32 ⁽¹⁾		10 à 20 ⁽¹⁾	
Atmos'air	E	Bourgogne	Printemps	14,6 à 32,9	0,9 à 3,1	6,9 à 12,5	2 à 9,3	5,1 à 56,9				
EDF-CETIAT	B	Paris		5,4 à 56,4					20 à 500		< 30 ⁽²⁾	
LHVP-LHSP	B	Paris			3,5	25	5,5	17	-	-		
Atmos'air	ERP	Bourgogne	Mairie	16,8 (P) à 19,1 (E)	0,6 (E) à 1,3 (P)	2,1 (P) à 3,4 (E)	0,4 (E) à 0,5 (P)	2,0 (E) à 35,2 (P)	17,8 (P) à 41,6 (E)	9,1 (E) à 17,8 (P)	-	
			Bar	52,5 (P) à 68,4 (E)	1,9 (E) à 7,6 (P)	9,7 (E) à 21, (P)	1,7 (E) à 4,3 (P)	7,4 (E) à 16,6 (P)	21,8 (E) à 44,4 (P)	16,1 (E) à 71,3 (P)	-	
			Salle de sport	13,2 (P) à 17 (E)	0,7 (E) à 1,5 (P)	3,2 (E) à 5,8 (P)	0,7 (E) à 1,4 (P)	3,2 (E) à 4,5 (P)	6,7 (E) à 10,6 (P)	3,2 (E) à 5,7 (P)		
			MJC	9,3 (P)	0,5 (E) à 1,3 (P)	5,0 (P) à 7,0 (E)	0,7 (E) à 2,4 (P)	3,1 (E) à 12,0 (P)	12,2 (P) à 12,7 (E)	3,6 (E) à 7,9 (P)		
			Cafétéria	36,0 à 41,3 (E)								
Atmos'air	T	Bourgogne	Cinéma (salles)	19 (E) à 35,1 (P)	0,6 (E) à 1,9 (P)	2,8 (E) à 4,4 (P)	0,6 (E) à 1,4 (P)	2,2 (E) à 5,5 (P)	10,6 (P) à 32,8 (E)	6,9 (E) à 9,6 (P)		
Atmos'air	T	Bourgogne	Habitacle voiture	21,2 (P) à 43 (E)	1,3 (E) à 3,8 (P)	11,0 (E) à 20,8 (H)	1,5 (E) à 5,1 (P)	7,1 (E) à 23,6 (P)	7,3 (E) à 14,3 (P)	10,3 (E) à 99,1 (P)		
<i>OQAI</i>	<i>campagne</i>	<i>H</i>			1,8	15,6	2	4,7	24	12		

* H = Habitat C = crèches E = écoles B = immeubles de bureaux ERP = établissement recevant du public T = moyens de transports ⁽¹⁾ résultats préliminaires

⁽²⁾ concentrations en "poussières"

Synthèse des principaux résultats issus des études françaises (1990-2001) relatives aux concentrations intérieures de formaldéhyde

Auteur (année)	Ville	Saison	Mesures répétées	Durée prélèvement	Mode recrutement / population	Méthodologie	N	Type de local	Résultats ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
									C_{Int}	C_{Ext}
Cicoella (1998)	Nancy	Novembre	non	5 j	Volontariat	Passif (Radiello)	10	Logement (chambre)	25,3	2,98
Parat (1993)	Paris	1 an	oui	?	1 immeuble climatisé + 1 immeuble ventilé naturellement	?	?	Immeubles de bureaux	<i>Climatisé</i> $C_{\text{maximale}} = 90$	-
									<i>Ventilation naturelle</i> $C_{\text{maximale}} = 50$	-
Laurent (1993)	Paris	Hiver + été	oui	1 h 7 j	Critères géographiques et bâti	Actif Passif (Tenax)	10	Ecoles + crèches	46 ± 32 60 ± 46	17 ± 12 -
Grimaldi (1992)	Marseille	Eté + hiver	oui	30 minutes matin et soir	?	Passif (SEP-PAK C18)	1	Ecole maternelle	<i>Eté</i> Matin : $32,6 \pm 24,6$ AM : $24,8 \pm 20,8$	$5,9 \pm 2,6$ $8,4 \pm 3,5$
		Eté + hiver	oui	30 minutes matin et soir	?	Passif (SEP-PAK C18)	1	Université	<i>Hiver</i> Matin : $19,7 \pm 9,3$ AM : $17,9 \pm 3,6$	$4,5 \pm 2,8$ $4,7 \pm 3,6$
									<i>Eté</i> Matin : $3,8 \pm 3,7$ AM : $6,4 \pm 8,2$	$18,8 \pm 12,2$ $19,4 \pm 10,3$
									<i>Hiver</i> Matin : $6,4 \pm 3,2$ AM : $7,4 \pm 1,9$	$9,0 \pm 2,9$ $14,8 \pm 7,5$
Barguil (1990)	Paris	Hiver + été	oui	24 h	Volontariat	Actif	9	Habitat	18	9

Synthèse des principaux résultats issus des études françaises (1990-2001) relatives aux concentrations intérieures d'acétaldéhyde

Auteur (année)	Ville	Type de local	Saison	Mesures répétées	Durée prélèvement	Mode recrutement / population	Méthodologie	N	Résultats ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
									C_{Int}	C_{Ext}
Cicoella (1998)	Nancy	Logement	Novembre	Non	5 j	Volontaires non fumeurs	Passif (Radiello)	10	24,1	1,99
Parat (1993)	Paris	Immeubles de bureaux	1 an	Oui	?	1 immeuble climatisé + 1 immeuble ventilé naturellement	?	2	<i>Climatisé</i> $C_{\text{max}} = 50$	-
									<i>Ventilation naturelle</i> $C_{\text{max}} = 20$	-
Grimaldi (1992)	Marseille	Université	Eté + hiver	Oui	30 minutes matin et soir pendant 5 jours		Passif (SEP-PAK C18)	1	Eté Matin : $5,0 \pm 1,6$ AM : $16,2 \pm 4,3$	$61,5 \pm 15,7$ $85,5 \pm 48,7$
		Hiver Matin : $8,4 \pm 1,7$ AM : $10,8 \pm 7,5$							$22,5 \pm 3,1$ $49,8 \pm 13,4$	
		Ecole maternelle		Oui	30 minutes matin et soir		Passif (SEP-PAK C18)	1	Eté Matin : $10,3 \pm 8,5$ AM : $11,9 \pm 10,8$	$13,9 \pm 4,1$ $10,2 \pm 4,7$
									Hiver Matin : $16,6 \pm 5,9$ AM : $14,5 \pm 4,1$	$3,4 \pm 1,6$ $5,9 \pm 5,8$
Barguil (1990)	Paris	Habitat	Hiver + été	Oui	24 h	Volontariat	Actif	9	6	2

Synthèse des principaux résultats issus des études françaises (1990-2001) relatives aux concentrations intérieures en monoxyde de carbone

Auteur (année)	Ville	Type de local	Saison	Durée prélèvement	Mode recrutement / population	Méthodologie	N	Résultats (ppm)																														
Parat (1999)	Paris	Immeubles de bureaux	1 an	?	Sélection immeubles selon ventilation 2	Spectrophotométrie IR	?	VN : 2,25 ± 2,05 Climatisés : 3,5 ± 2,03																														
Vincent (1997)	Paris	Immeubles de bureaux	?	?	Sélection immeubles selon ventilation 3	?	51 54 34	VN : 2,5 ± 0,6 ppm HVAC : 2,5 ± 0,6 ppm FCU : 2,5 ± 0,6 ppm																														
Kirchner (1995)	Paris	Immeubles de bureaux	Février-Mai	Mesures instantanées sur 15-20 minutes	Sélection immeubles 6	Tubes Drager	6	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">C_{INT}</th> <th style="text-align: center;">C_{EXT}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td style="text-align: center;">1 ± 1</td> <td style="text-align: center;">1 ± 1</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td style="text-align: center;">10 ± 4</td> <td style="text-align: center;">7 ± 3</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td style="text-align: center;">0 ± 0,8</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td style="text-align: center;">0,5 ± 0,7</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> </tbody> </table>		C _{INT}	C _{EXT}	A	1 ± 1	1 ± 1	B	10 ± 4	7 ± 3	C	0 ± 0,8	1	D	0,5 ± 0,7	0	E	0	0	F	0	0									
	C _{INT}	C _{EXT}																																				
A	1 ± 1	1 ± 1																																				
B	10 ± 4	7 ± 3																																				
C	0 ± 0,8	1																																				
D	0,5 ± 0,7	0																																				
E	0	0																																				
F	0	0																																				
Laurent (1993)	Paris	Ecoles + crèches	1 an	Continu	Critères géographiques + caractéristiques du bâti	Spectrophotométrie IR	10	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Conc. Moyenne 24 hs</th> <th style="text-align: center;">C_{INT}</th> <th style="text-align: center;">C_{EXT}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">< 1 – 2</td> <td style="text-align: center;">< 1 – 4</td> </tr> </tbody> </table>	Conc. Moyenne 24 hs	C _{INT}	C _{EXT}		< 1 – 2	< 1 – 4																								
Conc. Moyenne 24 hs	C _{INT}	C _{EXT}																																				
	< 1 – 2	< 1 – 4																																				
Mouillesseaux (1993)	Paris	Immeubles de bureaux	?	?	Immeubles climatisés	Spectrophotométrie IR	112	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>Présence de fumeurs</td> <td style="text-align: center;">2,4 ± 1,6</td> </tr> <tr> <td>Absence de fumeurs</td> <td style="text-align: center;">2,1 ± 1,6</td> </tr> </tbody> </table>	Présence de fumeurs	2,4 ± 1,6	Absence de fumeurs	2,1 ± 1,6																										
Présence de fumeurs	2,4 ± 1,6																																					
Absence de fumeurs	2,1 ± 1,6																																					
Richalet (1993)	Lyon	Collèges		Toutes les 4 minutes + moyennes horaires	Bâtiments différant par leur système de climatisation	Drager + Spectrophotométrie IR	2	< 4																														
Grimaldi (1992)	Marseille	Ecole maternelle + amphithéâtre	Hiver + été	?	?	Spectrophotométrie IR	?	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">:</th> <th style="text-align: center;">Hiver</th> <th style="text-align: center;">Eté</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">Maternelle</td> <td style="text-align: center;">0-2 ppm</td> <td style="text-align: center;">88,2 %</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2-10 ppm</td> <td style="text-align: center;">6,8 %</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10-20 ppm</td> <td style="text-align: center;">3,8 %</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10-20 ppm</td> <td style="text-align: center;">1,1 %</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Amphitheatre</td> <td style="text-align: center;">0-2 ppm</td> <td style="text-align: center;">94,6 %</td> <td style="text-align: center;">85,5 %</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2-10 ppm</td> <td style="text-align: center;">5,1 %</td> <td style="text-align: center;">14,1 %</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10-20 ppm</td> <td style="text-align: center;">0,3 %</td> <td style="text-align: center;">0,3 %</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10-20 ppm</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0,4 %</td> </tr> </tbody> </table>		:	Hiver	Eté	Maternelle	0-2 ppm	88,2 %	-	2-10 ppm	6,8 %	-	10-20 ppm	3,8 %	-	10-20 ppm	1,1 %	-	Amphitheatre	0-2 ppm	94,6 %	85,5 %	2-10 ppm	5,1 %	14,1 %	10-20 ppm	0,3 %	0,3 %	10-20 ppm	0	0,4 %
	:	Hiver	Eté																																			
Maternelle	0-2 ppm	88,2 %	-																																			
	2-10 ppm	6,8 %	-																																			
	10-20 ppm	3,8 %	-																																			
	10-20 ppm	1,1 %	-																																			
Amphitheatre	0-2 ppm	94,6 %	85,5 %																																			
	2-10 ppm	5,1 %	14,1 %																																			
	10-20 ppm	0,3 %	0,3 %																																			
	10-20 ppm	0	0,4 %																																			

Synthèse des principaux résultats des études françaises (1990-2001) relatives à la pollution particulaire intérieure

Paramètre	Auteur (année)	Ville	Saison	Durée prélèvement	Mode recrutement / population	Méthodologie	n (effectif)	Type de local	Résultats
PM _{2,5}	Mosqueron (2001)	Paris	Hiver + été	Temps de présence dans les locaux au cours d'une journée	TAS ^c Fonctionnaires de la ville de Paris	Pompe Gil Air + cyclone (Gravimétrie)	55	Habitat Bureaux	24,7 ± 14,1 µg/m ³ 34,5 ± 38,6 µg/m ³
PM ₈	Vincent (1997)	Paris	?	?	Sélection 3 immeubles selon ventilation	?	51 54 34	Bureaux	VN ^d : 136,5 ± 117,7 µg/m ³ HVAC ^e : 148,3 ± 153,1 µg/m ³ FCU ^f : 93,5 ± 112,7 µg/m ³
Poussières	Kirchner (1995)	Paris	Février-Mai	8 h	Sélection 6 immeubles	Gravimétrie	6	Bureaux	54 à 740 µg/m ³
TSP ^a FN ^b	Laurent (1993)	Paris	1 an	48 -72 h 1 h	Critères géographiques + caractéristiques du bâti	Gravimétrie Réflectométrie	?	Ecoles et crèches	C _{Int} = 53 µg/m ³ ; C _{Ext} = 60 µg/m ³ C _{Int} = C _{Ext} (24 à 50 vs 19 à 53 µg/m ³)
PM ₈	Mouillesseaux (1993)	Paris	?	?	?	Analyseur automatique	112 262	Bureaux	Présence de fumeurs : 178 ± 150 µg/m ³ Absence de fumeurs : 81 ± 62 µg/m ³
FN ^b	Faugere (1992)	Bordeaux	Hiver + été	15 minutes	Quartier de réhabilitation	RAM 1	100	Habitat	Fumeurs : 204,3 ± 103,4 µg/m ³ Non Fumeurs : 137,7 ± 86,7 µg/m ³
Poussières	Grimaldi (1992)	Marseille	Hiver + été	8 h le jour (ouverture des locaux) et 16 h la nuit (fermeture des locaux)	?	?	?	Etablissements scolaires	<u>Maternelle</u> <i>Hiver</i> Jour : 73,4 ± 67,6 µg/m ³ Nuit : 47,5 ± 25,2 µg/m ³ <i>Eté</i> Jour : 103,2 ± 101,2 µg/m ³ Nuit : 52,5 ± 32,1 µg/m ³ <u>Amphithéâtre</u> <i>Hiver</i> Jour : 153,4 ± 88,7 µg/m ³ Nuit : 84,3 ± 35,8 µg/m ³ <i>Eté</i> Jour : 120,4 ± 89,2 µg/m ³ Nuit : 57,9 ± 45,4 µg/m ³
FN ^b	Barguil (1990)	Paris	Hiver + été	24 h	Volontariat	Réflectométrie	51	Habitat	C _{Int} = C _{Ext} (25 à 30 µg/m ³)

^a : TSP = Total Suspended Particulate

^b : FN = Fumées Noires

^c : TAS = Tirage au sort

^d : Ventilation naturelle

^e : Air conditionné

^f : Ventilation mécanique simple

Synthèse des principaux résultats des études françaises (1990-2001) relatives aux concentrations intérieures d'allergènes d'acariens

Auteur (année)	Ville	Type de local	Saison	Mode recrutement / population	Prélèvement	Méthodologie	N	Groupe	Résultats
Vervloet (1999)	Marseille	Habitat	Janvier – avril	Enfants allergiques	Poussières de matelas	ELISA	157	Groupe I	14,3 µg/g (étendue : 0,1 – 185,1) avec 6,4 % des prélèvements < 2 µg/g et 21,1 % compris entre 2 et 10 µg/g
de Blay (1997)	Strasbourg	Habitat	?	HLM infestés par les blattes	Poussières de cuisines et matelas	ELISA	4	Groupe I et II	Cuisine : < 2 µg/g Matelas > 10 µg/g (dans 2 échantillons / 4)
Vincent (1997)	Paris	Bureaux	Automne	Sélection 3 immeubles selon ventilation	Poussières	ELISA ?	139	Der p I	VN ^a : 14,6 ng/m ³ HVAC ^b : 20,9 ng/m ³ FCU ^c : 6,4 ng/m ³
Dornelas (1995a)	Marseille	Crèches	Avril et Octobre	Tirage au sort	Poussières	ELISA	30	Groupe I et II	Matelas : < 0,1 – 5,3 µg/g Sols : < 0,1 – 1,4 µg/g Oreillers : < 0,1 – 0,4 µg/g Peluches : < 0,1 – 2,3 µg/g
Dornelas (1995)	Martigues Briançon	Habitat	Novembre	Enfants	Poussières	ELISA	98	Groupe I	Si HR < 40 % < 10 µg/g 40 < HR < 65 % 0,1-50 µg/g HR > 65 % < 10 µg/g
Pauli (1993)	Strasbourg	Habitat	4 saisons	Sujets allergiques aux acariens + témoins	Poussières de matelas	ELISA (+ Acarex test)	197	Groupe I Der p I Der f I	Sujets allergiques : 46,4 µg/g Témoins 1 : 38,8 µg/g Témoins 2 : 33,1 µg/g Sujets allergiques : 28,2 µg/g Témoins 1 ^d : 22,7 µg/g Témoins 2 ^e : 21,1 µg/g Sujets allergiques : 18,2 µg/g Témoins 1 : 22,7 µg/g Témoins 2 : 21,1 µg/g
Hoyet (1991)	Strasbourg	Habitat	?	Asthmatiques + témoins	Poussières	Acarex test + ELISA	239	Groupe I et II	Classe 0 : 6,3 % Classe 1 : 44,3 % Classe 2 : 36,0 % Classe 3 : 13,4 % 0,03 – 481 µg/g
Charpin (1991)	Martigues Briançon	Habitat	Hiver	Volontariat	Poussières	ELISA	241	Groupe I Der p I Der f I	Martigues 15,8 µg/g 5,5 µg/g 5,0 µg/g Briançon 0,36 µg/g 0,24 µg/g 0,18 µg/g
Vervloet (1991)	Marseille	Habitat	Octobre – avril	Sujets asthmatiques allergiques aux acariens	Poussières	ELISA	49	Groupe I	Pas de traitement : 1,34 µg/g Spray lors des crises : 5,37 µg/g Traitement quotidien : 17,8 µg/g

^a : VN = Ventilation naturelle ^b : HVAC = Air conditionné couplé un système de ventilation et de chauffage ^c : FCU = Ventilation mécanique simple ^d : témoins vivant dans le voisinage des cas
^e : témoins non allergiques recrutés à l'hôpital

Synthèse des principaux résultats issus des études françaises (1990-2001) relatives aux concentrations intérieures d'allergènes de chien et de chat.

Auteur (année)	Ville	Type de local	Saison	Mode recrutement / population	Prélèvement	Méthodologie	N	Groupe	Résultats
De Blay (1997)	Strasbourg	Habitat	?	HLM infestés par les blattes (présence d'un chat)	Aérien	ELISA	1	Fel d 1	2,9 ng/m ³
Vincent (1997)	Paris	Bureaux	Automne	Sélection 3 immeubles selon ventilation	Poussières	ELISA ?	3	Fel d 1	VN ^a : 236,1 ng/m ³ HVAC ^b : 226,1 ng/m ³ FCU ^c : 121,8 ng/m ³
Dornelas (1995a)	Marseille	Crèches	Avril Octobre	Tirage au sort	Poussières	ELISA	30	Fel d 1	Poussières Matelas : < 0,1 – 4,5 µg/g Sols : < 0,1 – 2,4 µg/g Oreillers : < 0,1 – 4,1 µg/g Peluches : < 0,1 – 3,7 µg/g
Dornelas (1995)	Marseille	Crèches	Avril Octobre	Tirage au sort	Poussières	ELISA	30	Can fl	Poussières Matelas : < 0,1 – 4,5 µg/g Sols : < 0,1 – 1,2 µg/g Oreillers : < 0,1 – 1,5 µg/g Peluches : < 0,1 – 1,8 µg/g
Van der Brempt (1991)	Marseille	Habitat	?	Asthmatiques + témoins	Poussières	ELISA	136	Fel d 1	Présence d'un chat : 21,9 µg/g Présence passée d'un chat : 5,2 µg/g Absence de chat : 1,4 µg/g

^a : VN = Ventilation naturelle ^b : HVAC = Air conditionné couplé un système de ventilation et de chauffage

^c : FCU = Ventilation mécanique

Synthèse des principaux résultats issus des études françaises (1990-2001) relatives aux concentrations intérieures d'allergènes de blattes

Auteur (année)	Ville	Type de local	Saison	Mode recrutement / population	Méthodologie	Prélèvement	N	Groupe	Résultats															
de Blay (1997)	Strasbourg	Habitat	?	HLM infestés par des blattes	ELISA	Poussières	9	Bla g 1 + Bla g 2	<table> <tr> <td></td> <td><i>Bla g 1</i></td> <td><i>Bla g 2</i></td> </tr> <tr> <td>Cuisine*</td> <td>3 789 U/g</td> <td>24,2 U/g</td> </tr> <tr> <td>Matelas*</td> <td>762 U/g</td> <td>4,0 U/g</td> </tr> </table>		<i>Bla g 1</i>	<i>Bla g 2</i>	Cuisine*	3 789 U/g	24,2 U/g	Matelas*	762 U/g	4,0 U/g						
	<i>Bla g 1</i>	<i>Bla g 2</i>																						
Cuisine*	3 789 U/g	24,2 U/g																						
Matelas*	762 U/g	4,0 U/g																						
Dornelas (1995a)	Marseille	Crèches	Avril + Octobre	Tirage au sort	ELISA	Poussières	30	Bla g 1 + <i>Bla g 2</i>	<table> <tr> <td></td> <td><i>Bla g 1</i></td> <td><i>Bla g 2</i></td> </tr> <tr> <td>Matelas</td> <td>< 0,6 – 2 U/g</td> <td>0,6 – 6 U/g</td> </tr> <tr> <td>Sols</td> <td>< 0,6 – 14 U/g</td> <td>< 0,6 – 4 U/g</td> </tr> <tr> <td>Oreillers</td> <td>< 0,6 – 2 U/g</td> <td>< 0,6 U/g</td> </tr> <tr> <td>Peluches</td> <td>< 0,6 – 2 U/g</td> <td>< 0,6 U/g</td> </tr> </table>		<i>Bla g 1</i>	<i>Bla g 2</i>	Matelas	< 0,6 – 2 U/g	0,6 – 6 U/g	Sols	< 0,6 – 14 U/g	< 0,6 – 4 U/g	Oreillers	< 0,6 – 2 U/g	< 0,6 U/g	Peluches	< 0,6 – 2 U/g	< 0,6 U/g
	<i>Bla g 1</i>	<i>Bla g 2</i>																						
Matelas	< 0,6 – 2 U/g	0,6 – 6 U/g																						
Sols	< 0,6 – 14 U/g	< 0,6 – 4 U/g																						
Oreillers	< 0,6 – 2 U/g	< 0,6 U/g																						
Peluches	< 0,6 – 2 U/g	< 0,6 U/g																						

* valeurs médianes

Comparaison des concentrations médianes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurés dans le cadre d'études nationales ou multicentriques dans l'air intérieur des logements à l'étranger, pour quelques COV et aldéhydes individualisés

	GerES			SIAQ	NHEXAS		Expolis					MacBeth					
	Phase I	Phase II	Phase IV		Arizona	Région V	Athènes	Bale	Helsinki	Milan	Prague	Anvers	Athènes	Copenhague	Murcie	Padoue	Rouen
Acétaldéhyde									4,0			9,4	10,1	4,5	12,3	7,0	9,5
Benzène	7,2		1,3	3,3	1,3	4,7	11,1	3,0	2,2	13,2	12,0						
2-butoxyéthanol (EGBE)									2,5								
n-décane									5,3								
p-dichlorobenzène						0,4											
Ethylbenzène									2,9								
Formaldéhyde	55	70	36	24	21				41,6								
Hexaldéhyde									11,5								
Limonène				7,1			82,5		31,6	46,6	42,2						
Styrène						1,8	2,4		1,17	5,5	3,9						
Tétrachloroéthylène						2,2											
Toluène	62		11	14,9	10	23,1		20,1	20,3	68,0	74,2						
Trichloroéthylène					< 1,8	0,7											
1,2,4-triméthylbenzène									4,1								
Undécane				2,3		6,3			5,1								
m/p xylènes				3,7		3,5	24,0	7,9	7,8	36,5	21,5						
o xylène							8,3	2,7	2,5	11,5	7,1						